

PREDIT

Programme national de recherche et
d'innovation dans les transports terrestres

DATA PLUS

*Étude prospective
dans le domaine
du recueil de données
de trafic*

ANNEXE

Sommaire

1	<i>Bibliographie</i>	1
2	<i>Analyse bibliographique</i>	33
2.1	Généralités	33
2.2	Les variables de trafic	49
2.2.1	Caractéristiques fondamentales du trafic	49
2.2.2	Classification des véhicules	49
2.2.3	Mouvements tournants et changements de voies	50
2.2.4	Reconstitution de matrices O/D	50
2.2.5	Détection automatique d'incidents (DAI)	52
2.2.6	Longueur de queues et bouchons	61
2.2.7	Estimation des temps de trajet	62
2.2.8	Détection de piétons	71
2.2.9	Détection des conditions météorologiques	72
2.3	Technologie des capteurs	76
2.3.1	Boucles inductives	76
2.3.2	Magnétomètres	77
2.3.3	Capteurs acoustiques	77
2.3.4	Capteurs optiques	79
2.3.5	Capteurs micro-ondes	81
2.3.6	Capteurs de pression	83
2.3.7	Capteurs video	85
2.3.8	Lecture de plaques minéralogiques	101
2.3.9	Fusion de données	104
2.3.10	Véhicules « traceurs »	104
2.3.11	La « chaîne » du recueil de données	105
2.4	Analyse des fonctions impliquant du recueil de données	112
2.4.1	Régulation de trafic	112
2.4.2	Gestion de Tunnels	113
2.4.3	Lutte contre les infractions	114
2.4.4	Gestion de péages	118
2.4.5	Gestion de parkings	120
2.4.6	Protection des passages à niveau	121
2.4.7	Autoroute automatique (AHS)	121
2.4.8	Etudes et recherches	121
3	<i>Fiches « MESURES »</i>	123
3.1	Présence/passage de véhicule	124
3.2	Mesure du débit	125
3.3	Taux d'occupation	126
3.4	Mesure de vitesse	127
3.5	Intervalle intervéhiculaire	128
3.6	Densité du trafic	129
3.7	Mesures de gabarit des véhicules	130
3.8	Pesage dynamique	131
3.9	Classification des véhicules	132
3.10	Mouvements directionnels aux carrefours	133

3.11	Changements de voies sur autoroute	134
3.12	Matrices O/D	135
3.13	Détection Automatique d'Incident.....	136
3.14	Détection de bouchons et de queues	137
3.15	Temps de trajet	138
3.16	Niveaux de service.....	139
3.17	Détection de piétons.....	140
3.18	Détection des 2 roues	141
3.19	Occupation des véhicules	142
3.20	Mesure des nuisances du trafic.....	143
3.21	Conditions météorologiques.....	144
3.22	Position latérale.....	145
4	<i>Fiches « FONCTIONS »</i>	146
4.1	Régulation adaptative de carrefour	147
4.2	Régulation de réseaux urbains par plans de feux fixes	148
4.3	Régulation de réseaux urbains en temps réel.....	149
4.4	Régulation d'autoroute en ligne	150
4.5	Régulation d'accès sur autoroute	151
4.6	Exploitation de voies à sens alternés	152
4.7	Sécurité de la circulation en tunnel.....	153
4.8	Répression des infractions	154
4.9	Péage autoroutier	156
4.10	Gestion du stationnement	157
4.11	Sécurité des passages à niveaux.....	158
4.12	AICC et Autoroute automatique.....	159
4.13	Sécurité anticollision.....	160
4.14	Information routière.....	161
4.15	Guidage dynamique.....	162
4.16	Gestion de l'intermodalité.....	163
4.17	Sécurité des piétons	164
4.18	Protection d'ouvrages d'art.....	165
4.19	Maintenance de la chaussée	166
4.20	Surveillance de l'état du conducteur	167
4.21	Etudes, Recherches, Evaluations, Statistiques.....	168
5	<i>Fiches d'enquêtes</i>	169
5.1	Administration centrale	169
5.2	Exploitants d'autoroutes	169
5.3	Exploitants de la route; périurbain.....	169

5.4	Exploitants urbains	170
5.5	Constructeurs.....	170
5.6	Services d'étude et de recherche	170
5.7	Opérateurs privés de système d'information	171
6	<i>Comptes-rendus d'entretiens</i>	172
6.1	Entretien avec S. COHEN - INRETS- 5/05/99.....	173
6.2	Entretien avec J.C. SANTUCCI - SIER- 6/05/99	175
6.3	Entretien avec B. BRIET - Ville de Paris- 6/05/99	178
6.4	Entretien avec Gildas LEMAÎTRE - CETE DU SUD-EST- - 27/04/99.....	181
6.5	Entretien avec Y. GUENIOT - DSCR- 11/05/99.....	183
6.6	Entretien avec S. SELLAM - CITILOG- 12/05/99.....	186
6.7	Entretien avec M. MAÏQUES - CRICR- 20/05/99	189
6.8	Entretien avec Michel BATES -SIAT - 3/05/99	191
6.9	Entretien avec M. HEDDEBAUT INRETS-LEOST(2/05/99).....	193
6.10	Entretien avec J.B. LESORT -INRETS-LICIT- 4/06/99	194
6.11	Eric VIOLETTE - Cete Normandie-Centre - 21 juin 1999	195
6.12	Entretien avec Christian FRANCOISE (DDE 31)	197
6.13	Entretien avec Jean-Loup MELIQUE, chef de viabilité au District de Toulouse des ASF – 27/01/98	199
6.14	Entretien avec Service Circulation Ville de Toulouse.....	201
6.15	JAQUEMIN - Communauté Urbaine du Grand Nancy	202
6.16	Bernard JACOB - L.C.P.C. 19 Juillet 1999	204
6.17	Société ECM – M. MAEDER	207
6.18	Daniel STANCZYK - Albert METZELER - CETE de l'Est.....	209
6.19	Ch. TARPIN - Médiamobile (opérateurs privés de système d'information).....	211
6.20	M. ESTIVAL - STERELA (Constructeurs).....	213
6.21	M. Jean-Marc BOISSEAU - Cofiroute (Opérateurs d'autoroute)	215
6.22	M. DARME -SEMVAT (Exploitants de transports en commun).....	217
7	<i>Les Fonctions ITS</i>	219
7.1	Fonctions PROMETHEUS.....	219
7.2	Fonctions des Programmes JAPONAIS.....	220
7.2.1	Programme ASV	220
7.2.2	Programme UTMS	220
7.3	Fonctions ITS AMERICA	221
7.4	Fonctions ERTICO-CORDIS.....	222

1 Bibliographie

- (1)- Les capteurs de trafic routier- Guide technique- SETRA - Déc. 1995
- (2)- Advanced traffic detection - Emerging technologies and market- Transport technology Publishing (TTP)- 1995 (contient de nombreuses références bibliographiques).

IVHS 95- YOKOHAMA

- (3)- A. YOSHIKAZI- Methodology of vehicle detector installation arrangements in an urban traffic control system- IVHS 95
- (4)- Y. MITA *et al.*- Range-Measurement type optical vehicle detector - IVHS 95
- (5)- A. CHATZIIONAOU ET *al.* - Towards deployment of video image processing systems for traffic detection- IVHS 95
- (6)- T. IKEDA *et al.*- Vehicle detection for traffic measurement using edge and background image- IVHS 95
- (7)- Y. LIU- Application of image processing technologies in intelligent transportation systems- IVHS 95
- (8)- E. TANIGUCHI *et al.*- Deployment of AID system in expressway- IVHS 95
- (9)- M. ANDO *et al.*- Infrared vehicle detector (IRVD) system design- IVHS 95
- (10)- M. TOYAMA *et al.*- Development of a measurement system for vehicle movement- IVHS 95
- (11)- Y. MATSUO- Operation of traffic monitoring cameras through ISDN lines- IVHS 95
- (12)- H. SATO *et al.*- Rear-end collision prevention system using image processing - IVHS 95
- (13)- S. SEKI- Travel time measurement and provision system using AVI units- IVHS 95
- (14)- A. MAISONNEUVE- Towards a better geographical cover for gathering traffic data- IVHS 95
- (15)- K. TAKISAWA- Traffic information processing system: advanced traffic control system of Tokyo Metropolitan Police Department- IVHS 95
- (16)- H. SHIMIZU- Applications of state prediction algorithms to hourly traffic volume system- IVHS 95
- (17)- K. TAKAHASHI- Measuring travel time using pattern matching techniques- IVHS 95
- (18)- EL FAOUZI- Travel time estimation on urban networks from traffic data and on-board trip characteristics- IVHS 95
- (19)- K. YASUI- Use of AVI information linked up with detector output in travel time prediction and O/D flow- IVHS 95
- (20)- J. ORSELLI- Assessment of existing methods of travel time acquisition and measurement-IVHS 95
- (21)- M. SAITO- Prediction and dissemination system for travel time utilizing vehicle detectors- IVHS 95
- (22)- P.V. PALACHARLA- On-line travel time estimation using fuzzy neural network- IVHS 95
- (23)- S. BOUZAR- AID: slow isolated vehicles and pedestrian detection on motorways using image processing - IVHS 95
- (24)- D.J. BROWERS- The ASTRID/INGRID incident detection system for urban areas- IVHS 95
- (25)- M. NAKAMURA- Development of infrastructure sensor for information collection in vehicle roadside control system- IVHS 95
- (26)- M. ARAI- Intelligent traffic monitoring system based on neural network theory and image processing - IVHS 95
- (27)- H. KOJIMA- Vehicle licence number recognition system using neural network- IVHS 95
- (28)- Y. MAKIGAMI- Basic study on travel time measurement using AVI systems in connection with congestion- IVHS 95
- (29)- S. NODA- Parking availability discrimination systems for expressway parking areas- IVHS 95
- (30)- K. SAKAI- Improvement of vehicle detecting algorithm in tunnel using image processing algorithm- IVHS 95
- (31)- K. UEDA- Vehicle speed detection method using movement information obtained from two-field images- IVHS 95
- (32)- E. TANIGUCHI- Evaluation of AID system by image processing- IVHS 95- p.158-163-85
- (33)- K. MORIKAWA- Building up traffic control system for urban expressway- IVHS 95
- (34)- N. NAKAMURA- Ice road detection system using optical fiber sensor- IVHS 95
- (35)- N.X. JONES- Automatic vehicle recognition toll system from research to reality- IVHS 95- p. 1451-1455

IVHS 96- ORLANDO

- (36)- D. AMOS- Automatic vehicle classification for ITS- IVHS 96
- (37)- J.M. MORIN- Measurement of level of service at toll plazas by means of automatic video image processing- IVHS 96
- (38)- K.E. KREEGER- Structural range image target matching for automated link travel time computation- IVHS 96
- (39)- K.MATSUMOTO- A robust character segmentation of vehicle license plate based on collaborative image processing architecture- IVHS 96
- 40)- I.MASATO- A short term prediction of traffic fluctuations using pseudo-traffic patterns- IVHS 96
- (41)- T. NAKAMURA- Integration of vision based traffic sensors for traffic incident detection- IVHS 96
- (42)- Y. TAMURA- An experimental method to analyse gap acceptance and risk of accidents by using video pictures- IVHS 96
- (43)- Y. SUNG SOH- Tracking of moving vehicle for AVI system- IVHS 96
- (44)- H YAMASHITA- Image processing vehicle detector robust against environment changes- IVHS 96
- (45)- M. FORTHOFFER - Wrong way vehicle detection system using image processing- IVHS 96
- (46)- CHI KUO LIN- A dynamic traffic monitoring system for freeway management- IVHS 96
- (47)- H. REMEIJN- Development and implementation of the national traffic monitoring system in the Netherlands- IVHS 96
- (48)- S.Y.YUN- Application of a recurrent neural network to traffic volume forecasting- IVHS 96
- (49)- T. HIRANO- The analysis of traffic flow utilising fractal dimension- IVHS 96
- (50)- H. ONEYAMA- Estimation of O/D matrices estimation from traffic counts - IVHS 96
- (51)- S. ONAKA- Traffic measurement with a roadside vision system- individual tracking of overlapped vehicles- IVHS 96
- (52)- M. SUGIYAMA- Time dependant estimation of O/D matrix from traffic counts and AVI data on the Hanshin expressway- IVHS 96
- (53)- K. OZBAY- Wide area incident management support system - IVHS 96
- (54)- Y. KANEKO- Incident detection at curves using neural network- IVHS 96
- (55)- D. DURGA- Image sensing system technology advancement for adaptive traffic management- IVHS 96
- (56)- C.W. BLUMENTRITT- Use of videoconferencing technology for traffic surveillance- IVHS 96
- (57)- F. UEDA- A method for measuring the length of a traffic jam using images- IVHS 96
- (58)- F. SEKI- Method for estimating the travel time of each link with presence type vehicles detectors- IVHS 96
- (59)- T. HILL- Traffic flow visualisation and control (TVFC) improves traffic data acquisition and incident detection - IVHS 96
- (60)- O. ITO- Development of travel time measuring system- IVHS 96
- (61)- JIANG ZIFENG- AID using combination approach of neural network and wavelet transform- IVHS 96
- (62)- A. YOSHIZAKI- Collection and management of traffic information by link unit- IVHS 96
- (63)- D. YANO- A study on improving the accuracy of data from ultrasonic vehicle detectors in a traffic control collection system- IVHS 96
- (64)- P. VANNOORENBERGHE- Automated video surveillance for access control- IVHS 96
- (65)- S. OKAZAKI- A high performance real time image processing board- IVHS 96
- (66)- T. UEDA *et al.*- Application of a laser scanning range finder to the extraction of vehicle characteristics- IVHS 96
- (67)- T. NAITO *et al.*- Three-dimensional vehicle profile measurement with a pulsed laser scanning sensor- IVHS 96
- (68)- J.F.FORREN *et al.*-Acoustic detection of vehicle axles- IVHS 96
- (69)- S. UEDA *et al.*- Development of road ambient monitoring systems- IVHS 96
- (70)- D. YANO *et al.*- A study on improving the accuracy of data from ultrasonic vehicle detectors in a traffic control collection system- IVHS 96
- (71)- R. CORDELL *et al.*- Extending the use of above ground detectors- IVHS 96
- (72)- R.L. GUSTAVSON *et al.*- Multi-lane range imaging vehicle sensor - IVHS 96
- (73)- J.M. MORIN *et al.*-Comparison of three different AID methods (video, radar, loop) in MELYSSA- IVHS 96
- (74)- M. SATO *et al.*- AID and management system for expressway tunnels- IVHS 96
- (75)- M. IGASHIKUBO *et al.*- Traffic queue length measurement using an image processing sensor- IVHS 96
- (76)- M. KATAKURA- A fast detection method of the changes of traffic condition based on pulse data of vehicle detectors- IVHS 96

ITS 97- BERLIN

- (77)- Incident detection design: the effect of high false alarm rate on operator performance- IVHS 97
- (78)- J. VERSAVEL- Video image processing for traffic data and incident detection- IVHS 97
- (79)- M. TAMAGAWA- Development of vehicle license plate recognition system- IVHS 97
- (80)- A. FUJII- Vehicle tracking system using DCT for image extraction- IVHS 97
- (81)- D. BARETT- Automatic number plate reading- what are difficulties- IVHS 97
- (82)- H. SHIMOURA- Traffic monitoring system at a high altitude- IVHS 97
- (83)- N. AMAMOTO- Obstruction detector by environment adaptive background image updating- IVHS 97
- (84)- W. POECHMUELLER- Traffic observation, analysis and classification with a stereo camera system- First results and comparisons- IVHS 97
- (85)- S. BOUCHAFA- Crowd motion estimation in subway corridors by image processing- IVHS 97
- (86)- S.H. LEE- A development of a real time queue length measuring algorithm at a signalised intersection using an image processing- IVHS 97
- (87)- D. KIM- Parking vacancy detection using image processing and neural networks- IVHS 97
- (88)- J.Y. MIN- A learning algorithm using parallel neuron model- IVHS 97
- (89)- H. NATAKASUKA- Application of image processing system to tunnels on metropolitan expressway- IVHS 97
- (90)- Y. ASAKURA- Time dependent OD matrix estimation method using monitoring data in the Hanshin Expressway network- IVHS 97
- (91)- Y. KODAIRA- A proposal about the evaluation of the driver's visual environment by using the CCD camera- IVHS 97
- (92)- F.P. CARDIMEN- Integration of regional traveller information system in Southeast Michigan- IVHS 97
- (93)- D. AUBERT- Traffic measurement and monitoring by means of image processing- IVHS 97
- (94)- K.OHASHI- Image processing method of recognising a vehicle for discriminating parking availability conditions- IVHS 97
- (95)- K.KURIHARA- Analysis of bottleneck phenomenon using aerial photograph- IVHS 97
- (96)- K. NAGATAKE- AID system by image processing- IVHS 97
- (97)- S. KIM- Development of a license plate extraction algorithm using brightness vector in number section of the plate- IVHS 97
- (98)- R. ALLSOP- Image processing for the analysis of pedestrian behaviour- IVHS 97
- (99)- M. MIZOGUCHI- Vehicle velocity estimation using image sensor- IVHS 97
- (100)- Z. JIANG- Some problems with freeway AID algorithm based on image processing- IVHS 97
- (101)- L. ENGELSON- Recursive forecasts of travel time for advanced traveler information systems- IVHS 97
- (102)- J.I. NAKANO- Study on traffic demand prediction methods for intelligent traffic signal control- IVHS 97
- (103)- R. MATO- Estimation of O/D traffic volume using AVIs- IVHS 97
- (104)- K. CHOI- Data fusion for generating the link travel time with insufficient data sources- IVHS 97
- (105)- W. SCHOEBER- Accessing the potential of short term prognosis in a dynamic route guidance system by evaluating its floating car data- IVHS 97
- (106)- M. MARUYAMA- Measurement of travel time using vehicle height information- IVHS 97
- (107)- Y. OKAMOTO- Optical vehicle velocity sensor- IVHS 97
- (108)- Y. IIDA- Development of vehicle presence detector for electronic toll collection system- IVHS 97
- (109)- C.E. BLAND- AURORA: a multinational RWIS program- IVHS 97
- (110)- T. LEDENT- Meteo-Routes: the Wallon project of meteorological data control for a better service to users- IVHS 97
- (111)- V. MOUTAL- In Response- An experiment on integrated processing of an incident chain- IVHS 97
- (112)- W. KOENIG- The operation of a dynamic road guidance system- Experiences from the dynamic traffic guidance Berlin- IVHS 97
- (113)- K. OBERSTEIN- Collection and use of floating car data experience from Berlin- IVHS 97
- (114)- C. NOUVELIERES- Travel times on urban controlled links: a neural network approach- IVHS 97
- (115)- A. ABE- The correction of the forecasting travel time by using AVI data- IVHS 97
- (116)- M IWASAKI- Classification of historical mean speed patterns on a motorway for a travel time prediction technique- IVHS 97
- (117)- J.M. MORIN- Travel-time on interurban motorways: on-line estimation and drivers information needs- Some results in France- IVHS 97
- (118)- J-T. LEE- Application of modified Kalman filtering algorithm to signalised urban street incident detection- IVHS 97
- (119)- H. CHEN- An investigation of detector spacing and forecasting performance using neural networks- IVHS 97
- (120)- M. POZYBILL- Verification of road surface and weather condition by fuzzy logic- IVHS 97
- (121)- I. WILMINK- Incident prediction as a part of incident management- IVHS 97

- (122)- Y. MIYATA- Development of road icing prediction system- IVHS 97
- (123)- J.P.BAUMGARTNER- Travel time computation using vehicle probe tags
- (124)- I. KUROHARA- Guaranteeing high quality traffic information by using a maintenance support system for vehicle detectors- IVHS 97
- (125)- P.L. SORENSEN- Travel time information system based on AVI- IVHS 97
- (126)- U. FASENRATH- VERDI- From field trial to deployment with special focus on floating car data- IVHS 97
- (127)- Y.DAVID- Systèmes de transport intelligents- Analyse et synthèse des Actes du Congrès ITS 97 de Berlin. Ouvrage édité par SODIT.

ITS 98- SEOUL

- (128)- H. HIGASHIKAGE- Evaluation of the slipperiness of tire to road using ground view sensor- IVHS 98
- (129)- K. SEKIMOTO- Application of a laser radar for the detection of the obstacles on the road- IVHS 98
- (130)- V. SISIOPIKU- Review and evaluation of incident detection methods- IVHS 98
- (131)- Y. HAMAGUCHI- Video based fire detecting using monitoring cameras in tunnel- IVHS 98
- (132)- J. ROLLUS- Liège- Incident detection system- IVHS 98
- (133)- T. SHINOZAKI- Abnormal incident detection system employing image processing technology- IVHS 98
- (134)- J.H HWANG- Development of an incident detection algorithm using discrete choice model- IVHS 98
- (135)- M. SATO- Image processing technology for expressway rest area congestion information system- IVHS 98
- (136)- Y.S. SOH- Improvement of background update method for image detector- IVHS 98
- (137)- J. VERSAVEL- Video detection by VIP42TML: a case of public private cooperation- IVHS 98
- (138)- S.P. HONG- A study on real time vehicle classification using image sensor- IVHS 98
- (139)- K. YOSHIKAWA- Vision systems for ITS using wide dynamic range camera- IVHS 98
- (140)- B.W. HWONG- A study on the real time measurement of vehicle speed using dynamic image processing- IVHS 98
- (141)- M. NAKAGAWA- Method for identifying specific vehicles by matching TV image patterns- IVHS 98
- (142)- H. TOKUTOME- Application of image processing technology to traffic control on Hanshin Expressway- IVHS 98
- (143)- T. CHIBA- Development of intelligent CCTV camera computer network- Suitable road monitoring camera- IVHS 98
- (144)- T.S. CHOI- Adaptive non uniformity compensation for infrared focal plane array sensors- IVHS 98
- (145)- A study of sensing technology using optical fibers on the Metropolitan expressway- IVHS 98
- (146)- Y. ASOKAWA- Automatic vehicle recognition by silhouette theory- IVHS 98
- (147)- T. KUROHAWA et al- A study on travel time prediction method on intercity expressway using traffic capacity at bottlenecks- IVHS 98
- (148)- LEE SUNGJAE et al.- Comparison of models for predicting short term travel times- IVHS 98
- (149)- S.MATSUMARA- Experimental verification of travel time prediction method- IVHS 98
- (150)- YOUNG TAE SON- Estimating arterial link travel time using loop detector output- IVHS 98
- (151)- T. OTOKITA- Travel time prediction based on pattern extraction from database- IVHS 98
- (152)- C-Y. CHOI- Development of a link travel time prediction algorithm for urban expressway- IVHS 98
- (153)- M.D. HARMELINK- The Highway 407 ETCS: System performance monitoring- IVHS 98
- (154)- R. CALTABIANO- An advanced system for the automatic identification and alert of vandalism against motorway traffic- IVHS 98
- (155)- A. WIGGINS- A review of bus lane enforcement technologies in UK- IVHS 98
- (156)- J.G. KANG- A study on the effect of automated speed enforcement systems on traffic flow characteristics- IVHS 98
- (157)- J. MALENSTEIN- Automated video speed enforcement and trajectory control combined with fully automated processing- IVHS 98
- (158)- M. EVERTSE- Development and implementation of a system for travel time based speed enforcement using video technology- IVHS 98
- (159)- S. KUJIRAI- Introduction of congestion tail display system into Metropolitan expressway- IVHS 98
- (160)- Y. IIDA et al- A simple method for estimating O/D matrix on the urban expressway- IVHS 98
- (161)- J.T. HUGHES- Traffic data collection for AIMSUN2 simulation of an Auckland motorway- IVHS 98
- (162)- K. THIRUMALAI- ITS advances for upgrading railroad crossings safety for highspeed trains- IVHS 98
- (163)- A. YAMAMOTO- Technical developments in ITV utilisation for road management- IVHS 98
- (164)- C.G. PARK et al. - Determination of optimal number of probe vehicles for real time traffic flow information- IVHS 98

- (165)- D.B. CHOI- On multisensor data fusion using attribute association for intelligent traffic congestion information inference- IVHS 98
- (166)- Y. ASAKURA- Verification of O/D matrix estimation model using AVI data on Hanshin Expressway- IVHS 98
- (167)- Y.C. KIM- Estimation of link travel time using vehicular detection devices in TRACKS- IVHS 98
- (168)- N. USHIO- Loop versus ultrasonic in Chicago: ultrasonic vehicle detectors field test isolating diffused reflection and enduring harsh environment- IVHS 98
- (169)- G.S. KANG- Automobile classification using range profile of mm-wave radar- IVHS 98
- (170)- B. PANI- A multisensor system for remote surveillance of a motorway operation- IVHS 98
- (171)- D. DONG- A new method for parameter estimation of multidimensional time varying coefficient time series modeling via neural network and probing into application on ITS- IVHS 98
- (172)- S. OHISHI- Application of impedance sensor to ITS related systems- IVHS 98
- (173)- T. HENNINGER- A two level concept for combined estimation of Queue length and turning rates in urban networks- IVHS 98
- (174)- A. ABE- Dynamic vehicle weight-in-motion sensing system to find the center of oscillation- IVHS 98
- (175)- Q. ZHOU- Intelligent monitoring and management system for highway tunnel- IVHS 98
- (176)- M. OZAKI- Cruising vehicle detecting system for AHS- IVHS 98
- (177)- S-W. KIM- Performance comparison of loop-piezo and ultrasonic based detection systems for collecting individual vehicle information- IVHS 98
- (178)- Y. MASHIYAMA- Estimating traffic demand using up-link information from infrared vehicle detectors- IVHS 98
- (179)- Y.S. HONG- Artificial traffic light using fuzzy rules and neural network- IVHS 98
- (180)- F. ROBINSON- Field test of non intrusive traffic detection technologies- IVHS 98
- (181)- K. AIKAWA- Introduction of intelligent vehicle detection sensors- IVHS 98
- (182)- A.J. JOCHEM- Floating car data in Netherlands- IVHS 98
- (183)- T. SAITO- ITS technology to support snow and ice control on expressways- IVHS 98
- (184)- S. TERAOKUBO- Development of a composite road obstacle detector- IVHS 98
- (185)- Y. MIYATA- Development of a road condition sensing system- IVHS 98

IFAC 97- LA CHANÉE

- (186)- N. VAN DER ZIJPP- A comparison of methods for dynamic origin-destination matrix estimation- IFAC Conference on Transportation systems- La Chanée- 1997
- (187)- A.P. CHASSIAKOS - Detection of incidents and compression waves in freeways- IFAC 97-p. 113-118
- (188)- J. HOURDAKIS- AIDDS: a system for developing and testing incident detection algorithms- IFAC 97- p. 119-124
- (189)- K.F. PETTY- Incident detection with probe vehicles: performances, infrastructure requirements and feasibility- IFAC 97- p. 125-130
- (190)- T.P. HSU- Image processing oriented incident detection algorithms using artificial neural networks- IFAC 97- p. 131-136
- (191)- Y.J. STEPHANEDES- Incident detection methods for surface streets incident management- IFAC 97- p. 137-141
- (192)- J.J. MARTINEZ- AID in tunnels using image processing techniques- IFAC 97- p. 142- 147
- (193)- D. AUBERT- Usefulness of image processing in urban traffic control- IFAC 97- p. 534-539
- (194)- L. BIANCO- Optimal location of traffic counting points for transport network control- IFAC 97-p. 890-895
- (195)- A. CHATZIINAOU- Traffic video image processing systems installations- an examination of VIPS standardisation- IFAC 97- p. 1005-1009
- (196)- D. GATTUSO- Behavioural models of traffic flow on motorways supported automatic image processing- IFAC 97- p. 1016-1022
- (197)- P.G. MICHALOPOULOS- Derivation of advanced traffic parameters through video imaging- IFAC 97- p. 1023-1028
- (198)- A.T. PAPAGIANNAKIS- calibrating WIM systems through AVI technology- IFAC 97- p. 1113-1116
- (199)- J. ANDERSON- Travel time prediction in urban road networks- IFAC 97- p. 1181-1186
- (200)- H.J.M. VAN GROL- Evaluating the use of induction loops for travel time estimation- IFAC 97- p. 1187-1192
- (201)- J.M. MORIN- Real time estimation of travel times on interurban motorways- IFAC 97 - p. 1193-1198
- (202)- D.K. PARBAT- An approach to determine Volume-Travel time relationship for corridors- IFAC 97- p. 1199-1202

- (203)- E. DE WINNE- Telematics in Flanders: a dynamic traffic management by video detection- IFAC 97- p. 1255-1261
 (204)- H.HADJ SALEM- Real data screening: problem statement, methods and field results- IFAC 97- p. 1369-1374
 (205)- N.E. EL FAOUZI- Heterogeneous data sources fusion for impedance indicators- IFAC 97- p. 1375- 1380
 (206)- G. LEMAIRE- MARIUS: two millions traffic measurements an hour- IFAC 97- p. 1381-1385
 (207)- R.D. KÜHNE- Data fusion for DRG systems- IFAC 97- p. 1386-1390

TTI- Traffic Technology International

- (208)- T. LARSON- ODETICS low-cost video traffic detection system- TTI 95
 (209)- D. LION- Radar for AID and traffic analysis- TTI 95
 (210)- M. RODRIGUEZ *et al.*- EVA- camera based vehicle detection and tracking- TTI 95
 (211)- R. JOHNSON- Opticom priority control system - TTI 95
 (212)- N. HOOSE- Monitoring and surveillance in ATT- TTI 95
 (213)- R. ROHE- Video surveillance in Pasadena- TTI 95
 (214)- P. VAN GINNEKE- Video technology for traffic control and monitoring -TTI 95
 (215)- S. JORDAN- Toll violation enforcement with automatic licence plate reading- TTI 95
 (216)- S. DUNSTAN- IDRIS- incident detection for tunnels and confined areas- TTI 95
 (217)- B. TAYLOR *et al.*- New application for WIM technology- TTI 95
 (218)- P. ALONGE- Adaptable multi purpose image systems- TTI 95
 (219)- A. Mc DONALD- Weather and predictive road condition monitoring- TTI 95
 (220)- T.G. GIBSON- Vehicle identification by automatic license plate reading- TTI 95
 (221)- G. HILL- SVDD progress: from trial to law enforcement- TTI 95
 (222)- W. FREUDENHAMMER- New methods of speed enforcement- TTI 95
 (223)- R. GERBERT- Speed and red light violator detection systems- TTI 95
 (224)- R. ZIMMERMANN- Tolling: creating a violator- proof system in Germany- TTI 95
 (225)- P. LARUE- Traffic monitoring and traveller information in a metropolitan area- TTI 95
 (226)- J.M. MORIN- Forecasting traffic for information and guidance strategies. TTI 95
 (227)- S. JORDAN- Digital image inventories for parking- TTI 96
 (228)- T. MYERS- Laser sensors for traffic monitoring and control- TTI 96
 (229)- G. ERIKSON- Digital traffic cameras for violation enforcement- TTI 96
 (230)- E.D. BULLMORE *et al.*- Life without loops- TTI 96
 (231)- J.C. ROUSSEL *et al.*- BEATRICES radar system for AID - TTI 96
 (232)- D. MANOR- Multiple zone radar detection by RTMS- TTI 96
 (233)- B.G. STEINBACH- Loop substitution for intersection control- TTI 96
 (234)- D. CLIPPARD- Overhead microwave detector cuts out the loop
 (235)- J.N. ADAMS- Laser technology for effective and versatile traffic safety systems- TTI 96
 (236)- T. LEBRE- Advanced video-based vehicle detection- TTI 96
 (237)- M. BOGAERT *et al.*- Video-based solutions for data collection and incident detection- TTI 96
 (238)- T. DANIEL *et al.*- AID: a key tool for intelligent traffic management- TTI 96
 (239)- S. DUNSTAN- IDRIS and loop based tolling- TTI 96
 (240)- K. SCHWEITZER *et al.*- Enhanced tolling with video based identification- TTI 96
 (241)- P. REID *et al.*- Image processing AVI for heavy vehicles regulation- TTI 96
 (242)- T.A. GIBSON- Vision technology enhances highway safety- TTI 96
 (243)- S. KEDMI- Marom: integrated speed and headway enforcement- TTI 96
 (244)- Speed cameras for advanced traffic management- (interview)-TTI 96
 (245)- P. REID *et al.*- Benefits to all- Truck tracking evaluated- TTI 97
 (246)- A. MAC DONALD- Open roads all winter- TTI 97
 (247)- M. BOGAERT *et al.*- Safety and efficiency by video- TTI 97
 (248)- T. HORI- Opening the shutter on traffic surveillance- TTI 97
 (249)- M. JUKE- Sometimes colour is not the answer- Selecting video cameras for traffic applications- TTI 97
 (250)- W. SOWELL- It's all in the pixels- A look at the evolution of video detection- TTI 97
 (251)- S. DUNSTAN- Travel time data is at hand- TTI 97
 (252)- R. KÜHNE *et al.*- Loop based travel time measurement- Fast incident detection using traditional loops- TTI 97
 (253)- B. ADAWAY- Image capture for electronic toll collection systems- TTI 97
 (254)- M. ZEINDL- Reading the past, future and licence plates- TTI 97
 (255)- J. VAN DEN BOSCH *et al.*- An eye for licence plate- Vehicle identification for traffic enforcement and control- TTI 97

- (256)- J. WROBEL- Community traffic monitoring- Taking the pressure off the police- TTI 97
- (257)- M. SCHAUFELBERG- Safer roads through high-tech enforcement- TTI 97
- (258)- J. MAXTON- Speed enforcement with laser precision- TTI 97
- (259)- F. SCHEUTER- Sources of errors in dynamic weight measurement- TTI 97
- (260)- D.D.BULLIMORE- Pedestrian protection- TTI 98
- (261)- K. GRÜNER- Accelerating the flow- TTI 98
- (262)- B. DOMIAN- Trapping the light fantastic- TTI 98
- (263)- D. REILLY et al.- All eyes on neural networking- TTI 98
- (264)- B. BOUCKI- An eye for details- Video detection covers new grounds- TTI 98
- (265)- S. DUNSTAN et al.- Finger on the trigger- IDRIS targets the toll evaders- TTI 98
- (266)- C. GIBBS JONES- In search of ground truth- TTI 98
- (267)- B.A. KOVELL- Analysis for all eventualities- TTI 98
- (268)- A. MAC DONALD- Managing the elements- TTI 98
- (269)- S. GOETTSCHE- California's ETC assurance- No free rides for violators- TTI 98
- (270)- T. ELLIS- Deterring bus lane bandits- TTI 98
- (271)- R. BLISSETT et al.- Processing speed- TTI 98
- (272)- B. COULSTOCK- Redflex traffic system- Queensland puts technology to work for road safety- TTI 98
- (273)- R. GEBERT- Three into one- TTI 98
- (274)- J. HANSEN- Ground truth- Integration of weather information in ITS deployment- TTI 98
- (275)- T. GIBSON- Recognition for the law- TTI- Summer 95
- (276)- N. PURDOM- Measuring up to classification and WIM- TTI- Summer 95
- (277)- K. ITO et al.- Applying neural networks to AID- TTI - Août-Septembre 96
- (278)- F. LEMAIRE- Video detection technology- An application casebook- TTI - Août-Septembre 96
- (279)- T. CHRISTIANSEN et al.- Probing for travel time- Août-Septembre 96
- (280)- V. JUHA- Succeeding with video detection- TTI- Oct.-Nov. 96
- (281)- A.E. POLK- Non intrusive guidance- TTI Fév.-Mars 97
- (282)- W. CUNAGIN- Value added imaging- TTI Fév.-Mars 97
- (283)- P. DEMPER- A new focus for enforcement cameras- TTI- juin-juillet 97
- (284)- L.J. NELSON- Eye of the beholder- Video based vehicle identification- TTI- juin-juillet 97
- (285)- S. VINGER- Marriage road in Michigan- Autoscope and SCATS together in FAST-TRAC- TTI- Août-Sept. 97
- (286)- Video trial - TTI- Oct. Nov. 97
- (287)- L.Y. FELTH- From red light to tailgate- Evolution of radar enforcement technology- TTI- Fév. Mars 98
- (288)- A. CURNOW- Status of weight- Developments in WIM application- TTI- Avril-Mai 98
- (289)- I. NUTTALL- Someone to watch over me- An eye on surveillance applications- TTI - Déc. 98- Janv. 99
- (290)- J. CHONG- Desk top video- TTI - Déc. 98- Janv. 99
- (291)- B. JACOB- WAVE weigh in- Europe WIM research project- TTI- Fév. Mars 99
- (292)- J.M. BROCK- Green for go- Oregon embraces WIM- TTI- Fév. Mars 99
- (293)- K. CHATTERS- Perils of the scales- Will WIM make the grade? TTI- Fév. Mars 99
- (294)- A. HAUDEBOURG- GPS, localisation par satellites, téléassistance , recueil de données- CR de la journée ATEC du 2/03/98- TEC No 150
- (295)- M. DANECH-PAJOUH- Estimation des matrices O/D par les comptages et par la théorie de l'information- Rapport INRETS No 126- Sept. 90
- (296)- La DAI par analyse d'images video- ISIS Recherche Info- fiche No 1- déc.95
- (297)- T. HASEGAWA et al. Counting cars by tracking moving objects in the outdoor parking lot- IVHS 95
- (298)- C. FARROW- Detect vehicles, detect incidents- TTI- Avril-Mai 97
- (299)- M. JUHA- Detectors counts hits true accuracy- TTI- Avril-Mai 97
- (300)- M.R. SIMMERMANN et al.- From vision to action- Licence plate reading worldwide- TTI Oct. Nov. 98
- (301)- C. ANDERSON- Eyes on the Olympic- TTI Oct. Nov. 98
- (302)- B. BOUCKE- Ahead of the queue- Video monitoring of traffic build up during road works- TTI Oct. Nov. 98

Autres sources

- (303)- A. KESSACI et al.- Estimation des pourcentages directionnels à l'aide de capteurs magnétiques et d'informations en provenance de systèmes de guidage- RTS- Déc. 90
- (304)- S. ESPIE et al.- L'avenir de la mesure du trafic routier- RTS- Déc. 90
- (305)- J.M. BLOSSEVILLE et al.- Traitement d'images: recherches menées au département analyse et régulation du trafic- RTS- Déc. 90
- (306)- S. BOUZAR et al.- Une machine de traitement d'image pour la mesure du trafic routier en temps réel- RTS- Déc. 90
- (307)- R. TAKTAK et al.- Détection automatique des véhicules sur autoroute par vision artificielle- RTS No 44- Sept. 94
- (308)- J.M. BLOSSEVILLE et al.- Traitement d'image appliqué à la mesure du trafic: le système TITAN- RTS No 18-19- Sept.88
- (309)- D.R Mc ELHANEY- An update on road traffic monitoring in USA- 7th Conf. IEE- Road traffic monitoring and control- 1994
- (310)- D.J. ROBERTSON- Speed violation detection deterrent systems- 7th Conf. IEE- 1994
- (311)- A. ROURKE- An image processing system for pedestrian data collection- 7th Conf. IEE- 1994
- (312)- S. COHEN- Comparative assessment of conventional and new incident detection algorithms- 7th Conf. IEE - 1994
- (313)- M.J. DALGLEISH- Vehicle detection for advanced transport telematics- 7th Conf. IEE- 1994
- (314)- J.M. BLOSSEVILLE- Results of the Tristar AID system obtained from 3D field experimentations- 7th Conf. IEE- 1994
- (315)- M.C. BELL- The « Instrumented City »: data provision for traffic management and research- 7th Conf. IEE- 1994
- (316)- E. PFANNERSTILL- Measuring section related traffic data by correlation methods- A new approach to traffic monitoring and control- ASCE Conf. Application of advanced technologies in traffic engineering- 1991
- (317)- B. DONSKOY- Inductive loop detection/testing with DSP techniques- ASCE Conf. Application of advanced technologies in traffic engineering- 1991
- (318)- W-M. PAN- Automatic vehicle classification system- ASCE Conf. Application of advanced technologies in traffic engineering- 1991
- (319)- E.A.MIERZEJEWSKI- Analysis of automatic vehicle identification technologies- ASCE Conf. Application of advanced technologies in traffic engineering- 1991
- (320)- A.E. CHATZIOANOU- Testing and feasibility of VIPS for traffic detection- ASCE Conf. Application of advanced technologies in traffic engineering- 1991
- (321)- P.G. MICHALOPOULOS- Incident detection through video image processing- ASCE Conf. Application of advanced technologies in traffic engineering- 1991
- (322)- A. ROURKE- Traffic queue detection using video image processing- ASCE Conf. Application of advanced technologies in traffic engineering- 1991
- (323)- F. LEMAIRE- Report of the Devlonics video based traffic detector system- ASCE Conf. Application of advanced technologies in traffic engineering- 1991
- (324)- M. A.G. CLARK- Infrared detector developments- ASCE Conf. Application of advanced technologies in traffic engineering- 1991
- (325)- S. TAFF- The California inductive loop radio demonstration project- ASCE Conf. Application of advanced technologies in traffic engineering- 1991
- (326)- B. DAVIET- Video image processing for toll operation evaluation- ASCE Conf. Application of advanced technologies in traffic engineering- 1991
- (327)- L. AULTMAN-HALL- A catastrophe theory approach to freeway incident detection- ASCE Conf. Application of advanced technologies in traffic engineering- 1991
- (328)- Y.J.STEPHANEDES- Low pass filter for incident detection- ASCE Conf. Application of advanced technologies in traffic engineering- 1991
- (329)- J.M. BLOSSEVILLE- AID using image processing techniques: a specific system used in INVAID- ASCE Conf. Application of advanced technologies in traffic engineering- 1991
- (330)- S. SELLAM- Junctions automatic incident detection- ASCE Conf. Application of advanced technologies in traffic engineering- 1991
- (331)- E. CHANG- A NN approach to freeway incident detection- VNIS 92- p. 74
- (332)- J. K. WANG- The road traffic microwave sensor- (RTMS)- VNIS 92- p.82
- (333)- T.K. YAMAMOTO- Two dimensional vehicle tracking using video image processing- VNIS 92- p.93
- (334)- S.M. YAMAOKA- Image processing vehicle detector for urban traffic control- VNIS 92-p. 98

- (335)- P. G. MICHALOPOULOS- Field implementation of the Minnesota video detection system- VNIS 92 -p. 104
- (336)- WEI- Traffic flow measuring system with a laser beam cutting sensor- VNIS 92 -p. 191
- (337)- M. BELL- Techniques for dynamic estimation of O/D matrices in traffic networks- DRIVE Conference 1991
- (338)-N. HOOSE- INVALID type B processor- use of rule based techniques to detect traffic incidents from qualitative traffic data- DRIVE Conference 1991
- (339)- J.M. BLOSSEVILLE- AID using computer vision techniques- DRIVE Conference 1991
- (340)- R.D. BRETHERTON- Incident detection and traffic monitoring in urban areas- DRIVE Conference 1991
- (341)- N. HOOSE- Detection and traffic surveillance using the IMPACTS video analysis system- TTI 1994
- (342)- G. HILL- Machine vision applied to a speed violation system- TTI 1994
- (343)- T. GIBSON- AVI- a border crossing operation- TTI 1994
- (344)- M. DANESHFAR- Monivision- Queue detection and integrated TMS- TTI 94
- (345) - A. LICHTER- AID and early driver warning systems for blank spots areas- TTI 94
- (346)- R.D. KÜHNE- Traffic data detection using artificial intelligence techniques- TTI 94
- (347)- T.A. PAULSEN- CAN-MATIC road monitoring system- TTI 94
- (348)- M. BOSHUNG- Danger- black ice- TTI 94
- (349)- A. MAC DONALD- Cost effective ice prediction- TTI 94
- (350)- D. MANOR- RTMS multiple zone radar detection and its applications- TTI 94
- (351)- G. Steinbach- Passive infrarouge detection for traffic control- TTI 94
- (352)- D.H. SIEDMANN et al- Remote sensing of automobiles emissions- TTI 94
- (353)- T. WAGNER- Violation enforcement system- TTI 94
- (354)- M. COTTINET- Recueil de données et véhicules traceurs- TEC No 148- Sept. Oct. 1998
- (355)- M. CHARON- Recueil de données- Approche systémique- TEC No 148- Sept. Oct. 1998
- (356)- F. SCHETTINI- Fusion de données pour la surveillance du trafic et l'information des usagers- Thèse 1998
- (357)- S. COHEN et al.- Caractéristiques des incidents routiers- Une contribution de la technologie video- RTS N° 61- Oct. Déc. 1998
- (358)- B. BUCKE et al- Video nation- Congestion monitoring by video- TTI 99
- (359)- J.M. BLOSSEVILLE- Smart sensors- from lab to lane- TTI 99
- (360)- T. MAC MORRAN et al- Putting journey times on-line- TTI 99
- (361)- Designs on digital-New video camera technology transforms surveillance - TTI 99
- (362)- B. LEES et al- Loops over the treadle- TTI 99
- (363)- G.L. FRIEND- Pole to pole- magnetic attraction for traffic sensors- TTI 99
- (364)- M. HUTCHINSON- Controlling the future- TTI 99
- (365)- B. COULSTOCK- Digital clicks- Smart way to stop speeding traffic- TTI 99
- (366)- T.J. BATES- Accuracy is everything- perfecting the licence plate reader- TTI 99
- (367)- Unblinking eyes- LPR day and night, whatever the weather- TTI 99
- (368)- M. SCHAUFELBERGER- Capture to live- TTI 99
- (369)- Détection video et lecture automatique de plaque d'immatriculation de véhicules- Rapport ZELT- CETE du Sud-Ouest- Avril 98
- (370)- Development of a Self Powered Vehicle Detector -SPVD- Rapport FHWA 1978
- (371)- H. HADJ SALEM- Le projet DACCORD- Une panoplie d'outils d'exploitation- 2d Carrefour PREDIT- Lille- Mars 99
- (372)- Exploitation des transports de surface- Etat de l'art, marché et perspectives- Rapport de contrat Aérospatiale-SODIT (non publié)
- (373)- D.A. KOVELL et al.- Opposites attract- Magnetic sensors for traffic applications- TTI June-July 1998
- (374)- Y.DAVID- Analyse pour le compte de la DSCR de l'opération SIRIUS-Est- Rapport non public- 1996
- (375)- Field tests monitoring of urban operations using non intrusive technologies- Rapport FHWA - May 1997
- (376)- S. COHEN et al. Temps de parcours sur artères urbaines régulées: une approche neuronale- TEC nov. déc. 98
- (377)- FRAO- un nouvel outil d'analyse du trafic et du comportement des usagers de la route- Notice CETE de l'Est.
- (378)- B. WILLIAMS- SCADA by other name- Supervisory control and data acquisition, lease or own? TTI 99-
- (379)- M.H. CHAWNER- Remote and controlled- Fault tolerant communications networks management- TTI99
- (380)- J. CURRIER- Fiber provider- Converging analogue and digital highways at the roadside- TTI 99
- (381)- T. JOHNSON et al.- Integration is the key- TTI 98
- (382)- TA. MOORE- To lease or to build, that is the question- TTI 98
- (383)- M. HARDISON et al.- Evolution of resources sharing- TTI 98
- (384)- J. CARDILLO- Networking the Thruway- Fiber optic network along Nex York State
- (385)- J. LI- A role for fiber in ITS rollout- TTI 98
- (386)- K.N. KARNA et al.- Going digital over copper- TTI 98

- (387)- J. CURRIER et al.- Video on demand- TTI 98
- (388)- S.L. BRADLEY- Going live! a briefing on live video over standard telephone lines - TTI 98
- (389)- R. MUCZ- Wireless in Vegas- Nevada uses microwave to bridge the info gap- TTI 98
- (390)- S. ORNELLAS- Remotely collected- The benefits of smart wireless data collection- TTI 98
- (391)- E. TEMPLE- UK Motorway intelligence- TTI 97
- (392)- J. HOLM- An ITS backbone in Denmark- Combining SCADA and ATM- TTI 97
- (393)- M. DALGLEISH et al.- Bite sized ATT systems- TTI 96
- (394)- J.J. SCHLUSS- Fiber optic backbone solutions for ITS communications- TTI 96
- (395)- R. KLEIN- Beyond fiber optic video communications- TTI 96
- (396)- R. COULOMBE- A full spectrum of communications solutions -TTI 96
- (397)- S. UTLEY- Multimedia switching and transmission system for traffic management integration- TTI 96
- (398)- T. OH et al.- Integrated network architecture and ITS- Congrès mondial ITS 98- Seoul
- (399)- B.C. ABERNETHY- An ITS for Houston Metro- TTI 95
- (400)- Digital solutions for remote intelligent surveillance- TTI 95
- (401)- P. BELL et al.- NTCIP for ITS integration- TTI June-July 97
- (402)- I. BARLOW- Fiber optic transmission go full speed ahead- TTI Déc.96-Jan.97
- (403)- R.P. COULOMBE- Video multiplexing- Alternatives to SONET- TTI Déc.96- Jan.97
- (404)- G. AGNEW- Codec for video surveillance- TTI Déc.96- Jan. 97
- (405)- M.A. VAN HOUTERT et al.- VIC Net- A nationwide digital highway for traffic and transportation applications- Congrès mondial ITS 98- Seoul
- (406) - C. REFALO et al. ARMADA - Application radar multicapteur pour l'amélioration de la détection des incidents et analyse du trafic - Congrès ATEC - Jan. 1999
- (407)- Philippe BRIQUET- Grandeurs et Servitudes de P.A.T.R.I.C.I.A.- Rapport de recherche LCPC N° 158 Déc.90
- (408)- Détection Automatique d'Incidents- Projet de guide SETRA- Sept.98
- (409)- A.I.D. Workshop Lyon- 21 sept. 94
- (410) - Détection d'obstacles et d'intrusions - Actes de la journée spécialisée du 26-10-95
- (411)- S. CARE-COLIN- « La mesure des vitesses et ses applications » Document CERTU Connaissance de la vitesse en milieu urbain- à paraître fin 99
- (412)- Connaissance de la vitesse en milieu urbain- Groupe de travail piloté par le CERTU - à paraître fin 99
- (413)- C. TESTINI- Expérimentation des nouveaux capteurs de trafic routier- Rapport final réf. 971127- Nov. 97
- (414)- JP. MIZZI- La régulation des accès- CERTU 97
- (415)- S. CARE-COLIN, P. GENDRE- Régulation des vitesses sur voies rapides urbaines- CERTU 99
- (416) - Première conférence européenne sur le pesage en marche des véhicules routiers - Zurich du 8 au 10 mars 1995
- (417) - COST 323 Pesage en marche des véhicules routiers - 2^{ème} conférence européenne Lisbonne du 14 au 16 Sept. 1998
- (418)- B.JACOB- Weigh-in-motion of road Vehicles- éditions HERMES
- (419)- Services de télécommunications dans le domaine de l'exploitation de la route- CERTU/SETRA- Août 97
- (420)- L'offre de service des opérateurs de télécommunications à fin 98- CERTU- janv. 99
- (421)- La route intelligente- Les communications dédiées à courtes distance DSRC : Dedicated Short Range Communication- CERTU- Juil.98
- (422)- Le sans fil pour la voie pour les données- CERTU-Juil.96
- (423)- Télématique routière et normalisation- SETRA- 96
- (424)- La route automatisée- INRETS- 96
- (425)- Solutions techniques pour la vidéosurveillance du trafic routier- CERTU- Janv.99
- (426)- NF P 99-300- Données routières : élaboration, stockage, diffusion. Unités de mesure et de traitement. Nature, exactitude des données de trafic routier et séquençement métrologique-11/1997
- (427)- P 99-301- Données routières : élaboration, stockage, diffusion. Capteurs à boucles inductives. Définitions, caractéristiques et mise en oeuvre. 11/1994
- (428)- NF P 99-302- Information et exploitation routière. Protocole de transmission de données routières alphanumériques- 06/1993
- (429)- XP P 99-305- Données routières. Élaboration, stockage, diffusion. Unités de détection et détecteurs de véhicules à boucles électromagnétiques à variation d'inductance. Définitions, caractéristiques et performances- 08/1997
- (430)- XP ENV 12315-1- Information aux voyageurs sur la circulation (TTI). Messages d'information diffusés aux voyageurs par communications dédiées à courte distance. Partie 1 : spécifications des données pour la direction descendante (infrastructure vers véhicule)- 03/1997
- (431)- XP ENV 12315-2- Information aux voyageurs sur la circulation (TTI). Messages d'information diffusés aux voyageurs par communications dédiées à courte distance. Partie 2 : spécifications des données pour la direction ascendante (véhicule vers infrastructure)- 03/1997

- (432)- NF P 99-320-Météorologie routière. Recueil des données météorologiques et routiers- 04/1998
(433)- NF P 99-340- Information et exploitation routières. Langage de commande routier. Règles générales et bibliothèques- 12/1998
(434)- Produits électroniques- Le futur est annoncé- Note d'information SETRA N°58 - 06/ 98

BIBLIOGRAPHIE NON EXPLOITEE

Extrait du Fichier INRETS « CAPTEURS »

DOSSIER VIABILITE HIVERNALE - LES STATIONS AUTOMATIQUES DE RECUEIL DE DONNÉES METEOROLOGIQUES ROUTIERES POUR L'AIDE A L'EXPLOITATION HIVERNALE. QUALIFICATION ET HOMOLOGATION DES PRODUITS.

LIVET-J (LRPC NANCY)

REVUE GENERALE DES ROUTES ET DES AERODROMES. 1998/01. (758) pp32-3

Les exploitants de réseaux routiers et autoroutiers se dotent depuis plusieurs années de stations météo routières permettant de suivre à distance l'évolution des conditions atmosphériques et de l'état de la surface des chaussées. Environ cinq cent stations de ce type aident les exploitants à analyser le risque hivernal et prendre les décisions, soit de surveillance complémentaire, soit d'intervention de déneigement ou de traitement aux fondants. Ces matériels, en évolution permanente, véhiculent une image technologique de pointe dont le fondement se devait de s'appuyer sur une démarche qualité. Aussi, le réseau technique de l'équipement, en partenariat avec les constructeurs et les utilisateurs, a mis en place une procédure d'évaluation permettant de juger le plus objectivement possible la qualité des mesures faites, afin d'en déduire la valeur d'usage de la station météo routière. Cette démarche, réalisée dans le cadre d'un groupe de travail national, a permis de définir un cahier des charges d'homologation et de proposer l'arrêté ministériel correspondant.

UNE FUSION D'ALGORITHMES POUR UN MEILLEURE DETECTION DES INCIDENTS ROUTIERS.

COHEN-S (INRETS-DART); BETTIOL-S (ENPC)

RECHERCHE TRANSPORTS SECURITE. 1997/04/06. (55) pp39-46 (17 Références.)

Cet article aborde la question de l'intégration des techniques de détection automatique des incidents sur les autoroutes et les voies rapides. Il rappelle tout d'abord les conclusions issues des expériences réelles révélant les fortes variations des performances des méthodes et des technologies actuellement mises en œuvre. Pour répondre aux exigences d'exploitation et couvrir ainsi un large spectre de situations de trafic, le recours à une méthode intégrant les avantages de techniques diverses s'avère indispensable. Un couplage logique permettant de fusionner plusieurs algorithmes à seuils - largement répandus dans les systèmes opérationnels - est proposé. Une validation expérimentale est ensuite étayée par deux cas concrets en Ile-de-France. En regard des niveaux de détection et de fausses alarmes, elle souligne à la fois les potentialités et les limites de la fusion ainsi réalisée.(A).

LA MESURE DU MOUVEMENT DANS LES SEQUENCES D'IMAGES DE SCENE URBAINE.

MOTAMED-C (LABORATOIRE D'ANALYSE DES SYSTÈMES DU LITTORAL);
VANNOORENBERGHE-P (LABORATOIRE D'ANALYSE DES SYSTÈMES DU LITTORAL);
BLOSSEVILLE-JM (INRETS); POSTAIRE-JG (CENTRE D'AUTOMATIQUE DE LILLE)

4EME COLLOQUE INTERNATIONAL "TRANSPORT ET POLLUTION DE L'AIR" AVIGNON.
1997/06. pp137-44 (5 Références.)

En général, la modélisation des émissions de polluants en zone urbaine se base sur des estimations statistiques ou de mesures provenant des capteurs de trafic classiques (comptage, vitesse moyenne, vitesse locale). Ces informations ne sont pas toujours suffisantes ou adaptées. En effet, il a été prouvé que le comportement des émissions dépend d'une part de la concentration des véhicules et d'autre part de leur catégorie et de leur comportement cinématique instantanée. Nous présentons ici nos travaux de développement de capteurs spécialisés, effectuant des mesures influençant de manière significative les paramètres d'émission de polluants. Nous utiliserons en particulier les outils de traitement de séquence d'images pour extraire les informations. Les mesures que nous avons jugées importantes sont : le comptage et la classification des véhicules (véhicules particuliers, poids lourds;

bus, cycles et motocycles), le profil des vitesses instantanées, les accélérations de véhicules sur un tronçon donné et la vitesse moyenne. (A).

PASSIVE MULTIPATH TRAFFIC SENSOR.

AU: Holm-ED; Radcliffe-ST; Point-du-Jour-JY

ITS America, 400 Virginia Avenue, SW, Suite 800, Washington, DC, 20024-2730, USA

Conference Title: Merging the Transportation and Communications Revolutions. Abstracts for ITS America Seventh Annual Meeting and Exposition. Location: Washington, D.C. Sponsored by: ITS America. Held: 19970602-19970605. 1997. n.

The Passive Multipath Traffic Sensor is an entirely new type of sensor that is capable of measuring traffic speed and volume in all weather conditions and at a low installed cost. The sensor makes use of multipath interference from ambient radio frequency (RF) signals. Variations in the multipath interference allow the sensor to determine traffic speed and volume. Tests from a prototype sensor have shown the ability to measure traffic volume with an accuracy of better than 90% and speed with an accuracy of better than +/-5mph. The hardware for the sensor is fairly simple and will result in a low unit cost. The sensor can be installed on the side of the road and can operate on solar/battery power resulting in a low installation cost. The main application for the sensor is wide area traffic monitoring where inexpensive traffic sensors are needed. This paper describes the multipath phenomenon used by the sensor, the main elements of the sensor, the detection algorithms used by the sensor for measuring traffic speed and volume, and some experimental data from a prototype sensor.

LE SYSTÈME DE PESEE DYNAMIQUE ECM SUR LE RÉSEAU DE LA SAPRR.

GUILLAUMAT-R

REVUE GENERALE DES ROUTES. 1997/10. (755) pp57-61

L'entreprise nancéienne Electronique Contrôle Mesure (ECM), a réalisé un système complet de pesée dynamique pour la SAPRR (Société des autoroutes Paris Rhin Rhône). Ce système met en œuvre dix-sept stations réparties sur le réseau dont six dans la région pilote Champagne - Lorraine, un système complet d'acquisition des données et un système de traitement de ces données. Au-delà de l'analyse du comportement des usagers et d'une connaissance fine du trafic, utiles pour la gestion des opérations au quotidien, le système permet d'approcher le calcul de l'agressivité du trafic pour la chaussée et la détermination de la périodicité et des techniques d'entretien. (A). (Titre en anglais : The ECM dynamic weighing system on the SAPRR motorway network).

POTENTIALITES NOUVELLES DE LA DETECTION DES INCIDENTS PAR BOUCLES MAGNETIQUES : LA PLATE-FORME "DAISI".

COHEN-S (INRETS-DART); LANCELIN-C (SRILOG)

TEC (TRANSPORT, ENVIRONNEMENT, CIRCULATION). 1997/09/10. (144) pp2-6 (12 Références.)

Les outils DAISI et DTR fournissent aujourd'hui aux exploitants d'autoroutes et de voies rapides des potentialités nouvelles en matière de surveillance du trafic. La détection automatique d'incidents à partir des données de boucles magnétiques entre désormais dans une ère opérationnelle. Plusieurs sites en France utilisent DAISI pour préparer la mise en œuvre d'une DAI opérationnelle : le Boulevard Périphérique de Paris, le Boulevard Périphérique Nord de Lyon. Ces diverses expériences permettent d'enrichir le savoir-faire en matière de "DAI-boucle" et de le mettre ainsi à la disposition des maîtres d'ouvrage dans la cadre des opérations d'exploitation des autoroutes et des voies rapides. (A).

REFLEXION POUR UNE NOUVELLE GENERATION DU DISPOSITIF BISON FUTE RAPPORT NO 2: LE CHOIX D'UN ECHANTILLON REPRESENTATIF DES STATIONS SIREDO.

CATTAN-B (INRETS-DART); DANECH-PAJOUH-M (INRETS-DART)

RAPPORT DE CONVENTION DSCR. 1997/05. 33P

Le dispositif Bison Futé, né en 1975, a été conçu comme un outil de gestion des départs des vacances été. Basé sur la prévision de trafic et sur l'information aux usagers, il n'a pas fondamentalement évolué depuis. En revanche, l'environnement s'est considérablement modifié, qu'il s'agisse des infrastructures routières, des moyens de transport, des possibilités de traitement et de stockage de

données, ou encore du comportement des usagers. Il est donc nécessaire de réfléchir à une nouvelle génération de ce dispositif. La présente étude, subventionnée par la DSCR, comprend quatre rapports concernant: 1. Le recueil et la mémorisation des données des stations SIREDO 2. Le choix d'un échantillon représentatif et dynamique des stations 3. Les indicateurs nationaux et régionaux de circulation 4. Les communications: collectives, ciblées et individualisées. L'objet de ce rapport est de proposer une méthode d'échantillonnage.(A).

INTEGRATION OF VISION-BASED TRAFFIC SENSORS FOR TRAFFIC INCIDENT DETECTION.

Nakamura-T; Taniguchi-H; Furusawa-H; Yamamoto-T; Makino-M

ITS America, 400 Virginia Avenue, SW, Suite 800, Washington, DC, 20024-2730, USA

Conference Title: Intelligent Transportation: Realizing the Future. Abstracts of the Third World Congress on Intelligent Transport Systems. Location: Orlando, Florida. Sponsored by: ITS America. Held: 19961014-19961018. 1996. pp178

Recently, automatic incident detection systems based on vision-based traffic sensors have been installed on some routes in places such as tunnels. In these systems, multiple sensors are placed at regular intervals along the route; however, between two neighboring sensors there exists a blind area where the sensors can not detect the traffic data directly. To overcome the drawbacks of the existing systems, the authors have developed a method of detecting traffic incidents using the sensor output indirectly even in blind areas. In this method, they make use of traffic data, mainly arrival time and velocity of vehicles, detected by the two sensors on both sides of the blind area. The basis of the method is the prediction of the downstream sensor output, and fuzzy matching using real output. From the matching degree, the system judges the abnormality of traffic conditions. The authors also present some experiments with the field data, indicating that the system can detect incidents within a few tens of seconds in various conditions of traffic volume.

FIBER OPTIC TRAFFIC SENSORS.

PAUL-J-COSENTINO ET AL; COSENTINO-PAUL-J

NATIONAL TRAFFIC DATA ACQUISITION CONFERENCE (NATDAC '96): PROCEEDINGS. 1996.

No abstract provided.

CERAMIC PIEZOELECTRIC TRAFFIC SENSORS.

BAILLEUL-GILLES

NATIONAL TRAFFIC DATA ACQUISITION CONFERENCE (NATDAC '96): PROCEEDINGS. 1996.

No abstract provided.

AUTOALERT: AUTOMATED ACOUSTIC DETECTION OF INCIDENTS.

WHITNEY-DA; PISANO-JJ

ITS-IDEA Program Project Final Report. 1995/12/26. pp57 (39 Fig., 2 Tab., 1 Ref.)

Transportation Research Board, 2101 Constitution Avenue, NW, Washington, DC, 20418-, USA

This Innovations Deserving Exploratory Analysis (IDEA) project included the design and preliminary evaluation, as well as feasibility demonstration, of AutoAlert, an acoustic traffic sensor system that applies new signal processing algorithms to passive acoustic data to advance the state of practical acoustic incident detection techniques. These techniques, originally developed for national defense applications, will perform reliable, automatic, nearly instantaneous, all-weather incident detection under highly variable traffic conditions. Effective operation of urban high-capacity Intelligent Transportation Systems (ITS) requires speedy detection of incidents at chokepoints, such as tunnels, bridges and other aerial structures, and dense urban arterials. AutoAlert overcomes shortcomings of loop and video detectors, such as their inability to distinguish between incidents and congestion, and the need for a human-in-the-loop for video detection. The AutoAlert processor "hears" an incident before congestion builds, and can be used either as an independent detector, or its outputs can be combined (data fusion) with other detector outputs for joint improved decisions and incident verification. AutoAlert algorithms will provide a new level of incident detection timeliness

and reliability (low false alarms) by applying sophisticated statistical models: Hidden Markov Models and Canonical Variates Analysis. These are used to analyze both short-term and time-varying signals that characterize incidents.

COMPORTEMENT DE CAPTEURS A FIBRES OPTIQUES NOYES DANS UN MATERIAUX DIVERSESEMENT SOLLICITE : APPLICATIONS EN GENIE CIVIL.

BARBACHI-M

ETUDES ET RECHERCHE DES LABORATOIRES DES PONTS ET CHAUSSÉES - SERIE : SCIENCES DE L'INGENIEUR. 1996/11. (SI4) 176P

Cette thèse a pour cadre général l'étude du comportement de capteurs fibres optiques au sein d'un matériau en vue d'applications au Génie Civil. Les applications visées concernent le développement d'instrumentations dédiées, d'une part, à l'analyse du trafic (pesage en marche de véhicules routiers), d'autre part, aux équipements d'Ouvrage d'Art (appareils d'appui de ponts). Dans les deux cas, les principes de mesure sont différents: polarisation pour le premier, atténuation pour le second. L'étude de la réponse des capteurs en conditions réelles de fonctionnement a nécessité la mise au point de modèles tant théoriques qu'expérimentaux permettant d'appréhender le paramètre d'influence mécanique à partir du signal optique délivré en extrémité de fibre (couplage elasto-optique). Pour ce qui concerne le capteur a polarisation, l'approche mécanique développée consiste a assimiler la fibre optique, insérée entre deux lames métalliques, a un ressort élastique. Cette approche a été validée au moyen d'expériences en laboratoire. Du point de vue pratique, cette étude a débouché sur la mise a disposition d'un moyen de dimensionnement du capteur prenant en compte les caractéristiques d'environnement. Pour ce qui est du capteur a fibres optiques conditionnées en micro courbures, les démarches théorique et expérimentale, ont permis d'aboutir a la réalisation d'un système de mesure en temps réel de la descente de charges verticales au niveau des appuis d'un ouvrage d'art. Une modification appropriée de la frette instrumentée, aisément dimensionnable offre la possibilité à l'utilisateur d'adapter le seuil, l'étendue de mesure et la sensibilité des capteurs. Bien qu'il ne s'agisse que de faisabilité, les caractères industriel et opérationnel des capteurs pris en compte, vont faciliter très probablement le passage au terrain. (A). (Titre en anglais: Behaviour of optical fibre sensors embedded in a loaded material - Applications in civil engineering).

LE SIMULATEUR DE BOUCLES INFORMATISE DE LABORATOIRE SIBIL.

BERTRAND-J (LRPC ANGERS); BRIQUET-P (LCPC)

BULLETIN DES LABORATOIRES DES PONTS ET CHAUSSÉES. 1996/07/08. (204) pp37-42 (5 Refs.)

Cet article présente un dispositif original de simulation de capteurs a boucles électromagnétiques excites par un trafic routier. SIBIL (Simulateur de Boucles Informatise de Laboratoire) permet de reproduire fidèlement en laboratoire et au gré de l'utilisateur, la variation de self inductance observée in situ sur ces capteurs lors du passage d'un véhicule. Le principe repose sur une commutation de selfs inductances élémentaires, pilote par un micro-ordinateur, de façon à reproduire la variation d'inductance correspondant au phénomène physique réel. On est ainsi en mesure de simuler un trafic en générant la signature électromagnétique d'un ensemble de véhicules pris dans une bibliothèque contenant les principaux véhicules constituant le parc actuel et que l'on peut enrichir. Le système offre huit voies "capteurs" qui peuvent être indépendantes ou couplées deux a deux selon les besoins de l'utilisateur. Il est contrôlé par micro-ordinateur sous un logiciel spécifique, dont le rôle est de définir les caractéristiques d'un trafic et de commander les selfs élémentaires chargées de reconstituer en sortie le comportement des capteurs a boucles électromagnétiques sollicités par ce trafic. SIBIL est donc un outil puissant et reproductible de développement ou de contrôle des détecteurs de trafic routier.

ESTIMATION OF DYNAMIC O-D DISTRIBUTIONS FOR URBAN NETWORKS.

LESORT-JB(ED); CHANG-G-L (MARYLAND UNIV, USA); TAO-X (MARYLAND UNIV, USA)
TRANSPORTATION AND TRAFFIC THEORY. PROCEEDINGS OF THE 13TH INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON TRANSPORTATION AND TRAFFIC THEORY, LYON, FRANCE, 24-26 JULY 1996. 1996. pp1-20

The research presents an effective cordon-line model for analyzing dynamic network O-D distribution. The proposed model incorporates signal effects on the computation of travel time variability and thus is capable of providing realistic estimation of time-varying O-Ds in urban signalized networks. To accommodate the variation of traffic sensor density and distribution in various networks, this study has discussed the flexibility of constructing intersection-based cordon-lines under the available surveillance system. With the additional constraints constructed from observed cordon-line and intersection flows, the proposed method substantially increases the observability of a dynamic O-D system, and yields significantly improved results.

SURVEILLANCE DES CONDITIONS DE TRAFIC AUTOROUTIER - METHODE D'ANALYSE TEMPORELLE DU BRUIT EMIS PAR LE TRAFIC AUTOMOBILE.

CHARLET-P (LRPC LYON)

BULLETIN DES LABORATOIRES DES PONTS ET CHAUSSÉES. 1996/05/06. (203) pp55-60

Les perturbations du trafic autoroutier doivent pouvoir être détectées dans les délais les plus brefs, quelle qu'en soit la situation. Il faut ainsi tendre vers une surveillance des conditions de trafic quasi ininterrompue. La solution proposée dans cet article consiste à analyser en permanence les caractéristiques du bruit émis par la circulation. Le détecteur, conçu à cet effet, est situé en retrait de la barrière de sécurité, lieu où le niveau de bruit généré par la circulation est très prédominant sur toute autre source sonore. Les avantages de cette solution sont le faible coût du détecteur et son installation totalement extérieure à la chaussée. Les résultats présentés sont prometteurs. Le phénomène analysé, corrélé à la vitesse du flot de circulation, permet de détecter toutes les périodes de ralentissement.

EFFICIENT USE OF NARROWBAND RADIO CHANNELS FOR MOBILE DIGITAL COMMUNICATIONS.

Fitz-MP; Krogmeier-JV; Grimm-J; Chen-T-A; Magnusen-T; Gansman-J; Kuo-W-Y

ITS-IDEA Program Project Final Report. 1996/02/05. pp22 (5 Photos., 31 Fig., 2 Tab., 18 Ref., 1 App.)

Purdue University, West Lafayette, Indiana.

Transportation Research Board, 2101 Constitution Avenue, NW, Washington, DC, 20418-, USA

Data communications systems linking field equipment such as traffic sensors, changeable message signs and incident response vehicles with traffic operations centers are a fundamental requirement of Federal Highway Administration (FHWA) plans for deployment of Intelligent Transportation System (ITS) traffic management and traveler information services. The FHWA has received an allocation of five channels in the 220 MHz band to provide a communications resource for ITS applications. High efficiency modems will be required to make maximum beneficial use of the ITS 220 MHz channels. This Innovations Deserving Exploratory Analysis (IDEA) project developed a wireless modem architecture that provides bandwidth efficient data communications in the 220 MHz ITS spectral allocations. The goal was to provide greater than 12 KBPS transmission capacity on the 4 kHz channels (3 BPS/Hz spectral efficiency) for mobile applications. This work has resulted in a proof of concept of a general purpose resource for data communications in traffic management systems, traveler information systems, and/or commercial vehicle operations. The system was verified by a rigorous theoretical performance analysis, bench testing and indoor field testing. Field tests in mobile urban environments are planned.

SURVEY OF ADVANCED TECHNOLOGY DEPLOYMENT IN TRAFFIC MANAGEMENT CENTERS WITH AN EMPHASIS ON NEW SENSOR TECHNOLOGIES AND INCIDENT DETECTION.

Parkany-E; Shiffer-G

California University, Irvine, Institute of Transportation Studies, Irvine, CA, 92697-3600, USA - Report Number: UCI-ITS-WP-96-6

There are several traffic management centers and traffic operation centers (TMCs) in operation in the United States, and several research groups developing new sensors and algorithms for use by these centers. The general purpose of this survey was to identify the current traffic sensors and incident detection algorithms used by these centers and to determine their interest in several different current

and proposed research areas and topics under development by civil engineering researchers at the University of California, Irvine and other universities. This paper provides description of this project, a discussion of the survey design, some of the survey results both quantitatively and qualitatively, and recommendations based on the survey results.

USING GPS TECHNOLOGY TO RELATE MACROSCOPIC AND MICROSCOPIC TRAFFIC PARAMETERS.

AU: Barth-MJ; Johnston-E; Tadi-RR

Transportation Research Record. 1996. (1520) pp89-96 (1 Photo., 7 Fig., 35 Ref.)

Traffic congestion on today's freeways is a serious problem, causing significant delays for both passengers and goods. Freeway traffic congestion also results in increased vehicle emissions; however, this increase has not been quantified using current vehicle emission models. Current models use emission factors based on driving cycles that do not properly represent freeway driving characteristics. This paper presents a new methodology for relating the macroscopic speed, flow, and density parameters measured by traffic sensors with statistics of microscopic driving traces under different levels of congestion. This approach can be used to better estimate freeway emissions when combined with an appropriate modal emissions model. Preliminary experimentation has been carried out with a vehicle equipped with global positioning system (GPS) instrumentation, allowing for precise localization in both space and time. With the GPS, second-by-second velocity traces are acquired and matched with simultaneously measured freeway traffic data obtained by embedded traffic sensors. Statistical measures of velocity variation are derived from the velocity traces and are functionally related to the macroscopic traffic parameters of speed, flow, and density. Given a known distribution of vehicle types, models, and model years, vehicle emissions can be related to these statistical measures of velocity variation using a modal emission model, and, thus given speed-flow-density measures of freeway traffic, localized emissions estimates can be made.

A SMART OR INTELLIGENT SENSOR FOR ROAD AND URBAN TRAFFIC.

THIRLET-J-M; NOIZETTE-J-L; ROBERT-M; RIVIERE-JM

SO: PROCEEDINGS OF THE 28TH INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON AUTOMOTIVE TECHNOLOGY AND AUTOMATION (ISATA) HELD 18TH-22ND SEPTEMBER 1995 IN STUTTGART, GERMANY. 1995. pp383-92

This paper considers how a smart or intelligent traffic sensor could be used to improve the information supplied to, and thus the performance of, traffic control systems. The requirements of an intelligent sensor are discussed in terms of measurement, validation, configuration and communication. The magnetic loop is used as an example of a sensor. The operation of the magnetic loop and its drawbacks are described. The use of a semi-intelligent sensor is outlined. The advantages of an intelligent sensor are discussed and an example described. A variety of useful parameters can be measured for a variety of users. Precise details can be obtained about traffic conditions and anomalies localised. For the covering abstract see IRRD 882109.

LES AVANCEES DE LA TECHNIQUE ROUTIERE - L'ANNEE 1995 EN FRANCE. DETECTION AUTOMATIQUE D'INCIDENTS - LES EXPERIENCES EN COURS A LA SAPRR. (STRIDES IN HIGHWAY ENGINEERING. THE YEAR 1995 IN FRANCE - AUTOMATIC INCIDENT DETECTION - SAPRR'S TEST PROGRAM.)

ROUSSEL-J-C (SAPRR); PETRUCCI-J (SAPRR); BORIE-B (SILEC); GAUTIER-Y (SILEC)

REVUE GENERALE DES ROUTES ET DES AERODROMES. 1995/12. (735) pp25-32

La société des autoroutes Paris - Rhin - Rhône (SAPRR) a mené des études pour évaluer les possibilités de deux technologies nouvelles pour la détection d'incidents: l'analyse d'images VIDEO et la technologie hyperfréquence. Deux expériences mises en œuvre sur des sites de nature différente sont présentées: 1- Le produit BEATRICES (Thomson-CSF) teste dans une zone périurbaine, sur le contournement de Lyon, avec un trafic pendulaire important, des bouchons quotidiens aux heures de pointe, et dans un site géographique tourmente (forte pente, virages ...). 2- Le produit EVA (SILEC) teste initialement dans le tunnel de Chamoise sur l'A40, puis en extérieur, dans une zone interurbaine, au niveau du convergent entre les autoroutes A6 et A31 avec un trafic de transit très important dans une zone plate et rectiligne.

DOSSIER AUTOUR D'INTERTRAFFIC - MAINTENANCE DES EQUIPEMENTS DE LA RUE ET DE LA ROUTE - CIRCULATION.

REVUE GENERALE DES ROUTES ET DES AERODROMES. 1996/03. (738) pp25-32 (1 Refs.)

Fiches descriptives de matériels liés à la circulation, présentes lors des journées techniques ATEC de janvier 1996: 1-Capsteel, gamme de détecteurs de véhicules (Société Capsys), 2-DIMAC-V le radar préventif (FACON, S - Communauté Urbaine de Lille), 3-La Télématique appliquée aux transports routiers: Melyssa et Despina (NOUVIER, J-CETE Lyon / REME, A-CETE Lyon), 4-BALTRAF, système de référence pour l'analyse du trafic (BRIQUET, P - LCPC), 5-Détection automatique d'incidents par traitement d'image (BLOSSEVILLE, JM-INRETS / BOUZAR, S-INRETS / LENOIR, F-INRETS), 6-Outils de simulation du trafic (ISIS), 7-SIBIL: système de simulation de boucles pour l'analyse du trafic (BRIQUET, P-LCPC / MAILLARD, M-CECP), 8-Système de navigation Carminat sur Safrane (Renault), 9-La borne automatique électrique (Innovation Systèmes Urbains).

COMPORTEMENT DE CAPTEURS A FIBRES OPTIQUES NOYES DANS UN MATERIAU DIVERSEMENT SOLLICITE - APPLICATIONS EN GENIE CIVIL.

BARBACHI-M

THESE DE DOCTORAT DE L'ECOLE NATIONALE DES PONTS ET CHAUSSÉES-SPECIALITE : STRUCTURE ET MATERIAUX. 1995/07/10. 166P

Thèse de doctorat soutenue le 10 juillet 1995 avec B Halphen comme président. La thèse a pour cadre général étude du comportement de capteurs à fibres optiques au sein d'un matériau en vue d'applications au Génie Civil. Les applications visées concernent le développement d'instrumentations dédiées, d'une part, à l'analyse du trafic (pesage en marche de véhicules routiers), d'autre part, aux équipements d'Ouvrages d'Art (appareils d'appui de ponts). Dans les deux cas, les principes de mesure sont différents : polarisation pour le premier, atténuation pour le second. Etude de la réponse des capteurs en conditions réelles de fonctionnement a nécessité la mise au point de modèles tant théoriques qu'expérimentaux permettant d'appréhender le paramètre d'influence mécanique à partir du signal optique délivré en extrémité de fibre (couplage elasto-optique). Pour ce qui concerne le capteur à polarisation, l'approche mécanique développée consiste à assimiler la fibre optique, insérée entre deux lames métalliques, à un ressort élastique. Cette approche a été validée au moyen d'expériences en laboratoire. Du point de vue pratique, cette étude a débouché sur la mise à disposition d'un moyen de dimensionnement du capteur prenant en compte les caractéristiques d'environnement. Pour ce qui est du capteur à fibres optiques conditionnées en micro courbures, les démarches théorique et expérimentale ont permis d'aboutir à la réalisation d'un système de mesure en temps réel de la descente de charges verticales au niveau des appuis d'un ouvrage d'art. Une modification appropriée de la frette instrumentée, aisément dimensionnable, offre la possibilité à l'utilisateur d'adapter le seuil, l'étendue de mesure et la sensibilité des capteurs. Bien qu'il ne s'agisse que de faisabilité, les caractères industriels et opérationnels des capteurs pris en compte, vont faciliter très probablement le passage au terrain.

DETECTION AUTOMATIQUE D'INCIDENTS : SYNTHESE DES EXPERIMENTATIONS MENEES DANS LE CADRE DU PROJET MELYSSA.

APPERT-P-Y (INRETS); BLOSSEVILLE-J-M (INRETS); MORIN-J-M (ISIS CONSULTANTS)

REVUE GENERALE DES ROUTES ET DES AERODROMES. 1995/09. (732) pp47-54

Cet article présente la comparaison des différents systèmes de détection automatique d'incidents (DAI) expérimentés dans le cadre du projet MELYSSA. Le système DAI de "traitement d'images TRISTAR et le système radar à grande portée BEATRICES sont d'abord comparés. Ces deux systèmes présentent des capacités a priori comparables dans la mesure où tous deux sont capables de détecter directement des incidents sur une zone étendue (système spatiaux). Des différences sont toutefois observées sur les résultats. Vient ensuite une comparaison de ces procédés avec les algorithmes reposant sur des mesures faites de façon espacée au moyen de boucles à induction magnétique. Les performances diffèrent sensiblement de ceux obtenus avec les deux systèmes spatiaux. Les résultats analysés proviennent des essais menés sur les sites de A 43, A 46, A 7 ou ont été mis en œuvre un ensemble de système vidéo, un système radar et un système de détection par boucles.

DESIGN OF INCIDENT DETECTION ALGORITHMS USING VEHICLE-TO-ROADSIDE COMMUNICATION SENSORS.

Parkany-E; Bernstein-D

Transportation Research Record. 1995. (1494) pp67-74 (3 Fig., 1 Tab., 21 Ref.)

Incident detection methods for the automatic recognition of accidents and other freeway events requiring emergency responses have existed for over twenty years. Most of the developed and implemented algorithms rely on inductive loop data. Inductive loops are the most commonly used traffic sensor and collect data such as volume and occupancy at a point. However, the implemented algorithms using inductive loop data work with mixed success. Recently, there has been renewed interest in incident detection algorithms partly because of new sensors for obtaining traffic information. One of these new sensors is vehicle-to-roadside communications (VRC), which consists of electronic "tags" on the vehicles and readers along the roadway. These obtain counts, headways, travel times, lane switches, and other information about vehicles between subsequent readers. This paper explores the use of VRC data for incident detection. After a discussion of the use of VRC as a surveillance tool for incident detection, a few example pattern-based algorithms are described. Preliminary results of these algorithms suggest that VRC is a viable sensor to use for incident detection. The final section discusses further directions for this type of research.

ADVANCED TECHNOLOGY - A TOOL FOR URBAN TRAFFIC ENGINEERS IN INCIDENT MANAGEMENT.

Beaubien-RF

Institute of Transportation Engineers, 525 School Street, SW, Suite 410, Washington, DC, 20024-2729, USA

1995 Compendium of Technical Papers. Institute of Held: 19950805-19950808. Sponsored by: Institute of Transportation Engineers. Transportation Engineers 65th Annual Meeting. Location: Denver, CO. 1995/08.

Increased use of computer and communication technology for traffic information and control is underway in Metropolitan Detroit. "Smart Streets" are being created on both the freeways and arterials. The Michigan Department of Transportation has installed traffic sensors, traffic observation cameras, ramp meters, and changeable message signs on 32 miles of the Detroit Freeway System and plans a 150 mile extension of intelligent transportation systems over the next few years. This operation is based at the Michigan Intelligent Transportation Systems Center (MITSC) in Detroit. The Road Commission for Oakland County has installed an advanced traffic control system at 200 intersections in Troy, Rochester Hills, Pontiac, and Auburn Hills, north of Detroit. This paper describes how the incident management program in Metropolitan Detroit provides a platform for the deployment of ITS technologies.

DESIGN MANUAL FOR ROADS AND BRIDGES. VOL 9, SECTION 1, PART 2. MOTORWAY INCIDENT DETECTION AND AUTOMATIC SIGNALLING (MIDAS).

HIGHWAYS AGENCY; SCOTTISH OFFICE INDUSTRY DEPARTMENT; WELSH OFFICE; DEPARTMENT OF THE ENVIRONMENT FOR NORTHERNIRELAND DEPARTMENTAL STANDARD. 1994/12. (TD 45/94) 12P (17 Refs.)

HER MAJESTY'S STATIONERY OFFICE, 49 HIGH HOLBORN, LONDON, WC1V 6HB, UNITED KINGDOM

In this DOT Standard, the criteria which must be met before Motorway Incident Detection and Automatic Signaling (MIDAS) systems can be provided on motorway trunk roads are given. MIDAS systems will normally comprise traffic sensors (initially loop detectors) detection equipment / outstations connected via the transmission network to an installation which can either directly or indirectly operate motorway signaling systems.

LES EQUIPEMENTS DYNAMIQUES ROUTIERS

AU: BESNARD-S (SOCIETE NOTIX); MANGIN-S (SETRA); COSTET-MT (SETRA); CORFDIR-M (SETRA)

Rapport 1994/05. 137P - SETRA

Appareils destinés à la mesure du trafic, à l'alerte, à la télésurveillance ou à l'information des usagers, les équipements dynamiques routiers sont devenus des composantes à part entière de la route. A l'attention des techniciens des services gestionnaires de voiries routières, ce document fait un balayage assez général de ces équipements, décrit leurs fonctionnalités, leur domaine d'emploi et leurs caractéristiques techniques, donne les indications pratiques nécessaires à leur installation, leur gestion et leur entretien (A).

A NOVEL PASSIVE MILLIMETER WAVE TRAFFIC SENSOR
YUJIRI-L (TRW, USA); HARNETT-LN (TRW, USA)
IVHS 94

TRW is developing an innovative, low cost, high performance passive millimeter wave traffic sensor (PMMWTS - patent pending) based on changes in the naturally occurring millimeter wave (mmW) radiation detected as vehicles pass through its field of view. This sensor works day or night, in fog, dust, and rainy conditions. The PMMWTS can detect/compute vehicle presence, count, speed, length, and categorize vehicles. Millimeter wave Monolithic Integrated Circuit (MMIC) receivers permit low cost, low power operation with batteries/solar cells. The latest performance results will be presented.

RTMS MULTIPLE ZONE RADAR DETECTOR AND ITS APPLICATIONS
AU: ROBINSON-T(ED); MANOR-D (EIS INC)

TRAFFIC TECHNOLOGY INTERNATIONAL '94. 1994. pp178-81 (2 Refs.)

RMTS (Remote Traffic Microwave Sensor) radar is a low-cost, self-contained general purpose traffic sensor which can detect and monitor road traffic in up to 12 independent zones. It is designed for use in urban traffic control and traffic monitoring and management. Features of the system are outlined and 3 configurations described for particular applications. Examples are given of the use of RMTS. These include a) the use of side-fire highway monitoring to count traffic, b) forward-looking highway monitoring for speed detection, c) side-fired actuated intersection control, d) diagonal mounting actuated intersection control, e) forward-looking actuated intersection control and f) an automatic incident detection system

TRAFFIC SENSING SYSTEM FOR HOUSTON HIGH-OCCUPANCY VEHICLE LANES.

Lee-CE; Huang-L

Transportation Research Record. 1993. (1410) pp89-92 (1 Fig., 2 Tab., 4 Ref.)

The typical high-occupancy vehicle (HOV) facility in Houston, Texas, is a single, 22-ft-wide, reverse-flow lane situated in a freeway median and separated from the adjacent freeway main lanes on each side by a concrete median barrier. Arrays of inductance-loop vehicle detectors in the pavement, along with remotely controlled television cameras on high poles, are used routinely for surveillance and traffic monitoring activities. As part of a research study designed to identify and evaluate traffic sensors that feasibly can be used in lieu of the loop detectors, especially on bridges, the Center for Transportation Research, the University of Texas at Austin, designed, installed, and evaluated a traffic data acquisition (TDA) system that features a pair of infrared light beam sensors and a microprocessor. Evaluation of the system showed errorless detection of the direction of travel--critical information for managing a reverse-flow HOV lane--and perfect counting of vehicles, even during a period of heavy rainfall. The TDA system also produces speed, headway, and vehicle-length data. Digital data to and from the system can be transmitted over conventional communication links. The sensors have been operational for the past 13 months without adjustment or maintenance. The TDA system potentially has traffic-monitoring applications other than on the Houston HOV lanes.

PROCEDE DE CONDITIONNEMENT D'UN CAPTEUR A PLACER DANS UNE CHAUSSÉE ET PROCEDE DE POSE DU PRODUIT OBTENU DANS UNE CHAUSSÉE.

BUISSON-C; FILASTRE-D; VIOLETTE-E

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION. 1993/04/01. (2 703 374) 15P

INSTITUT NATIONAL DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE, RUE SAINT PETERSBOURG, 26, PARIS, F-75008, FRANCE

Demande de brevet déposé le 01/04/93 (93 03840) par l'Etat français, Centre d'Etudes Techniques de l'Équipement Normandie Centre, mandataire Thibon-Littaye. La présente invention a pour objet un

procédé de conditionnement d'un capteur à placer dans une chaussée. Ce procédé consiste à enrober ledit capteur au moyen de fils en matière minérale ou organique s'étendant sur toute la longueur du capteur et à noyer l'ensemble dans un liant durcissant par polymérisation de sorte à obtenir un barreau contenant ledit capteur.

ORIENT EXPRESSWAY

MILES-J (DEPT TRANSPORT, UK)

SURVEYOR. 1993/02/18. 179(5229) pp10-1,13

REED BUSINESS PUBLISHING LTD, QUADRANT HOUSE, THE QUADRANT, SUTTON, SURREY, SM2 5AS, UNITED KINGDOM

This article reports on the author's visit to four large cities in Japan, to examine the use of information technology for traffic management. In Japan, traffic information services are extensive and well-organised, and seen as a central and integral part of the authorities' responsibilities for traffic management. They play a central part in handling severe traffic congestion. The National Police Agency dominates the traffic control of arterial roads in all main urban centres. Urban motorways are operated by public corporations separate from central government. In Tokyo, they cover about an eighth of the city's major road network, but are so congested that, for most of the day, traffic is stop-go and averages speeds of 15kph or less. The Metropolitan Expressway Public Corporation (MEPC) has responded by extensive investment in variable message signs and graphic display boards, supported by a sophisticated traffic control system covering all aspects of data collection, processing, and presentation. There are about 6500 traffic sensors at 1750 sites for about 218km of motorway. Closed circuit television systems are also being installed. Kanagawa Prefecture has an advanced traffic control centre, using the latest electronic display technology including a huge wall map, showing queue lengths and average speeds for all its main arterial roads.

DETECTEUR D'ESSIEUX POUR INSTALLATION EN SURFACE DE CHAUSSÉES A PLUSIEURS VOIES.

BAILLEUL-G; COVILLE-P

BULLETIN OFFICIEL DE LA PROPRIETE INDUSTRIELLE. 1993/03/26. (93/12) P69

INSTITUT NATIONAL DE LA PROPRIETE INDUSTRIELLE, RUE DE SAINT PETERSBOURG, 26 BIS, PARIS, F-75008, FRANCE

Brevet français publié sous le numéro 2681698 déposé le 25 septembre 1991 par THERMOCOAX représenté par Lottin Claudine Soc. Détecteur d'essieux pour installation en surface d'une chaussée à plusieurs voies, incluant au moins un câble coaxial piézo-électrique comprenant un conducteur central, une gaine métallique et un matériau de remplissage entre la gaine et le conducteur, caractérisé en ce que le câble coaxial piézo-électrique a au moins une région dite active ou le matériau de remplissage est piézo-électrique, et a au moins une région adjacente dite neutre ou le matériau de remplissage n'est ni piézo-électrique ni potentiellement piézo-électrique. Application : comptage des véhicules sur autoroutes à voies multiples. (A*).

SENSORS IN SERIES: A STUDY OF SENSORS WITH LIMITED TRAFFIC CAPACITY.

Rocklin-SM; Tolleson-JW

Massachusetts Institute of Technology, 77 Massachusetts Avenue, Cambridge, MA, 02139, USA

Report Number: TR-943 - 1992

This report examines the discrimination capability of a network of two sensors connected in series. A model of traffic-limited sensor is developed and then used to quantify the deleterious effect of high traffic levels on the performance of the sensor. Various combinations of two sensors are compared, and for moderate inventory levels, a low quality bulk filter followed by a high-quality, traffic-limited precision sensor yields the best performance.

MEMENTO DES EQUIPEMENTS ROUTIERS - DEUXIEME PARTIE: LES EQUIPEMENTS DYNAMIQUES.

SETRA-CENTRE DE LA SECURITE ET DES TECHNIQUES ROUTIERES -1992/03. 104P

Assurer la fluidité du trafic, la sécurité des usagers, apporter à ces derniers l'aide à la conduite nécessaire, par exemple sous forme de guidage, conduit les gestionnaires de la route à équiper leurs

réseaux de matériels, dénommés "équipements dynamiques": - au fonctionnement plus ou moins automatique; - capables de mesurer, d'alterner les flux de véhicules, de surveiller, d'alerter, de mettre en communication, d'afficher des messages ou signaux; - et de s'adapter aux situations comme de véritables systèmes experts. Ces matériels sont restés longtemps destinés à des points singuliers et à des situations particulières. Le développement des difficultés de circulation, l'accroissement de l'attente des usagers et la "démocratisation" de ces matériels en font désormais une composante classique des opérations plus complexes d'exploitation de la route. Ce document constitue la deuxième partie du "Mémento des équipements de la route", dont le livre 1 a été consacré aux Equipements Statiques sous la référence DIRR 127447. (A).

EXPLOITATION ET SECURITE ROUTIERES - QUALITÉ DE SERVICE DES
INFRASTRUCTURES ROUTIERES - NOUVELLE STATION DE PESAGE EN MARCHÉ
HESTIA ET AMELIORATION DE LA TECHNIQUE DE PESEE DYNAMIQUE.

JACOB-B (LCPC)

MONOGRAPHIE D'ETUDES ET DE RECHERCHES 1991 DU RÉSEAU DES LABORATOIRES
DES PONTS ET CHAUSSÉES. 1992. pp101-2

Parmi les objectifs du projet technique "pesage en marche" figurait la mise au point et la mise sur le marché d'une nouvelle station performante, économiquement compétitive, intégrant les progrès récents de l'électronique et de l'informatique. La station développée par ECM selon un cahier des charges reprenant les besoins des programmes SAFT (Analyse Fine du Trafic pour les besoins des ouvrages d'art et des chaussées) et SATL (Analyse du Trafic Lourd pour les besoins du suivi statistique des charges sur réseau national) compte une carte principale pilotant l'acquisition et le traitement des données, et une carte par voie de circulation gérant les capteurs piézo-électriques et les boucles magnétiques. Chaque détecteur et l'Unité Centrale, qui horodate tous les événements, sont pilotés par des microprocesseurs. La station peut gérer 8 voies de circulation. Le calcul des poids est réalisé par intégration du signal, correction en fonction de la vitesse, contrôle automatique du gain, étalonnage automatique permanent et filtrage numérique, et cela, capteur par capteur. Les données peuvent être enregistrées véhicule par véhicule sur ROM ou sur disque dur ou sous forme d'histogramme sur ROM dans la version SATL. La station peut être initialisée par un micro-ordinateur portable ; elle peut être pilotée à distance. Des tests ont été réalisés en 1990 et 1991. A partir de ceux-ci diverses améliorations ont été apportées par ECM ou sont en cours. Des progrès sont escomptés par l'introduction d'une nouvelle technique de traitement et l'amélioration de la pose de capteurs. La possibilité de faire du pesage multi-capteurs ouvre également des perspectives pour les applications demandant un écart faible entre le poids statique et dynamique. Il est en outre prévu de tenir compte de la structure de la chaussée.

LE NOUVEAU PARKING INTELLIGENT (NACE EL PARKING INTELIGENTE.)

GARCIA-D (INTEL BRICK, S. A.)

EQUIP SERV MUNICIPAL PUBL. 1992/05/06. (46) pp39-40

MADRID, 28020, ESPAGNE

On commente ici le recours à des systèmes informatiques pour contrôler les parkings. Au moyen d'un processus de saisie de données, d'élaboration de solutions et d'exécution de celles-ci, il devient possible de contrôler les frais du parking en ayant fixé au préalable les sommes à dépenser. Ces systèmes permettent également un contrôle intelligent des places, des capteurs indiquant le degré d'occupation du parking, et d'informer les usagers au moyen d'un mécanisme de signalisation.

CCATS: IMAGE PROCESSING-BASED TRAFFIC SENSOR

LEMAIRE-F (DEVLOINCS CONTROL)

INTEGRATED EUROPE 1992. 1992. pp187,189

STERLING PUBLICATIONS LTD, 86-88 EDGEWARE ROAD, LONDON, W2 2YW, UNITED
KINGDOM

The method of operation of a CCATS (camera and computer-aided traffic sensor) system is outlined. CCATS is based on an image window approach in which conventional traffic parameters are derived for a maximum of three separate lanes. The sensor has the intelligence to detect definable traffic situations based on the programmable combinations of all the measured parameters and is able to

control variable message signs. Applications of CCATS are described and include statistical data collection, automatic queue detection, automatic incident detection and a traffic monitoring extension for CCTV surveillance systems. In the development of CCATS the involvement of the potential user has been particularly important in design. An evaluation of cost benefits in Belgium has proved favorable. For the covering abstract of the conference see

NOUVELLES TECHNOLOGIES POUR ROUTES INTELLIGENTES (NUEVAS TECNOLOGIAS PARA CARRETERAS INTELIGENTES.)

RODRIGUEZ-JI

TRAFICO. 1992/04. (76) pp8-13 - MADRID, 28027, ESPAGNE

On décrit les systèmes intelligents d'assistance aux conducteurs mis en place sur les routes de Madrid, Seville et Barcelone à l'occasion des événements de 1992. On analyse les trois phases du système: saisie des données, traitement de celles-ci et offre de solutions. Pour la première, on commente l'utilisation de cameras fixes et de capteurs magnétiques pour obtenir l'information et la façon dont elle est transmise aux centres de contrôle par fibre optique. En ce qui concerne les deux autres, on donne les solutions aux problèmes de trafic au moyen de programmes informatiques et on indique la façon dont l'information est communiquée aux conducteurs sur des panneaux de signalisation. On mentionne également un système d'aide aux conducteurs par l'analyse des conditions météorologiques.

DEVELOPMENT OF LOW COST PIEZOELECTRIC FILM WIM SYSTEM. FINAL REPORT.

Cunagin-WD; Majdi-SO; Yeom-HY

Texas Transportation Institute, Texas A&M University, College Station, TX, 77843, USA; Texas Department of Transportation, Transportation Planning Division, P.O. Box 5051, Austin, TX, 78763, USA

Report Number: TX-93/1220-1F; Report Number: Res Rept 1220-1F; Report Number: TTI: 2-10-88/1220; Contract/Grant Number: Study 2-10-88-1220

Truck weight data are required for pavement bridge design, truck size and weight enforcement, and the development of administrative policy and legislation. The efficient collection and analysis of these data require that truck weighing-in-motion (WIM) equipment be used. Lower cost WIM systems are necessary for use in meeting the needs of national and state agencies. Several technologies have been investigated and used for lower cost WIM systems. Inexpensive, accurate, and reliable traffic sensors for weighing trucks, and detecting the presence of vehicles, as well as their axles, have been shown to be useful in previous research. One of these, piezoelectric (piezo) cable, was investigated in a research effort jointly sponsored by the States of Iowa and Minnesota and the Federal Highway Administration, and in other work in the State of Washington and several European countries. A new piezo technology, which uses piezo film rather than the ceramic powder form employed in the piezo cable, was used in this study. This study was conducted to evaluate piezo film WIM sensor technologies, produce an electronic data collection unit, and integrate the different assemblies with appropriate software to produce a low cost piezoelectric film WIM system. This work has been successfully completed.

PESAGE DES ESSIEUX EN MARCHE AU MOYEN DE FIBRES OPTIQUES

BROUARD-D (SOCIETE ALCATEL CABLE); CAUSSIGNAC-J-M (LABORATOIRE CENTRAL DES PONTS ET CHAUSSÉES); SIFFERT-M (CENTRE COORDONNATEUR DE TRAPPES)

REVUE GENERALE DES ROUTES ET DES AERODROMES. 1991/12. (691) pp20-1 (1 Refs.)

Une des premières causes de dégradation des chaussées est le trafic en raison des charges supportées. Afin d'évaluer ces charges, le Laboratoire Central des Pont et Chaussées, le CCT Trappes et la société Alcatel ont développé un système reposant sur une métrologie à fibres optiques monomodes utilisant largement les techniques opto-électriques innovantes. Un capteur est collé dans la chaussée et inclinée à 70 degrés par rapport à l'axe de la route. Le capteur de pesage à fibres optiques, pour enregistrer les données, transforme un signal analogique lié à une charge en un signal fréquentiel plus souple à véhiculer et à exploiter.

MESURE DU TRAFIC EN MILIEU URBAIN PAR ANALYSE D'IMAGES

LIU-JUANZHI (INRETS)

RAPPORT DE RECHERCHE INRETS 1991/09. (N1) 68P

Avec l'accroissement du nombre d'automobiles, des systèmes de régulation du trafic sont élaborés. Les enjeux sont d'améliorer la sécurité et de diminuer les temps de parcours par un agencement approprié des périodes de vert, orange et rouge. Ces systèmes nécessitent la mesure sur le terrain des variables caractérisant l'état du trafic telles que les longueurs de files d'attente, les vitesses, les débits etc. De nombreux types de capteurs permettent la mesure de certaines de ces variables : les principaux capteurs d'emploi courant sont les boucles électromagnétiques, les compteurs à tuyaux pneumatiques, les radars et les dispositifs à ultrasons.

SURVEILLANCE AUTOMATIQUE DU TRAFIC AVEC ATM 240 PAR RTI/IVHS (AUTOMATIC TRAFFIC MONITORING WITH ATM 240 FOR RTI/IVHS.)

WALLIN-K (SENSOR TEKNIK AB, SWEDEN); KAHN-M (SENSYS TRAFFIC UK LTD, UK)
24EME CONGRES INTERNATIONAL ISATA, FLORENCE, (ITALIE), 20-24 MAI 1991. 1991. pp749-56

La surveillance du trafic a été établie utilisant des câbles piézo-électriques et des capteurs (loops) dans la chaussée. Ces capteurs ne fournissent pas en temps réel d'indication précise sur la densité du trafic ou la situation du trafic. Le problème a été superficiellement traité, utilisant une caméra vidéo. L'information obtenue est à sens unique plutôt qu'à double sens. Le ATM 240 remplace non seulement les capteurs sur les routes mais fournit aussi des données de temps réel au centre directionnel du trafic, communiquant: la vitesse; la vitesse moyenne sur voie; le calcul du nombre de véhicules dans le trafic; la classification: la longueur du véhicule; le sens; la distance entre véhicules. L'ATM 240 peut être utilisé en liaison avec la caméra vidéo. Plusieurs appareils ATM 240 reliés en tandem peuvent être utilisés pour détection sur vaste espace.

CAPTEURS A TRAITEMENT D'IMAGE POUR LA CARACTERISATION DE COMPORTEMENT DU CONDUCTEUR. (IMAGE PROCESSING SENSORS FOR DRIVER BEHAVIOUR CHARACTERIZATION.)

DE-MIGUEL-P, PASTOR-L, RODRIGUEZ-A (UNIVERSIDAD POLITECNICA DE MADRID)
24EME CONGRES INTERNATIONAL ISATA, FLORENCE, (ITALIE), 20-24 MAI 1991. 1991. pp719-23 (9 Refs.)

Cet exposé traite de deux capteurs basés sur la technique de traitement d'image dans le cadre du projet ARGOS; un système conçu pour l'enregistrement et l'analyse du comportement du conducteur, soumis aux conditions d'une route véritable. Saiddl, le premier capteur mesure la position latérale du véhicule sur route, mesurant sa distance jusqu'au bord de la route. Saismi, le second capteur détermine le point de mire de l'œil du conducteur, calculant la position de la pupille dans l'œil du conducteur et sa mise en rapport avec la scène captée par une caméra fixée sur son casque. Les difficultés majeures des deux capteurs proviennent de la variabilité de l'image inhérente aux scènes extérieures, incontrôlées. Différents contrastes de niveaux dus aux brusques changements d'éclairages, aux ombres à la présence de boue, aux conditions des différentes couleurs, etc. Affectent grandement un mesurage de fiabilité, requis pour des algorithmes bien constitués.

DETECTEUR D'ESSIEUX POUR INSTALLATION EN SURFACE DE CHAUSSÉE A PLUSIEURS VOIES.

BAILLEUL-G; COVILLE-P

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION. 1991/09/25. (2 681 698) 20P

INSTITUT NATIONAL DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE, RUE DE SAINT PETERSBOURG, 26, PARIS, F-75008, FRANCE

Demande de brevet d'invention déposée le 25.09.91 par Thermocoax société anonyme française. Détecteur d'essieux pour installation en surface d'une chaussée à plusieurs voies, incluant au moins un câble coaxial piézo-électrique comprenant un conducteur central, une gaine métallique et un matériau de remplissage entre la gaine et le conducteur, caractérise en ce que le câble coaxial piézo-électrique a au moins une région dite active ou le matériau de remplissage est piézo-électrique, et a au moins une région adjacente dite neutre ou le matériau de remplissage n'est ni piézo-électrique ni

potentiellement piézo-électrique. Application : comptage des véhicules sur autoroutes à voies multiples.

VEHICLE CENSUS: NEW MEANS OF SOLVING AN OLD PROBLEM. (CENSIMENTO DEI VEICOLI: NUOVI MEZZI PER RISOLVERE UN PROBLEMA ANTICO.)

FIGURE-G (ANAS, TORINO)

STRADE, LE. 1991/07/08. 93(1277) pp807-21

CASA EDITRICE LA FIACCOLA, VIA CARLO RAVIZZA 62, MILANO, I-20149, ITALIE

This article reports on a one year experiment in the implementation of a magnetic induction loop traffic detector system. A detailed description is given of the equipment (loops, detector, feeder) and technical principles of the system, and various configurations of installation are illustrated. The campaign is designed to bring Italy in line with the other EEC countries where the system is in much wider use. One of its advantages is that, amongst others, it measures the parameters required by traffic engineers of a very cost efficient ratio. Other traffic sensors described and illustrated include: the pneumatic tube, metal strip, and cable systems (capacitor, piezo-resistive, piezoelectric).

JOURNÉE NATIONALE DE PRESENTATION DU PROJET "PESAGE EN MARCHÉ", PARIS 18 SEPTEMBRE 1991.

JACOB-B et ass

LABORATOIRE CENTRAL DES PONTS ET CHAUSSÉES, BOULEVARD LEFEBVRE, 58, PARIS CEDEX 15, F-75732, FRANCE /1991

Cette journée organisée par le LCPC, le réseau des LPC et le CETE de l'Est, après la présentation générale du Projet qui a permis d'associer les utilisateurs et les fabricants aux chercheurs et aux techniciens des services techniques du Ministère, a été consacrée aux thèmes suivants : A - Recensement des besoins des utilisateurs –B - Réalisation de la nouvelle station de pesage HESTIA – C - Amélioration de la technique de pesage par capteurs piézo-électriques –D - Pesage multi-capteurs –E - Nouveaux capteurs à fibres optiques. Le dossier contient : Le compte-rendu de la journée, les actes de la Journée, le compte-rendu d'activité du projet 1989-1990, deux notes d'information du SETRA : numéro 42: SATL ou la surveillance automatique du trafic lourd, numéro 65: SATL : Résultats et perspectives.

ETUDE D'INDICATEURS DE CIRCULATION EN MILIEU URBAIN : EXPLOITATION DES DONNÉES FOURNIES PAR LES CAPTEURS A BOUCLE ELECTROMAGNETIQUE.

LESORT-J-B (INRETS)

RAPPORT INRETS. 1991/06. (142) 36P (4 Refs.)

La connaissance aussi précise que possible des conditions d'écoulement de la circulation dans un réseau urbain est l'une des préoccupations constantes des exploitants de ces réseaux. Les instruments de mesure existant actuellement, et singulièrement le capteur à boucle électromagnétique qui est le plus répandu d'entre eux, ne permettent de recueillir qu'un nombre limité d'informations, et celles-ci présentent l'inconvénient majeur être ponctuelles. Etude présentée ici s'est attachée à prendre la mesure de ce qu'il était possible de retirer des mesures fournies par ce type de capteur, à qualifier la valeur de l'information recueillie, ainsi qu'à rechercher les conditions optimales d'utilisation. La position des points de mesure par rapport aux lignes de feux a ainsi été particulièrement examinée, ainsi que le cas des rues multivoies. Une application a également été faite d'un indicateur agrégé donnant, à partir de mesures de débits et de taux d'occupation en différents points d'un réseau, une valeur de vitesse moyenne sur ce réseau. Ceci a permis de mettre en évidence l'intérêt et les limites de cet indicateur. (A).

VIABILITE HIVERNALE - DETECTION DE VERGLAS - SYSTÈME GFS 2000

MARC-J-L (SODIREL)

REVUE GENERALE DES ROUTES ET DES AERODROMES. 1990/06. (675) pp30-3

Dans cet article l'auteur décrit le fonctionnement de l'organisation d'un système d'aide à la décision en matière de viabilité hivernale: capteur qui tient compte de la rémanence des fondants sur la chaussée et des phénomènes atmosphériques, stations de mesure qui permettent d'obtenir une

empreinte thermique des emplacements des capteurs, présentation des informations sous forme d'affichage graphique sur écran couleur. Quelques expériences sont présentées.

VIABILITE HIVERNALE - SYSTÈMES D'AIDE A LA DÉCISION POUR LA VIABILITE HIVERNALE.

REVUE GENERALE DES ROUTES ET DES AERODROMES. 1990/06. (675) pp17-23

Cet article fait le compte rendu de la journée technique organisée le 31 janvier 1990 à Metz par le Centre d'Etudes Techniques de l'Équipement de l'Est. Il comprend quatre exposés sur les systèmes d'aide à la décision pour la viabilité hivernale (efficacité et fiabilité des systèmes, organisation à mettre en œuvre pour exploiter au mieux les nouvelles technologies); le système expert Vahine et le programme européen Drive; la présentation de cinq systèmes: système de détection du verglas, système de surveillance de l'état des routes, détection prévisionnelle du verglas, système en temps réel de gestion et de surveillance de l'état des chaussées et des conditions météorologiques, système de prévision des conditions de surface des routes et autoroutes; un exposé sur l'aide apportée par la Météorologie nationale aux gestionnaires routiers; une table ronde, avec la participation de responsables de services exploitant des systèmes d'aide à la décision, suivie des conclusions de la journée.

GESTION DU TRAFIC ROUTIER - RÉGULATION DU TRAFIC URBAIN BOILLOT-F (INRETS)

REVUE GENERALE DES ROUTES ET DES AERODROMES. 1990/05. (674) pp20-2 (6 Refs.)

Pour les enjeux socio-économiques qu'elle représente, la régulation de la circulation en ville par le réglage des feux de signalisation constitue un champ d'activité important. Les caractéristiques de la régulation actuelle, fondée principalement sur une programmation fixe des feux, sont décrites dans cet article. Mais des méthodes plus sophistiquées qui utilisent des mesures faites en permanence, commencent à être mises en place permettant des actions en temps réel. Enfin de nouvelles perspectives qui voient le jour actuellement grâce au développement des moyens techniques et informatiques, notamment en matière de recueil de données, sont évoquées.

GESTION DU TRAFIC ROUTIER - LE TRAFIC ROUTIER ET SA MESURE ESPIE-S (INRETS); LENOIR-F (INRETS)

REVUE GENERALE DES ROUTES ET DES AERODROMES. 1990/05. (674) pp17-20

La sophistication des systèmes de régulation et de surveillance du trafic routier, aussi bien sur route qu'en ville, nécessite des systèmes de mesure plus nombreux et plus performants. Les auteurs s'attachent à décrire dans cet article différents aspects de systèmes classiquement utilisés ou en préparation. On ne peut parler de mesure du trafic routier sans évoquer les méthodes utilisées en exploitation: les boucles et les tubes pneumatiques. Ces outils classiques sont en général connus et sont décrits pour mémoire. Deux autres moyens de mesure sont ensuite présentés avec plus de détails: une méthode éprouvée mais inutilisée en France, les capteurs à ultrasons, et une technique d'avant-garde qui commence à donner des résultats, l'analyse d'images. Une approche totalement différente, la mesure du trafic routier par les véhicules eux-mêmes, est finalement évoquée au travers de projets et d'expériences européennes.

UN SYSTÈME D'AIDE A LA DÉCISION EN MATIÈRE DE VIABILITE HIVERNALE. FABRE-P (SAPRR)

REVUE GENERALE DES ROUTES ET DES AERODROMES. 1990/01. (670) pp85-91

Depuis 1983, la Société des autoroutes Paris - Rhin - Rhône développe un système de recueil, d'analyse et de diffusion de l'information appelé REGA. Pour tous les événements liés à la météorologie, nous avons cherché et testé simultanément plusieurs machines en vraie grandeur. Pour mieux appréhender la formation du verglas, pour mieux connaître l'événement météorologique, pour pouvoir agir rapidement, pour s'informer en interne et à l'extérieur, sur les niveaux de service offerts, la SAPRR a équipé A 31 et A 26 de douze stations VAISALA. L'architecture réalisée permet à chaque district de connaître en temps réel son réseau et le reste de l'itinéraire comme pour le PC central. Ce système est une aide à la décision puis un suivi de la viabilité hivernale. Il donne la

possibilité d'assister scientifiquement les hommes et les femmes chargés de la sécurité et du confort de nos clients.

GRANDEURS ET SERVITUDES DE "PATRICIA" (PROCEDE D'ANALYSE DU TRAFIC ROUTIER ET URBAIN A L'AIDE D'IMAGES PAR CAMERA ET INFORMATIQUE ASSOCIEES) OU LA "VISIONIQUE" APPLIQUEE AU TRAFIC ROUTIER ET URBAIN - BIBLIOGRAPHIQUE CRITIQUE.

BRIQUET-P (LCPC)

RAPPORT DE RECHERCHE LPC. 1990/12. (156) 99P (44 Refs.)

Le but du rapport est d'exposer l'état de l'art en matière d'imagerie vidéo appliquée au trafic en fonction des grands domaines d'application. Une vingtaine de procédés sont apparus depuis 10 ans sur le sujet. Le rapport en fait l'analyse critique. Il apparaît : - que les capteurs (cameras CCD) sont devenus assez performants de jour mais sont limités de nuit (dynamique, éblouissement, ...); - que les modèles et algorithmes de traitement sont souvent originaux et élaborés (morphologie mathématique, cinématique, perspective, ...) mais sont souvent pénalisés par la relative "lenteur" ou la limitation en mémoire de l'électronique associée. Certains sacrifient la vitesse de calcul au profit de la quantité et de la qualité des informations : ils travaillent alors en différé, avec des magnétoscopes et des micro-ordinateurs. Pour accéder à la notion de temps réel, les concepteurs sont souvent conduits à ne travailler que sur des "fenêtres" de l'image (positionnées en des points "névralgiques") en prenant en compte des notions d'éclairage ambiant, de voisinage des pixels, ... La complexité des calculs conduit alors souvent à utiliser des cartes dédiées spécifiques à microprocesseur travaillant en parallèle pour "boucler" le temps de calcul total d'une image compatible avec les standards vidéo (ex 1/25 s au /50 s). Si beaucoup de matériels en sont encore au stade de prototypes avancés, limités par la technologie, il existe quelques systèmes opérationnels (dont le TSC 60 japonais, le VVD australien et le CCATS belge) dans le monde. Bien qu'encore imparfaits aujourd'hui, ils montrent que le traitement d'images par camera vidéo est une alternative sérieuse (au niveau de l'absence de génie civil, du coût, des paramètres, des applications) aux matériels traditionnels. Ces techniques de T.I. peuvent également être utilisées dans des cas très particuliers (détection d'obstacles à un carrefour, télépéage, ...) ou d'autres systèmes seraient inopérants. Enfin, outre la définition de nouveaux paramètres de trafic, des annexes au rapport fournissent des précisions pratiques: positionnement de la camera par rapport à la scène (fixe ou mobile), point technique sur les cameras CCD (technologie, précautions), glossaire franco-anglais sur les termes utilisables en ingénierie du trafic

TRAFFIC CONTROL MANAGEMENT IN TUNNELS BASED ON IMAGE PROCESSING TECHNOLOGIES.

VANDEBOSSCHE (MINISTERIE VAN OPENBARE WERKEN, BEE, BELGIUM); CYPERS-L (VLAAMS MINVAN OPENBARE WERKEN, EN VERKEER, BELGIUM); LEMAIRE-F (DELVONICS CONTROL NV, KORTRIJK, BELGIUM)

OECD SEMINAR ON ROAD TUNNEL MANAGEMENT ORGANIZED BY THE SWISS FEDERAL HIGHWAYS OFFICE, HELD IN LUGANO, SWITZERLAND, NOVEMBER 26-29, 1990. 1990. pp506-1

OFFICE CENTRAL FEDERAL DES IMPRIMES ET DU MATERIEL, BERNE, CH-3003, SWITZERLAND

For many years traffic and road tunnels analyses have been based on information provided by conventional road sensors, embedded in the tunnel road surface or temporarily placed on top of it, together with the use of closed circuit television (CCTV). The increase traffic volumes in Europe makes installation or replacement of these vulnerable sensors difficult. Severe traffic congestion's and dangerous operator conditions occur when cutting down traffic lanes for these operations. Especially in tunnels, there is a higher incident risk. Extended camera surveillance systems proved to be very useful to police authorities to survey tunnel exits, entrances and incident sites. However, the tunnel management with CCTV installations is manual operation and needs technological improvements to enable fast, reliable and user friendly automatic support of the tunnel operators. This contribution describes the versatility and the on-site experiences gained from newly developed image processing based camera equipment. These experiences are based on information gained from installation of CCATS (Camera and Computer Aided Traffic Sensor) equipment on road networks in Belgium since

1986. Further new research and development is going on within the European DRIVE program. The paper shows examples of real time image control of these various traffic situations and the real time analysis of the measurements through interactive software programs.

DEVELOPPEMENT D'UN EQUIPEMENT DE PREDICTION DU VERGLAS EN SURFACE.
(DESARROLLO DE UN EQUIPO PARA LA PREDICCION DE HIELO EN SUPERFICIES.)

DIAZ-CARRIL-R (EUITI, GIJON); PRIETO-GARCIA-JI (EUITI, GIJON)

EQUIPAMIENTO Y SERVICIOS MUNICIPALES. 1990/07/08. (35) pp49-53

PUBLITECA, S.A., DEL PENSAMIENTO, 16-18, MADRID, 28020, ESPAGNE

On passe en revue les facteurs climatologiques, la nature des sols, leur degré de salissure, l'origine du verglas, etc., et on développe un algorithme mathématique capable de prédire la formation possible de verglas. On décrit les équipements de base de prises de mesures et la façon de fabriquer un équipement capable d'effectuer la prédiction de façon automatique. Enfin, on insiste sur les emplacements de la route où le contrôle doit être effectué et les possibilités d'avenir d'une étude plus complète.

ATHENA: UNE METHODE DE PREVISION A COURT TERME DU TRAFIC AUTOROUTIER.

DANECH-PAJOUH-M (INRETS); ARON-M (INRETS)

RECHERCHE TRANSPORTS SECURITE. 1990/12. (28) pp11-6 (3 Refs.)

L'exploitation de la route suppose des moyens d'observation, d'analyse et d'anticipation du trafic. C'est ce dernier point qui fait l'objet de cet article. Les moyens d'observation (capteurs routiers) existent et se développent depuis plusieurs années; on peut citer les systèmes SNRD, REGA et MISTRAL. Les auteurs présentent ici un nouveau modèle de prévision, fondé sur la connaissance du passé et la compréhension du présent en relation avec le passé. C'est une démarche semblable à celle des exploitants mais s'y ajoutent l'artifice mathématique, la rapidité et la mémoire de l'ordinateur. Cette méthode comprend trois étapes: l'observation (et l'analyse) des données historiques, la modélisation, enfin la prévision proprement dite. L'objectif initial que l'on s'était fixé, rester en deçà d'un seuil de 10% d'erreur avec un critère quadratique, est atteint sur l'ensemble des jours de juillet - août 1989, sauf en cas d'incident important ou de contrôle d'accès.

LES CAPTEURS VIDEO DU TRAFIC: LES PRINCIPALES REALISATIONS.

ABDELAZIZ-M (ECOLE POLYTECHNIQUE DE MONTREAL); BAASS-GK (ECOLE POLYTECHNIQUE DE MONTREAL)

ROUTES ET TRANSPORTS. 1990/04/05/06. 20(2) pp12-24 (13 Refs.)

MONTREAL, QUEBEC, CANADA

La méthode d'analyse des images obtenues par une camera vidéo devient de plus en plus populaire dans le domaine de la circulation. Cette méthode permet d'obtenir des données de circulation très variées et à caractère continu et ceci de manière automatique. L'impact de l'introduction de cette nouvelle technologie devrait se faire sentir dans les trois domaines de la gestion du trafic que sont les mesures, la surveillance et la régulation de la circulation. Les capteurs sont constitués d'une camera pour la saisie de l'image qui est couplée à un ordinateur par un système de conversion analogique - numérique, pour le traitement et l'analyse des images et d'une interface connecte aux systèmes de contrôle du trafic, pour commander par exemple, les feux à un carrefour. Les problèmes liés à la conception d'un tel capteur, se posent à trois niveaux. Ce sont les problèmes liés à la saisie des images, dus à l'exposition de la camera aux effets climatiques adverses, les problèmes liés aux quantités considérables d'informations à traiter, et les problèmes liés aux difficultés de traitement et d'analyse des images en ce qui concerne la précision des résultats et la rapidité d'exécution des algorithmes. Dans le présent article, on exposera les principes des capteurs vidéo appliqués au trafic, ainsi que l'état de la recherche dans le domaine.(a).

CCATS: THE IMAGE PROCESSING-BASED TRAFFIC SENSOR.

AU: CYPERS-L (MINISTRY OF PUBLIC WORKS, BELGIUM); KOLACNY-G (MINISTRY OF PUBLIC WORKS, BELGIUM); PONCELET-JM (MINISTRY OF PUBLIC WORKS, BELGIUM); VERVENNE-P (BELGIUM ROAD RESEARCH CENTRE); LEMAIRE-F (DEVLONICS CONTROL); DE-JAEGERE-F (DEVLONICS CONTROL)

TRAFFIC ENGINEERING AND CONTROL. 1990/06. 31(6) pp371-5,378 (9 Refs.)

The different applications for commercially available Camera and Computer Aided Traffic Sensor (CCATS) system are discussed. Results from evaluation tests carried out by Belgian authorities are also given. The technology is based on video signal processing, image processing and enhanced high-speed processing to provide individual vehicle information: direction, number, detection time, speed and length classification of the traffic scene. Results, stored in a local database, can be processed on site or at a central unit. The sensor itself has intelligence to detect traffic situations and can activate variable message signs. Comparisons with inductive loop based counting has proved the reliability of the image processing technique. The method has been used to analyse videotapes to provide statistical data. Automatic queue detection can be carried out by the simultaneous comparison of common traffic parameters and automatic incident detection is possible by the instantaneous comparison of different parameters and the results from centralised sensors. It is possible for a sensor to detect which TV camera is viewing an abnormal traffic scene permitting an improved survey of the site.

LA MESURE DES TEMPS DE PARCOURS EN TEMPS RÉEL. (MEASURING TRAVELLING TIME IN REAL TIME.) (DIE FAHRZEITMESSUNG IN ECHTZEIT.)

ORSELLI-J (SERT, PARIS)

TEC TRANSPORT ENVIRONNEMENT CIRCULATION. 1990/04. (N.98-99) P7-16 (ILLUS., GRAPH.)

La connaissance des temps de parcours (inverse des vitesses moyennes) est une nécessité accrue avec le développement des systèmes d'information des usagers. La mesure des temps de parcours devra être automatique, en temps réel et aussi peu coûteuse que possible. L'article examine les différents systèmes de mesure des temps de parcours, bien plus nombreux qu'on ne les présente habituellement. La mode actuelle des systèmes automatisant la méthode du "véhicule flottant" ne doit pas faire négliger les possibilités des systèmes de reconnaissance des véhicules, des capteurs vidéo et des capteurs classiques, à boucle magnétique notamment.

DES CAPTEURS POUR CONTRER NEIGE ET VERGLAS.

LE-ROUX-M

MONITEUR DES TRAVAUX PUBLICS ET DU BATIMENT, LE. 1989/03/17. (4451) pp93-5

L'auteur présente l'équipement installé sur l'A72, autoroute de moyenne montagne, pour assurer la viabilité hivernale : dix points de mesure, une unité centrale de traitement et des micro ordinateurs périphériques installés chacun dans des PC opérationnels. Les points de mesure sont de véritables mini stations météorologiques qui peuvent mesurer la température au sol et détecter la présence d'humidité, de givre, d'eau, de verglas ou de neige, pronostiquer et évaluer la possibilité de formation de verglas, mesurer la température du point de congélation et de la solution épandue sur la chaussée, mesurer la température de l'air et détecter des précipitations. Les informations traitées et acheminées vers les micro-ordinateurs permettent de juger de l'état des routes et de son évolution probable et constituent une véritable aide à la décision.

SYSTÈME DE PESAGE DYNAMIQUE POUR L'ETUDE DU TRAFIC DES VEHICULES LOURDS. (SISTEMA DE PESAJE DINAMICO PARA EL ESTUDIO DEL TRAFICO DE VEHICULOS PESADOS.)

CRESPO-DEL-RIO-R (CEDEX); GOMEZ-FERNANDEZ-J; ISIDORO-CRUZ-A
INGENIERIA CIVIL. 1989/07/08/09. (71) pp5-22 - MADRID, 28014, ESPAGNE

On décrit la méthode de pesage des véhicules lourds au moyen de la technique du pesage dynamique. La première partie décrit l'équipement de pesage dynamique utilisé, qui se compose de capteurs et d'appareils de recueil de données. Parmi les données recueillies figurent la vitesse du véhicule, son poids total et celui de chaque essieu, sa longueur, la distance entre les essieux et une série d'autres éléments. Le système de bascules dynamiques portatives présente plusieurs avantages: montage et démontage simplifiés, non détection par le trafic et absence de détérioration du revêtement, auxquels s'ajoute la possibilité d'un traitement informatique des données. La deuxième partie présente des études réalisées afin de connaître les caractéristiques du trafic lourd sur les principales routes d'Espagne. On souligne l'importance de disposer de ces données pour en tenir compte dans le projet, la construction et le maintien de la chaussée à un niveau de service optimum.

TRAITEMENT D'IMAGE APPLIQUE A LA MESURE DU TRAFIC: LE SYSTEME TITAN.

BLOSSEVILLE-JM (INRETS); LENOIR-F (INRETS); BEUCHER-S (CMM)

TEC (TRANSPORT, ENVIRONNEMENT, CIRCULATION). 1989. (94) pp17-25

L'image d'une scène de trafic routier est un excellent support d'information. La richesse de l'information recueillie par une camera permet a priori de n'exclure aucun des principaux domaines de la gestion du trafic que sont les mesures, la surveillance et la régulation. De plus, la possibilité de repérer des véhicules sur une plus grande longueur de voie par rapport aux capteurs classiques, autorise l'accès direct à des variables actuellement impossibles a mesurer. Enfin, il est facile d'envisager des systèmes portables ne nécessitant pas de travaux de génie civil. Les difficultés sont liées aux déformations dues à la perspective, à la variabilité des conditions d'éclairément et à la nécessité d'utiliser des procédés très rapides. L'originalité de l'approche présentée dans cet article consiste surtout a traiter des scènes de trafic très étendues de façon à proposer des mesures véritablement spatiales.

PROJET POUR UN SYSTEME DE STATIONS D'ANALYSE DE TRAFIC : STATION EXPERIMENTALE A CAPTEURS PIEZO-ELECTRIQUES.

DAVID-J (MINISTERE DES TRANSPORTS (QUEBEC))

ROUTES ET TRANSPORTS. 1989/07/08/09. 19(3) pp23-9

PB: ASSOCIATION QUEBECOISE DU TRANSPORT ET DES ROUTES, 6455 CHRISTOPHE-COLOMB, BUREAU 300, MONTREAL, QUEBEC, H2S 2G5, CANADA

Le système propose se composerait d'un ensemble de stations dont le nombre, la localisation et le type seraient planifiés pour être représentatifs du réseau routier et pour obtenir le degré de précision requis pour chacune des variables visées, et cela, en vue d'atteindre les principaux objectifs suivants: Avoir un système intégré d'informations permettant de faire des estimations les plus précises possibles pour des éléments de notre réseau. Avoir un système intégré d'informations permettant de faire des estimations avec un degré de précision connue sur des sous-ensembles ou l'ensemble du réseau routier. Avoir un système d'informations permettant de relever de façon systématique et automatisée certaines variables relatives aux véhicules et d'intégrer, sur une base échantillonnable, des variables plus particulières. Déterminer les facteurs d'exposition au risque pour chacune des catégories d'utilisateurs du réseau routier. De nouvelles technologies sont maintenant disponibles, permettant des collectes d'informations diversifiées et pouvant être intégrées facilement. Les problèmes à solutionner sont encore importants; c'est pourquoi, l'apport d'une station expérimentale est nécessaire. (A).

AUTOMATIC TRAFFIC DETECTION WITH VIDEO CAMERAS: CAMERA AND COMPUTER AIDED TRAFFIC SENSOR. (AUTOMATISCHE VERKEERSDETECTIE MET VIDEO CAMERAS: CAMERA AND COMPUTER AIDED TRAFFIC SENSOR.)

AU: LEMAIRE-F (DEVLONICS CONTROL NV, KORTRIJK BELGIUM)

CROW PUBLIKATIE 23 (VERKEERSKUNDIGE WERKDAGEN 1989). 1989/05. pp51-66

STICHTING CROW, PO BOX 37, EDE, 6710 BA, NETHERLANDS

Devlonics control nv has developed, in co-operation with the Belgian government and the university of leuven (louvain), an advanced technology traffic detection, measurement and control sensor system known as ccats (camera and computer aided traffic sensor). Ccats uses video camera sensors coupled to electronic units that undertake image processing in the numeric mode. Ccats units are now going into general operational service in Europe following successful use in Belgium. The system is believed to be the most advanced of its kind for the provision of complete and accurate data on road traffic conditions and for effecting automatic traffic control. Particularly significant in the development has been the software means to differentiate between wanted data from video images of moving vehicles and unwanted information from moving shadows, rain, hail and snow. The development of the necessary hardware for reliable operation of the sophisticated video and microprocessor electronics in difficult outdoor conditions is also highlighted.

CAMERA AND COMPUTER AIDED TRAFFIC SENSOR.

VERSAVEL-J (DELVONICS NV, BELGIUM); LEMAIRE-F (DELVONICS NV, BELGIUM); VAN-DER-STEDE-D (DELVONICS NV, BELGIUM)

SECOND INTERNATIONAL CONFERENCE ON ROAD TRAFFIC MONITORING. INSTITUTION OF ELECTRICAL ENGINEERS, SAVOY PLACE, LONDON, WC2 1QR, 1989. pp66-70

Delvonics Control Nv has developed, in co-operation with the Belgian government and Leuven University, an advanced technology road traffic detection, measurement and control system known as CCATS. (Camera and computer aided traffic sensor.) CCATS uses video camera sensors coupled to electronic units that undertake image signal processing in numeric mode. CCATS units are now going into operational service in Europe. Details of CCATS traffic parameter specification and method of data collection are provided, as are methods used to calibrate the system. Particularly significant in CCATS development has been the software means to differentiate between wanted data from video images of moving vehicles and unwanted information from moving shadows, reflections, rain, hail, snow etc. The advantages of the CCATS system over systems using conventional sensors are also enumerated.

DISPOSITIF DE DETECTION DE PASSAGE DE VEHICULES OU PIETONS SUR UNE CHAUSSÉE A FILM PIEZO-ELECTRIQUE OU RESISTIF.
MAEDER-C

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION. 1988/01/12. (2 625 808) 16P

INSTITUT NATIONAL DE LA PROPRIETE INDUSTRIELLE, RUE SAINT PETERSBOURG, 26, PARIS,

Demande de brevet déposée par la société Electronique Contrôle Mesure, le 12 janvier 1988 numéro d'enregistrement 88 00338. La présente invention concerne la réalisation d'un capteur constitué par un ruban de film piézo-électrique métallisé placé dans un profilé souple ; le ruban de film piézo-électrique pouvant être remplacé ou associé avec un ruban de caoutchouc dont la résistance varie avec la pression qui lui est appliquée. Le capteur ainsi constitué peut être collé sur ou dans la chaussée, ou monté mécaniquement. Applications à la détection de passage de véhicules ou piétons, au pesage de véhicule, à la mesure de la largeur d'empreinte de pneumatiques. (A).

CAPTEUR ROUTIER SOUS FORME D'UN TAPIS BOUCLE AMOVIBLE.

LAHARIE-J-C (ETUDES ET SYSTÈMES); LACHIEZE-C (ETUDES ET SYSTÈMES)

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION. 1988/04/28. (2 630 830) 2P

INSTITUT NATIONAL DE LA PROPRIETE INDUSTRIELLE, RUE DE LENINGRAD, 26 BIS, PARIS, F-

Demande de brevet déposée le 28 Avril 1988 sous le numéro de publication 2 630 830 par la société Etudes et Systèmes SARL sous le numéro d'enregistrement 88 05659. Ce dispositif est un capteur routier sous forme d'un tapis boucle électromagnétique amovible, comprenant une boucle électromagnétique, un tapis de moquette routière relié par le retour de boucle à un compteur routier permettant de capter la présence de véhicules dans la circulation routière. Application à l'étude de la composition du trafic. (A).

CONTRIBUTION A L'ETUDE DU COUPLAGE ELASTO-OPTIQUE DANS UNE FIBRE OPTIQUE EN VUE D'UNE APPLICATION CAPTEUR.

BELHADJ-MILED-O (LCPC)

THESE DE DOCTORAT DE L'UNIVERSITE DE PARIS 6, SPECIALITE MECANIQUE - 1988/12/20. 127P (75 Refs.)

On examine finement le comportement d'une fibre optique conditionnée pour la mesure de déformation et de contrainte dans une structure. Le problème direct a été traité à l'aide de différentes modélisations théoriques et expérimentales. Les calculs basés sur l'utilisation des méthodes numériques (éléments finis) ont été validés au moyen d'expériences de laboratoire. Le paramètre physique retenu dans tous les cas est l'atténuation simulée ou mesurée en extrémité de fibre. Les résultats obtenus permettent d'espérer un accès à un état de contraintes moyen (intégré sur la longueur de fibre sensible) par une mesure d'atténuation et donc à un développement de capteurs pour le génie

civil à condition de connaître les lois de comportement des matériaux employés pour le conditionnement de la fibre.

LES PROGRES EN METROLOGIE A FIBRE OPTIQUE.

TARDY-A (LAB MARCOUSSIS)

BULLETIN DE LIAISON DES LABORATOIRES DES PONTS ET CHAUSSÉES. 1988/12. (SPEC XV) pp144-8 (10 Refs.)

Communication présentée aux journées de physique organisées par le laboratoire central des ponts et chaussées - Les Arcs, 14-17 décembre 1987 dans le thème 3: les méthodes d'auscultation et d'imagerie. Les fibres optiques offrent un potentiel vaste et diversifié de solutions de mesurage des diverses grandeurs physiques et paramètres de contrôle. Seules les techniques de détection purement à fibre optique sont ici abordées avec une attention particulière aux capteurs interférométriques et aux capteurs distribués, ces derniers permettant d'avoir une connaissance de la distribution spatiale du mesurande. (a).

MESURES DE L'AGRESSIVITE DU TRAFIC.

DELEURENCE-JC (LR NORD-PAS DE CALAIS)

VOIRIE MAGAZINE. 1988/09. (13) pp25-30

CETE NORD-PICARDIE, RUE DE BRUXELLES, 2 - BP 275, LILLE CEDEX, F-59019, FRANCE

L'auteur montre comment il est possible avec l'apparition des méthodes faisant appel aux câbles piézo-électriques, grâce à une station d'analyse du trafic associée à un dispositif informatique, de définir des spectres de charges dynamiques permettant de déterminer un indice de trafic représentatif de l'agressivité des charges.

74- DISPOSITIF DE PESAGE A CAPTEUR CAPACITIF PELLICULAIRE.

PORTAT-M (ONERA)

BULLETIN OFFICIEL DE LA PROPRIETE INDUSTRIELLE. 1988/01/22. (3) P64

INSTITUT NATIONAL DE LA PROPRIETE INDUSTRIELLE, RUE DE LENINGRAD, 26 BIS, PARIS, F-

Brevet français publié sous le no 2.601.770, déposé le 21 juillet 1986 par l'office national d'études et de recherches aérospatiales. L'invention concerne un dispositif de pesage qui comprend un capteur pelliculaire capacitif relié à une structure mécanique propre à recevoir un corps à peser tout en subissant une déformation élastique sous l'effet du poids de ce corps. Le détecteur capacitif comporte un bloc diélectrique composé de plusieurs feuilles de matériau diélectrique souple, préférablement de KAPTON, collées l'une sur l'autre, de couches minces conductrices sur les deux faces externes d'une feuille centrale du bloc et sur les faces externes des feuilles externes du bloc, ainsi que de films de colle très minces pour le collage des feuilles entre elles. Un tel dispositif permet le pesage "au vol" et peut être appliqué à la détermination du poids d'un véhicule sur une chaussée et de la force d'appui des pneumatiques d'un véhicule. (a*).

EVALUATION DU TRAFIC LOURD ET APPLICATION AU DIMENSIONNEMENT STRUCTUREL DES CHAUSSÉES.

SIFFERT-M (CC TRAPPES); LESCURE-B (SETRA)

BULL. LIAISON LPC- 1988/03-04- p. 73-83

Dans le domaine du dimensionnement et de la gestion du patrimoine routier, il est important de bien connaître le trafic afin de pouvoir adapter l'infrastructure à la composition et à l'évolution de celui-ci. L'évaluation des charges circulant sur les chaussées et les ouvrages d'art s'avère indispensable pour une construction et un entretien rationnels. Les moyens actuels d'évaluation des charges et de l'agressivité du trafic sont généralement lourds et insuffisants. Le câble à céramique piézo-électrique a fait l'objet en France de nombreuses études et mises au point pour en faire un capteur de trafic et plus précisément de charges. Plus économique que les moyens traditionnels et d'un entretien aisé, ce capteur est susceptible d'une large diffusion avec de nombreux domaines d'applications. Une méthode d'évaluation du trafic à partir de l'agressivité réelle des charges, basée sur l'utilisation de ce type de capteurs, permettra sans doute d'améliorer la précision des moyens de calcul des structures de chaussées et la définition des priorités d'entretien. (a). Cet article a fait l'objet d'une communication

au 6e congrès international sur le dimensionnement des chaussées à revêtements hydrocarbonés, ann Arbor, juillet 1987.

REGULATION D'INTERVALLES SUR AUTOROUTE LE SYSTÈME D'ALERTE "AUGMENTEZ VOS DISTANCES".

HADJ-SALEM-H (INRETS); DIEP-D (INRETS); LASSARRE-S (INRETS)

RAPPORT INRETS. 1988/07. (70) 70P (10 Refs.)

Les espacements observés entre véhicules sur les autoroutes urbaines sont souvent dangereusement courts: dans une circulation en file dense, une suite d'intervalles courts engendre des fluctuations instables de l'écoulement, risquant de provoquer des collisions en chaîne. L'expérience développée par L'INRETS a été réalisée sur un site de l'autoroute A6 près de Paris et a visé l'impact de la régulation des intervalles entre véhicules par une information aux usagers à partir d'un équipement au sol. Lorsque deux véhicules se suivent avec un intervalle jugé trop court, un panneau lumineux situé sur un portique délivre un message "augmentez vos distances".

2 Analyse bibliographique

2.1 Généralités

(1)- Les capteurs de trafic routier (SETRA)

Cette brochure, destinée aux exploitants et constructeurs, définit d'abord les principales mesures pouvant intéresser l'exploitation du trafic, puis passe en revue les capteurs existants sur le marché en décrivant le principe et les mesures qu'ils permettent d'assurer. L'un de ses intérêts est de fournir des éléments de coût pour les différents produits présentés. Par contre les performances ne sont pas toujours indiquées. On en retiendra ici quelques coûts (HT):

- tube pneumatique: de 9 à 50 F le mètre suivant le profil
- boucle inductive posée: 3000 F- détecteur double: 2000 F
- capteur piézo-céramique (longueur 3,2m): 6 à 8000 F - détecteur associé: 4500 à 8000 F- pose: 4500 à 6000 F
- radars Doppler: 6000 à 20 000 F - (radars de répression: 40 000 à 60 000F)
- traitement d'image: caméra noir et blanc: <5000F (30 000 F posée)- un analyseur d'image revient de 50 à 70 000 F .

Performances en DAI: taux de détection: 90% (jour et nuit)- 0,3 fausse alarme/jour- temps de détection moyen : 15s

- capteur magnétique: 350 à 1500 F (non posé).

(2) Advanced traffic detection

Cet ouvrage de 247 pages publié en 1995 par Transport Technology Publishing LLC présente un panorama très riche sur les capteurs de trafic et leurs fabricants.

Quelques rappels sur les boucles inductives, qui sont utilisées depuis 1960: elles représentent encore entre 30 et 50% du budget total consacré à la détection et leur coût est modeste :

- 0.2\$/pied de fil
- 100\$ pour un détecteur 2 voies
- 115 \$ la boucle et son détecteur et amplificateur
- mais 1200 \$ en moyenne pour une boucle installée

Le coût total de l'infrastructure de détection implantée dans le monde est actuellement de 3 B\$, répartis ainsi :

Urbain:

Europe	1.72 B\$
Amérique Nord	629.5 M\$
Asie/Pacifique	271.4 M\$
Total	2.62 B\$

Ces chiffres sont fondés sur les données suivantes:

Région	Population par carrefour signalisé	% de carrefours avec détecteurs	Nb moyen de capteurs/carrefour	Coût d'install. détecteurs
Europe	1350	44.5%	9.43	1850 \$
Amérique Nord	1267	57.45%	7.71	800 \$
Asie Pacifique	1660	53.75%	5.22	1300 \$

Autoroutes

Europe	206.46 M\$
Amérique Nord	146.63 M\$
Asie/Pacifique	91.31 M\$
Total	444.4 M\$

Ces chiffres prennent en compte la classification des autoroutes par niveau de trafic de A (<700 véh/voie/h) à F (>2000 véh/voie/h) et partent des hypothèses suivantes sur l'écartement des stations de détection:

- niveaux A et B: 30 miles
- niveaux C et D: 3 miles
- niveaux E et F: AID avec station de 12 boucles en moyenne tous les 0.3 miles

Sur 1995-2000, l'investissement en matière de détection, y compris la R&D, devrait s'élever à **2.54 B\$** (dont 1.38 B\$ en urbain et 500 M\$ sur autoroutes), sur lesquels 1.028 B\$ seraient consacrés aux détecteurs non intrusifs. Sur les nouveaux sites ATMS, le taux de pénétration des détecteurs non intrusifs serait de 60% (20% seulement en urbain).

Ces chiffres sont basés, d'une part sur les taux de remplacement des détecteurs en urbain:

- Europe: 9%/an
- Amérique Nord: 13%/an
- Asie/Pacifique: 15%/an

d'autre part sur les évolutions dans l'équipement des autoroutes et la situation en 2000:

- niveau A: 1 station/30 miles
- niveau B: 1 station/12 miles
- niveau C: 1 station/3 miles
- niveau D: 1 station/1.5 miles
- niveaux E et F: 1 station/0.3 miles

Le rapport présente ensuite le coût des détecteurs « non intrusifs »

Technologie	Prix mini	Prix maxi	Prix moyen/unité
Ultrasons	395\$	1000\$	650\$
infrarouge passif	820\$	1600\$	1200\$
Micro-onde /Doppler	630\$	3600\$	1500\$
Micro-onde/Radar	960\$	3500\$	2000\$
Acoustique passif	1400\$	2300\$	2000\$
infrarouge actif	1120\$	6500	3200\$
Camera TV (installée)	12000\$	18000\$	15000\$
Traitement d'image	3200\$	50000\$	21000\$
Boucle (installée)	650\$	1850\$	1200\$

Nota: Il faut tenir compte dans les comparaisons que les boucles, comme les capteurs infrarouge passif, US ou acoustique passif, ne couvrent généralement qu'une voie, alors que radars et caméras peuvent couvrir de 3 à 5 voies, ce qui réduit le coût de la détection par voie de ces derniers capteurs.

Le rapport souligne l'intérêt que suscitent les capteurs non intrusifs chez les exploitants. Il rappelle la situation particulière du Japon où pour des raisons à la fois pratiques (congestion permanente) et juridiques la fermeture de voies pour la pose et l'entretien de boucles est interdite, et où 97% des capteurs étaient des capteurs à ultrasons en 1991. Une évolution dans ce sens semble également se dessiner en Californie.

Cependant tous ces nouveaux capteurs n'ont pas encore fait la preuve de leur supériorité et les boucles et capteurs au sol garderont certainement une part significative du marché, ne serait ce que parce que la classification des véhicules, fonction très demandée par les exploitants, repose en général sur la détection et le comptage des essieux.

Pour les années 1995-2000, sur les nouveaux sites ATMS, le rapport prévoit les taux de pénétration suivants (en dollars) des différents types de capteurs:

- boucles: 37,75%
- CCTV: 17,03%
- traitement d'image: 14,55%
- infrarouge: 11,35%
- acoustique - US: 8,17%
- micro-ondes: 7,13%

- magnétiques: 0,11%
- AVI: 3,92%

Les points les plus saillants de la conception et de l'exploitation de ces capteurs sont passés en revue:

- *les boucles inductives*, en raison de leur excellente précision restent le moyen le mieux adapté pour les installations de commande de feux et seront difficiles à détrôner par cette application, bien qu'elles rencontrent quelques difficultés pour distinguer les véhicules dans les cas de congestion très forte. Sur autoroute d'autres capteurs peuvent les concurrencer, mais on doit noter les grands progrès réalisés dans les algorithmes de DAI pour boucles.

- *les caméras TV* sont intéressantes par leur capacité de surveillance de grandes zones. Leurs performances sont cependant sensibles aux conditions météo et à l'éclairage.

Le traitement d'image représente actuellement près de 15% des dépenses consenties pour les nouvelles installations ATMS. Cependant il est reconnu que c'est une technique encore jeune, peu éprouvée, et qui demande encore des efforts de R&D et d'essais.

Une des applications possibles est la lecture automatique de plaques minéralogiques, que l'on ne peut pas encore considérer comme étant totalement au point.

- *l'infrarouge*: le rapport range dans les applications de l'infrarouge aussi bien les systèmes avec véhicules actifs type ALI-SCOUT que les simples capteurs. Ceux-ci sont notamment utilisés par TrafficMaster sur le réseau autoroutier britannique; 5% des carrefours à feux de Los Angeles sont équipés de ces capteurs, qui intéressent également Cologne et Londres.

- *les capteurs acoustiques*: Ils comprennent d'abord les détecteurs passifs (microphones) et les capteurs Doppler à ultrasons, très sensibles aux conditions atmosphériques, et aux performances médiocres.

Les capteurs du type US pulsés, plus performants, sont surtout utilisés au Japon. Ils se prêtent à la mesure des débits et T.O, à la DAI, mais pas à la mesure des vitesses (ce qui n'est pas critique au Japon). Leurs performances sont sensibles à la température et à l'humidité ainsi qu'au bruit ambiant. La société canadienne Novax a conçu un capteur compensant les effets de la température et de l'humidité, qui a été essayé Toronto, et qu'il est prévu d'installer sur 200 carrefours.

- *les capteurs micro-ondes* sont mentionnés comme étant installés en France sur la SAPRR; 20 000 unités ont été installées au Japon entre 1991 et 1995. Compte tenu de leur capacité à surveiller de grandes zones et à mesurer les principales caractéristiques du trafic par tous temps, et en dépit d'une certaine sensibilité aux échos secondaires, ils devraient se développer dans le futur.

- *les magnétomètres*, sensibles au passage et à la présence de véhicules, peuvent être considérés comme non intrusifs en raison de leur petite taille et leurs performances sont bonnes. Ce sont des concurrents directs des boucles. La principale raison de leur faible pénétration est sans doute la modicité de leur prix -75\$ l'unité- qui n'incite pas les constructeurs à faire de gros efforts pour les développer et les commercialiser. L'état de Californie prévoit que les magnétomètres devraient représenter 5% de son budget de détection, notamment pour les ouvrages d'art métalliques sur lesquels les boucles fonctionnent mal; par ailleurs les détecteurs optiques - caméras, infrarouge - sont perturbés par l'ensoleillement du pays.

En dehors des magnétomètres il existe des détecteurs magnétiques passifs, peu coûteux et peu encombrants, mais qui ne détectent que le passage de véhicules.

On peut ranger également dans la catégorie des capteurs magnétiques les « micro- boucles », moins intrusives que les boucles classiques.

- *les tubes pneumatiques* sont parmi les moins chers des capteurs (1\$/m). Les ventes annuelles aux USA représentent 1000 km, pour un montant de 1M\$.

- *les capteurs de pesage dynamique (WIM: weight in motion)*

Le rapport présente brièvement les principales réalisations connues: plaques à déflexion avec jauges de contrainte, tapis capacitifs facilement manœuvrables et installables et conçus pour un usage temporaire, rubans capacitifs, fibres optiques (les recherches menées chez Alcatel sont citées), câbles piézo-électriques.

Un chapitre est ensuite consacré à la description d'initiatives de R&D et de sites expérimentaux ou opérationnels existants, principalement aux Etats Unis, mais également en Europe. Les cas les plus marquants sont évoqués ci-dessous :

Sites de test:

- Test comparatif de capteurs non intrusifs près de Boston (1994). Ces tests menés par BBN ont porté sur 6 types de capteurs: radar Doppler, US Doppler, acoustique passif, infrarouge passif, US pulsé, traitement d'image. Les critères de comparaison étaient la probabilité de détection, la précision de mesure de vitesse, la capacité de classification des véhicules. Les performances en détection sont bonnes pour l'infrarouge passif (94%) et l'US pulsé (97%), moyennes pour les traitement d'image (89%) et moins bonnes pour les autres capteurs. Seuls le radar Doppler et le traitement d'image ont une bonne précision de mesure des vitesses (+/- 2 mph). Seul enfin l'US pulsé a de bonnes capacités de classification.

- Test comparatif de capteurs non intrusifs par le Minnesota DOT: financé au niveau de 500 k\$ par la FHWA, ce test porte sur 22 types de capteurs. (voir tableau p.38-39). Résultats non connus.

Contact: Amy Polk- Tél: 1 6212 296 8567- Fax: 1 612 296 6599

- Définition des spécifications de capteurs et tests en vraie grandeur en Arizona par Hughes Aircraft, sur contrat de 1,57 M\$ de la FHWA (1991-95). Les tests portent sur 21 capteurs. Résultats non fournis, mais appréciations qualitatives présentées dans tableaux p. 42-43.

- Evaluation théorique en 1993-94 de l'intérêt de différentes technologies de capteurs pour la surveillance de grandes zones, par le Oak Ridge National Laboratory (ONRL), sur un contrat de 351 k\$ de la FHWA. Résultats qualitatifs présentés sur tableau p. 50-51.

- Développement de technologies de détection sur contrat FHWA/NASA-JPL de 4 M\$ (1994-98). Le JPL joue un rôle de coordonnateur et a lancé 2 appels d'offres portant l'un sur le traitement d'image, l'autre sur des technologies non spécifiées pour la mesure des principales caractéristiques du trafic.

- Test par le California Polytechnic pour le compte de Caltrans de ' systèmes de traitement d'image: Autoscope, Eliop Trafico EVA, Sumitomo IDET-100, Traficon CCATS. Un problème commun qui est apparu est celui de la transition entre les algorithmes jour/nuit; d'autres difficultés liées aux effets d'ombre ou de réflexions sur route mouillée ont également été observées.

Contact: A. Chatziionaou- Tél.: 1 805 756 1163- Fax: 1 805 756 1702

- Station de test de détecteurs innovants (Advanced vehicle detectors) implantée par le Pennsylvania DOT sur la I 476 depuis 1995.

- D'autres centres de test ont été ouverts par différents organismes: tests d'algorithmes AID à l'Université de Californie, tests de détecteurs à l'Université du nouveau Mexique, et à l'Université de Virginie.

Sites opérationnels mettant en œuvre des capteurs innovants:

- Anaheim (Californie): équipement d'une artère avec un système de régulation SCOOT, et détection du trafic par traitement d'image réalisé par Odetics

- Système ARTIMIS de gestion du trafic régional dans le Nord Kentucky et la région de Cincinnati (Ohio), pour lequel sont prévus: 192 boucles inductives, 410 détecteurs US pulsés, 156 magnétomètres, 9 caméras TV avec traitement d'image

- Atlanta Regional ATMS: 59 caméras orientables et 294 caméras fixes, dont 53 équipées d'un traitement d'image Autoscope.

- New Jersey Turnpike: évaluation de radars EIS et de caméras avec traitement d'image Autoscope.

- Borman Expway ATMS(Indiana): sur une longueur de 16 miles d'autoroute, il est prévu d'installer des boucles inductives, et d'évaluer des capteurs US, radars, et du traitement d'image, ainsi que des liaisons en étalement de spectre pour la transmission des données.

- Surveillance d'une artère centrale avec tunnel à Boston. Sur 7,5 miles il est prévu d'installer: 1400 boucles, 600 caméras couleur, dont 200 avec traitement d'image, 30 à 40 détecteurs aériens.
- Projet CHART (Maryland) intéressant 800 miles d'autoroutes et grandes routes. En 1995 sont implantés 154 détecteurs radars bidirectionnels, et 22 caméras.
- Detroit ATMS intéressant au total 180 miles d'autoroutes: il est prévu de tester 10 systèmes de traitement d'image Autoscope.
- Système de gestion d'autoroute (FMS) en Arizona: 120 détecteurs acoustiques passifs SmartSonic sont essayés en 1995
- Système de gestion de trafic autoroutier du Minnesota: essai de 38 dispositifs de traitement d'image Autoscope.
- Système de gestion d'incidents de l'I95 (Connecticut): mise en place de détecteurs radars, de magnétomètres, de caméras et de boucles.
- MONITOR ATMS (Wisconsin): sont installés sur 32 miles 9000 boucles, 26 caméras et un dispositif Autoscope de traitement d'image, 41 détecteurs micro-ondes. Des tests sont pratiqués sur 6 microboucles 3M et sur un traitement d'image Traficam de Rockwell.
- INFORM dans l'état de New York sur la Long Island Expway: test de radars EIS et d'un traitement d'image de Kaman Science Corp. destinée à se substituer aux boucles.

La dernière partie du rapport est consacrée aux fabricants et vendeurs de matériels de détection de trafic. Environ 120 sociétés sont recensées à travers le monde. Les plus importantes sont les suivantes:

- AGD systems Ltd (UK) : à la date de mi-95 cette société a commercialisé 7500 radars en Europe et en Asie pour comptages, mesures de vitesse, classification des véhicules sur la base de la longueur. CA annuel: 875 k\$
- AMP Inc. (Pennsylvanie): 75000 capteurs piézo-électriques installés à travers le monde. CA annuel en piézo: 750 k\$
- ARRB (Australie): boucles inductives, tubes pneumatiques, capteurs piézo-électriques, un système de traitement d'image CAMDAS
- Automatic Signal/Eagle Signal, filiale de Mark VI Industries, spécialisée dans les systèmes de régulation de trafic; Commercialise le dispositif de traitement d'image Odetics
- Computer Recognition Systems (UK), spécialisée dans la lecture de plaques minéralogiques
- Diamond Traffic Products (Oregon) distribue à l'échelle mondiale du matériel de mesure de trafic: boucles, tubes, capteurs d'essieux piézo résistifs
- EIS- Electronic Integrated Systems (Ontario), qui développe un radar de mesure de trafic sur larges zones, et en a commercialisés 250 aux Etats Unis
- Electromatic (Afrique du Sud), qui commercialise les détecteurs à boucles Nortech. 150000 détecteurs ont été vendus pour les besoins du trafic
- ECM (France): plus de 3000 détecteurs piézo-électriques commercialisés à travers le monde
- Faronwise Ltd (UK), qui a vendu depuis 1984 plus de 10000 radars Doppler (10 GHz) en Europe et en Amérique du Nord
- Feig Electronic GmbH (Allemagne), qui commercialise des détecteurs à boucles et des radars Doppler
- Gatsometer (Pays Bas) qui commercialise à travers le monde des détecteurs à boucles, piézo-électriques, et acoustiques, ainsi qu'un système de traitement d'image
- Golden River Traffic Ltd (UK), l'un des grands fabricants de matériels classiques de détection, et qui a développé un dispositif de traitement d'image IMPACTS
- IDC Detector Systems (Californie), distributeur de capteurs à boucles, qui en a commercialisé plus d'1 millions d'unités en Amérique du Nord
- Image Sensing Systems Inc.(ISS), qui a développé le système de traitement d'image Autoscope (conçu par l'Université du Minnesota) et en a vendu 400 à 500 exemplaires dans le monde, par l'intermédiaire d'Econolite. Le prix courant à l'unité est de 24 à 42 k\$ selon les options choisies.

- IRD- International Road Dynamics (Canada) grand producteur de capteurs à boucles et de capteurs piézo-électriques
- Kyosan Electric Manufacturing Co. (Japon), qui commercialise des capteurs US et infrarouge
- Matsushita, l'un des plus gros producteurs japonais de matériels de détection de trafic: boucles, US, micro-ondes, infrarouge et traitement d'image. Les ventes portent sur 12000 détecteurs/an, pour un CA de 24 M\$
- Microsense Systems Ltd (UK), qui commercialise différents types de détecteurs: boucles, radars, infrarouge passif/actif, laser et traitement d'image. Plus de 100 000 détecteurs ont été vendus à travers le monde et le CA annuel est de 800 k\$.
- Microwave Sensors (Michigan), qui produit des détecteurs radar et US. Plus de 7000 détecteurs radars sont installés, et le CA annuel en produits de détection de trafic est de 500 k\$
- Multanova (Suisse) qui commercialise un radar Doppler (plus de 2000 installés)
- Never Fail Loop Systems (Oregon) spécialisée dans les boucles inductives.
- Nippondenso (Japon), avec 400 personnes travaillant dans le domaine ITS produit de nombreux capteurs: piézo, US, magnétométriques, et traitement d'image
- NU-Metrics (Pennsylvanie) spécialisée dans les magnétomètres, dont un capteur sans fil - CA annuel: 2 M\$
- Odetics (Californie) qui commercialise un dispositif de traitement d'image, le Vantage. Des accords pour la vente du produit ont été signés avec Eagle Signal
- PAT- Pietzsch Automatisierungstechnik, firme allemande spécialisée dans le pesage dynamique avec plus de 4000 produits vendus à ce jour aux Etats Unis- Elle produit aussi des boucles inductives.
- Peek Traffic (Floride) est un vendeur important de boucles (plus de 200 000 installées) et fabrique également des détecteurs radar Doppler, ainsi qu'un système de traitement d'image, le VideoTrack 900
- Philips Electronic Instruments Cie (Géorgie), spécialisée dans les détecteurs piézo-électriques, et vend 15 000 unités/an. Il développe par ailleurs une « micro boucle ». Une autre filiale de Philips en Italie produit à la fois des boucles et des systèmes de traitement d'image.
- SFIM (France), qui produit des radars Doppler et des boucles
- SIAT (France) qui a installé 15 000 boucles en Europe, et commercialise également le dispositif de traitement d'image CCIDS de Traficon - CA annuel en matériel de détection: 2 M\$
- Sumitomo (Japon) commercialise différents types de capteurs: boucles, US, traitement d'image (système IDET 100)
- 3 M produit des boucles (modèle Canoga), ainsi que des microboucles et développe également un magnétomètre.
- Traffic 2000 Ltd fabrique des capteurs piézo ainsi que des boucles- 15 000 capteurs installés- CA annuel: 800 k\$
- TrafficMaster utilise des capteurs infrarouge actifs et passifs développés par Microsense et Peek Traffic. Mi-95, 2400 capteurs étaient installés sur l'orbitale M25 de Londres.
- Traffipax Vertrieb (Allemagne) commercialise des capteurs piézo, des boucles et des radars
- Traficon (Belgique) est le vendeur le plus connu à ce jour de systèmes de traitement d'image avec 2 produits: le CCATS (350 installés) et le CCIDS (100 installés)- CA annuel: 1M\$
- Visolux Electronik (Allemagne) commercialise des capteurs divers: boucles, US, infrarouge et laser, pour un CA annuel de 2,2 M\$.

Il est intéressant de noter le nombre de sociétés qui développent des systèmes de traitement d'image. Outre celles déjà citées apparaissent: Eliop Trafico (Espagne) et son système EVA, OCT (On Campus Technologies) également espagnole, Telstra (Australie) et son produit Safe T Cam, Tele traffic (UK), Omron (Japon) et les sociétés américaines Rockwell (système Trafficom), Intelligent Vision Systems, Nestor, Kaman Sciences. Plusieurs sociétés s'intéressent par ailleurs à la lecture de plaques minéralogiques: Racal et Symonds Travers Morgan en Grande Bretagne, Pearpoint, Imaging Systems, Perceptics aux Etats Unis.

(71)- R. CORDELL *et al.*- Extending the use of above ground detectors- IVHS 96

Ce papier rappelle d'abord qu'une part importante des carrefours à feux britanniques sont équipés d'une commande adaptative fondée sur la détection de l'approche des véhicules par des boucles inductives. Cependant l'utilisation de détecteurs non intrusifs (AGD: above ground detectors) a commencé à se développer récemment. Un programme d'expérimentation est prévu en vue d'observer le comportement de ces détecteurs dans les conditions de trafic urbain. Une consultation des exploitants a également eu lieu. Cette consultation a montré que les exigences des exploitants sont très sévères et qu'ils souhaitent pratiquement une précision de 100% sur le comptage des véhicules à l'approche d'un feu. Ils expriment par ailleurs la crainte que la zone de détection d'un capteur aérien soit moins bien définie que celle d'une boucle. Les radars Doppler semblent cependant relativement bien acceptés.

Une évaluation coûts/bénéfices montre que sur un site nouveau l'utilisation d'un capteur aérien à la place de boucles entraîne une économie de 1500 £ par système sur 10 ans, cette économie n'étant que de 700£ si on remplace des boucles par ces capteurs sur un site existant. Au total l'utilisation extensive de capteurs aériens sur l'ensemble des systèmes de commande de feux en Grande Bretagne se traduirait par une économie de 35 M£. La disponibilité de ces systèmes se trouverait également sensiblement accrue.

(3)- A. YOSHIKAZI- Methodology of vehicle detector installation arrangements in an urban traffic control system- IVHS 95

Cet article consacré aux capteurs pour la régulation du trafic urbain rappelle d'abord quelques chiffres intéressants sur l'équipement du Japon:

- nombre de systèmes de régulation: 167 villes
- nombre de carrefours rattachés à un système centralisé: 52 508
- nombre de détecteurs: 81 558 unités, dont 79%, soit 72 500 à ultrasons.

Les boucles inductives sont donc relativement peu utilisées; il est rappelé d'ailleurs que 15% des boucles sont régulièrement hors service pour des raisons diverses. Les caméras TV avec traitement d'image commencent à être employées depuis 1991 et leur usage se développe. Des capteurs radars sont implantés également pour des mesures de vitesse, mais le fait que le seuil inférieur de vitesse détectable soit 4 km/h et leur coût font qu'on leur préfère les capteurs US. Le programme UTMS préconise enfin le développement des capteurs infrarouge associant une fonction détection et une fonction de communication sol-véhicules.

Certains détecteurs sont alimentés par piles et reliés à une station de raccordement par liaison optique.

La position standard des capteurs pour le contrôle des feux, qui est fondé sur ce qui est appelé la « valeur M », combinaison pondérée du débit et du TO, est à 150 m en amont des feux. Des détecteurs de contrôle de la saturation peuvent être placés à moins de 10 m de la ligne de feux. On peut trouver encore des détecteurs de contrôle des tourne-à-droite à 30 m en amont, des détecteurs pour la mesure des queues à 300, 500 et 1000 m, et des détecteurs à 30 m en aval pour la détection des remontées de queues.

L'article évoque enfin les difficultés rencontrées pour l'installation et l'exploitation des capteurs: manque de points hauts pour les capteurs US, maintenance des chaussées ...etc..

(82)- H. SHIMOURA- Traffic monitoring system at a high altitude- IVHS 97

Un dispositif d'observation du trafic avec traitement manuel d'images a été mis au point par Matsushita. Ce dispositif est fondé sur une prise de photos aériennes permettant l'observation de grandes surfaces. Ces photos sont visualisées sur des écrans en même temps que des cartes digitalisées de la région observée. Une saisie manuelle à la souris permet de déterminer les caractéristiques du trafic; un tel procédé est intéressant pour valider des modèles de simulation.

(102)- J.I. NAKANO- Study on traffic demand prediction methods for intelligent traffic signal control- IVHS 97

L'auteur, de la Société Omron, rappelle que le recueil de données de trafic effectué par capteurs ultrasons porte généralement sur des périodes de 5 minutes. Si l'on y ajoute les délais de transmission, ceci conduit à régler les feux avec un retard de 5 à 10 minutes sur la demande réelle.

Une étude en simulation a montré que lorsqu'on fait une prédiction sur l'évolution du trafic il est possible de compenser ce retard.

Les méthodes de prédiction sont généralement fondées sur des corrélations temporelles, comme les méthodes auto-régressives, moyenne mobile, et ARMA, ou bien de corrélation spatiale, en se servant de données mesurées dans le voisinage. Des tests menés sur 9 méthodes de prédiction ont montré que les méthodes temporelles donnent de bons résultats, sauf pendant les périodes de vacances sur lesquelles on dispose de moins bonnes données statistiques.

(180)- F. ROBINSON- Field test of non intrusive traffic detection technologies- IVHS 98 (1063)

Ce document américain évoque une campagne d'essais comparatifs menés en 1995-97 sur 17 capteurs relevant de 7 technologies « non intrusives »: infrarouge passif et actif, magnétique, micro-ondes, ultrasons, acoustique passif, caméra TV.

Ces essais ont été menés sur autoroute et sur des carrefours. Sur autoroute les capteurs étaient installés à des hauteurs comprises entre 5 et 10m, et à des distances de 1 à 30m du bord de la chaussée. Aux carrefours ils étaient placés à des hauteurs comprises entre 3 et 10m.

Les données servant de base à la comparaison sont les valeurs des débits et vitesses, ainsi que la classification des véhicules, les valeurs de référence étant fournies par des boucles inductives.

Une première constatation a été que ces capteurs étaient peu sensibles aux conditions météo, bien que 2 caméras aient été influencées par l'éclaircissement.

Les taux d'erreur sur les mesures de débit sur autoroute ont été de l'ordre de:

- 4 à 10% pour la vidéo et les capteurs acoustiques passifs
- 3% pour les autres technologies.

On rencontre davantage de variations sur les capteurs installés aux carrefours.

(165)- D.B. CHOI- On multisensor data fusion using attribute association for intelligent traffic congestion information inference- IVHS 98 (4115)

Un réseau routier n'est en général pas couvert complètement par des capteurs. Il est intéressant de pouvoir inférer des informations sur les parties non couvertes à partir des capteurs existants.

Ce papier coréen rappelle les méthodes d'inférence utilisables: « evidential reasoning » de Dempster-Shafer, logique floue, hiérarchie bayésienne de Pearl's.

Il s'intéresse plus particulièrement à la 1ère de ces méthodes, et examine comment résoudre le problème consistant à inférer les caractéristiques du trafic sur un chaînon donné connaissant ces caractéristiques sur des chaînons voisins. Un organigramme de la démarche est présenté, et son déroulement illustré par un exercice théorique.

(171)- D. DONG- A new method for parameter estimation of multidimensional time varying coefficient time series modeling via neural network and probing into application on ITS- IVHS 98 (1001)

Cet exposé américain passe en revue les diverses méthodes servant à traiter des séries temporelles non stationnaires: Box et Jenkins, méthode bayésienne, modèle VAR (vector autoregressive model).

Il s'intéresse à une nouvelle méthode fondée sur les réseaux neuronaux pour traiter les coefficients variant avec le temps d'un modèle ARMA et procéder à des prédictions de trafic à court terme. Le réseau proposé est un réseau à une couche cachée, à plusieurs entrées et une seule sortie.

Cette méthode a été testée en simulation. Un exemple d'application au trafic est donné.

(212)- N. HOOSE- Monitoring and surveillance in ATT- TTI 95

Article général de Golden River sur la détection définissant notamment les notions de détection de véhicule, de détection de zone et de détection d'environnement.

(226)- J.M. MORIN- Forecasting traffic for information and guidance stratégies. TTI 95

L'auteur évoque l'utilisation du modèle SIMRES pour prédire les conditions de trafic sur un réseau autoroutier à partir de mesures instantanées et de données historiques correspondant au même jour de la semaine. Ce thème a été traité dans le cadre du projet QUO VADIS.

(230)- E.D. BULLMORE et al- Life without loops- TTI 96

L'auteur souligne l'intérêt des capteurs non intrusifs, notamment sur le plan de la maintenance, et indique que leur coût sur la durée de vie est inférieur à celui des boucles.

Il passe en revue les principaux principes physiques auxquels ces capteurs font appel, et reconnaît qu'aucun capteur « aérien » ne permet d'obtenir toutes les données fournies par les boucles. Il convient par conséquent de choisir un type de capteurs en fonction des besoins:

- pour les fonctions d'appel au niveau de feux de carrefours les radars Doppler conviennent bien
- pour la détection de piétons en vue de déclencher ou d'étendre le vert sur un carrefour, on peut faire appel aux radars Doppler ou à l'infrarouge passif pour la détection de piétons en marche, et à l'infrarouge passif pour la détection de piétons arrêtés.
- pour les mesures de Q, V, et pour la classification de véhicules, les radars Doppler ont une bonne précision de comptage, pouvant aller jusqu'à 99%, et de mesure de vitesse, de l'ordre de quelques %, et ils permettent une mesure de la longueur des véhicules indépendamment de leur vitesse, et une classification sommaire en 2 ou 3 classes fonctions de la longueur. Ils ne fonctionnent cependant pas bien en deçà d'un certain seuil de vitesse, de l'ordre de 8 km/h.
- pour les mesures de T.O. le radar Doppler ne convient pas bien, et il faut employer des détecteurs optiques ou infrarouge. De même pour la détection de véhicules statiques au voisinage d'un feu, les solutions sont plutôt l'infrarouge passif ou la caméra CCD.

(204)- H.HADJ SALEM- Real data screening: problem statement, methods and field results- IFAC 97- p. 1369-1374

Cet article de l'INRETS aborde l'exploitation de systèmes de recueil en cas de dégradations sur certains capteurs.

Des tests ont été faits à partir de bases de données recueillies sur des ensembles de capteurs sur A6 et sur le réseau urbain parisien.

Les taux de panne constatés sont de 10% en urbain et de 17% sur l'autoroute.

Une méthode de diagnostic a été mise au point, fondée sur l'observation des relations entre les mesures de Q et T.O. fournies par les capteurs, que l'on situe par rapport au diagramme fondamental du trafic.

La reconstitution des données se fait à partir des stations voisines, en utilisant 2 approches: une approche statistique ou un filtrage de Kalman.

Sur autoroute les données ont été reconstituées pour 1,3 et 9 stations en panne. La méthode de Kalman conduit à des erreurs de 5 à 10% sur Q et T.O. selon le cas. La méthode statistique donne des résultats comparables. En urbain, où la méthode de Kalman s'adapte mal, la méthode statistique testée sur 3 ou 6 stations en panne a conduit à des erreurs de 9 à 11,8% sur Q et de 7,8 à 12,5% sur T.O.

(205)- N.E. EL FAOUZI- Heterogenous data sources fusion for impedance indicators- IFAC 97- p. 1375- 1380

Cet article de l'INRETS évoque la fusion de plusieurs estimateurs destinés à mesurer une variable déterminée. Dans une approche statistique, le problème est de mettre un poids sur chaque estimateur.

Une étude de cas a été faite sur une mesure de **temps de trajet** sur la ZELT. Les sources de données étaient des boucles, des véhicules tests dont on pouvait mesurer les paramètres cinématique, et une enquête par lecture de plaques minéralogiques.

Les résultats de l méthode sont jugés prometteurs.

(207)- R.D. KÜHNE- Data fusion for DRG systems- IFAC 97- p. 1386-1390

Cet article s'intéresse à la fusion de données de sources non homogènes. Les travaux présentés ont été menés dans le cadre du projet STORM à Stuttgart, et ont porté sur l'évaluation des **temps de trajet** qui dans la ville sont de l'ordre de 29 minutes en moyenne. Une mise à jour fréquente, environ toutes les 5 minutes, est nécessaire.

Les sources de données sont les stations de mesures de trafic à boucles, les informations de niveau de service sur le réseau autoroutier, les mesures de temps de trajet issues de véhicules équipés, les messages reçus sur les obstructions et les travaux.

La fusion de données fait appel à une méthode orientée objet, et est fondée sur un modèle. On se sert des relations vitesse/débit sur chaque chaînon, les ambiguïtés étant levées par une mesure de T.O.

Les données en provenance de diverses sources sont fusionnées en leur attribuant des poids fonction de leur fiabilité.

Les prédictions au-delà d'une heure sont basées sur des séries temporelles; en deçà d'une heure on fait appel à des fonctions de pondération. Il est nécessaire de disposer d'une base de données historiques.

L'article souligne l'intérêt de disposer d'une méthode tolérante aux fautes, car à Stuttgart 20% des mesures sont fausses. Des diagnostics de défaillances fondés sur des valeurs limites, et des tests de plausibilité sont utilisés. Les données manquantes sont reconstituées à l'aide d'une méthode exponentielle de type moyenne mobile pondérée.

(281)- A.E. POLK- Non intrusive guidance- TTI Fév.-Mars 97

Dans le cadre du projet Minnesota Guidestar des expériences financées par la FHWA ont été menées sur 2 ans par le DOT du Minnesota et la société SRF sur une douzaine de types de capteurs.

Ces essais se sont déroulés en 2 phases, de novembre 95 à janvier 96, puis de février à novembre 96.

La phase I a porté sur les capteurs suivants:

- infrarouge passif d'Eltec
- magnétique passif de Software Traffic Systems
- radar FM/CW d'EIS
- radar Doppler de Microwave Sensors, de PEEK, et de Whelen (2 modèles)
- acoustique passif: le Smartsonic d'IRD
- US pulsé de Microwave Sensors
- vidéo: Trafficam de Rockwell

Les données de référence étaient fournies par des boucles pour le débit, et des pistolets laser pour la vitesse.

On a pu observer pendant cette phase l'effet d'une tempête de neige, qui a entraîné un sous-comptage de 75% du capteur acoustique passif, et un sur-comptage de 22% du capteur magnétique. Les capteurs US et radar se sont bien comportés.

La phase II a permis des campagnes de mesure complémentaires et le test de quelques autres types de capteurs:

- infrarouge passif d'ASIM
- infrarouge actif de SEO
- US pulsé de Novax
- vidéo: ISS, EVA, PEEK

Quelques résultats sont cités dans l'article:

- Précision sur Q:
- vidéo et acoustique passif: 4 à 10%
- infrarouge, radar Doppler, magnétique: 3%
- Précision sur V de la vidéo: 8%
- Classification: précision variable- aucun capteur ne fournit les 13 classes de la FHWA.
- Mesures sur carrefour, à basse vitesse: infrarouge et vidéo donnent de bons résultats- le capteur US pulsé a une précision variant entre 6,8 et 14%.

Le capteur acoustique s'est révélé sensible à la présence d'un pont au voisinage, qui a provoqué des sur-comptages allant jusqu'à 10%.

Les radars ont de meilleures performances quand on abaisse leur position, de 35 à 15 pieds.

(294)- A. HAUDEBOURG- GPS, localisation par satellites, téléassistance , recueil de données- CR de la journée ATEC du 2/03/98- TEC No 150

Cet article résume entre autres les conférences présentées sur le recueil de données au cours d'une journée ATEC ainsi que les discussions d'une table ronde sur le sujet. Il rappelle que Visionaute utilise à la fois les données de la base SIER et celles d'une flotte de taxis équipés de GPS, ce qui implique des procédures de fusion et de vérification de la cohérence de toutes ces données. La table ronde a fait apparaître que l'utilisation de véhicules « traceurs » ne peut, au moins à moyen terme, se substituer aux détecteurs fixes, et que ces moyens de recueil sont plutôt complémentaires que concurrents. Des taux d'équipements de véhicules en dispositifs de localisation nécessaires pour obtenir une information suffisante sur le trafic ont été mentionnés: 1 sur 25 à 50 pour l'un des orateurs, un autre notant qu'avec un taux de 1% on commence à avoir une idée des conditions de trafic. Le taux d'indisponibilité des boucles est jugé supérieur à 15% par un orateur.

(299)- M. JUHA- Detectors counts hits true accuracy- TTI- Avril-Mai 97

Article critiquant les méthodes classiques d'évaluation des capteurs. Il rappelle notamment que la précision de comptage ne doit pas être confondue avec la précision ou la probabilité de détection, car lorsqu'on effectue un comptage on cumule les fausses alarmes et les détections manquées qui peuvent se compenser.

(304)- S. ESPIE et al.- L'avenir de la mesure du trafic routier- RTS No28- Déc. 90

Les auteurs passent en revue les différents types de capteurs existants - boucles, tubes pneumatiques, ultrasons, vidéo - ainsi que les principales applications de la mesure du trafic.

(309)- D.R Mc ELHANEY- An update on road traffic monitoring in USA- 7th Conf. IEE- Road traffic monitoring and control- 1994

L'auteur rappelle d'abord quelques textes réglementaires américains sur l'exploitation de la route et des transports. 1,5 Mkm de grands axes sont concernés.

Les règlements sur les statistiques de comptage attachent beaucoup d'intérêt à la variable T.O., ainsi qu'aux tests sur site. 125 000 sections routières/autoroutières étaient surveillées en 1992.

Les activités de recherche soutenues par la FHWA concernent notamment:

- IVHS
- les systèmes experts pour l'édition des données de trafic
- la classification des véhicules par analyse des signaux de capteurs par réseau neuronal
- l'imagerie par satellites
- la mesure des temps de trajet
- l'optimisation de l'usage des moyens de recueil existants qui se développent continuellement
- l'exactitude des équipements de recueil et l'évaluation des capteurs, ainsi que des dispositifs de classification: ceux-ci, qui distinguent 13 classes de véhicules, ont des taux de classification correcte entre 68 et 79%.
- la faisabilité d'un Centre national d'essais d'équipements routiers
- les tests sur site en milieu urbain des technologies de capteurs non intrusives
- l'intégration des systèmes de recueil et des systèmes d'exploitation
- l'amélioration du recueil par les méthodes de gestion de la qualité
- les méthodes permettant de détecter l'occupation des véhicules

(313)- M.J. DALGLEISH- Vehicle detection for advanced transport telematics- 7th Conf. IEE- 1994

Revue des technologies de capteurs, de leurs critères de performances et de leurs échelles de mesure.

(354)- M. COTTINET- Recueil de données et véhicules traceurs- TEC No 148- Sept. Oct. 1998

L'auteur rappelle que 3 à 5 mesures de véhicules traceurs sont nécessaires pour reconstituer un temps de trajet ou une vitesse moyenne avec une précision de 85% sur un trajet et une période donnés.

On peut en déduire que le taux d'équipement doit être de 1% pour des périodes de 10 à 15 minutes et de 5% pour des périodes de 1 à 5 minutes.

Il existe différents moyens pour suivre des véhicules:

- le GPS- précision +/- 50 m
- le téléphone cellulaire- localisation à 115 m près aux Etats-Unis
- les badges AVI comme il en existe à Oslo

Quelques études ont été menées sur les possibilités offertes par les véhicules traceurs en matière de recueil de données de trafic:

- étude Van Aerde en simulation: il faut 20% de véhicules équipés pour obtenir une précision de 95% sur les temps de trajet
- étude Holdener (Houston): pour mesurer les vitesses moyennes il faut 1 véhicule traceur/5 minutes en trafic fluide, et 4 véhicules traceurs/5minutes en situation de congestion. Il a été montré par ailleurs à Houston qu'on obtient une DAI plus efficace avec des détecteurs conventionnels.

(355)- M. CHARON- Recueil de données- Approche systémique- TEC No 148- Sept. Oct. 1998

Article général insistant sur l'intérêt de la fusion de données dans le domaine du trafic.

(356)- F. SCHETTINI- Fusion de données pour la surveillance du trafic et l'information des usagers- Thèse 1998

Cette thèse développe une approche neuronale pour la mesure des variables de trafic. Elle aborde différents aspects:

- filtrage des données
- prédiction par réseau neuronal
- estimation des états du trafic et des temps de trajet
- fusion de données issues de BD géographiques et historiques et de mesures en temps réel.

(364)- M. HUTCHINSON- Controlling the future- TTI 99

Article général sur le choix des technologies de capteurs dont l'ingénieur de trafic dispose actuellement.

(371)- H. HADJ SALEM- Le projet DACCORD- Une panoplie d'outils d'exploitation- 2d Carrefour PREDIT- Lille- Mars 99

Le projet DACCORD a pour objet le développement d'outils de régulation, de supervision et de prévision du trafic à court terme sur un corridor périurbain. 3 sites sont concernés: le réseau Sud de l'Ile de France, le périphérique d'Amsterdam, l'autoroute Mestre-Venise.

A Paris a été réalisé un démonstrateur d'une méthode de reconstitution de données manquantes. L'auteur indique qu'au PC d'Arcueil le taux de disponibilité du recueil, portant sur 961 capteurs, est passé de 85 à 95 %.

Six algorithmes d'estimation de temps de trajet ont été testés.

Une expérience de régulation d'accès a mis en œuvre la méthode ALINEA.

(372)- Exploitation des transports de surface- Etat de l'art, marché et perspectives- Rapport de contrat Aérospatiale - SODIT (non publié)

Cette étude confiée par Aérospatiale à la SODIT a porté sur un état de l'art de l'exploitation des transports terrestres - route et transports guidés - et des transports maritimes. Un état des constructeurs et bureaux d'études impliqués dans ces activités au niveau mondial a été établi, ainsi qu'une tentative d'évaluation du chiffres d'affaires du secteur.

(373)- D.A. KOVELL et al.- Opposites attract- Magnetic sensors for traffic applications- TTI June-July 1998

Cet article de Nu-Metrics présente le produit Hi-Star 90 qui à partir de 2 capteurs magnétométriques par voie dans la chaussée fournit les données Q, V, T.O. ainsi que la longueur des véhicules. 20 000 exemplaires en ont été vendus sur le plan mondial.

Un variante plus récente est le NC 97 utilisant une nouvelle méthode de calcul de V et des longueurs de véhicules.

(374)- Y.DAVID- Analyse pour le compte de la DSCR de l'opération SIRIUS-Est- Rapport non publié- 1996

Ce rapport analyse le déroulement de l'opération SIRIUS-Est, son coût, et les choix technologiques adoptés pour les différents équipements: recueil de données, transmissions, informatique du PC, et actuateurs. Il se réfère également à quelques systèmes de gestion de trafic existants: CORALY, MARIUS, PERCIVAL, et le MCSS hollandais.

(375)- Field tests monitoring of urban operations using non intrusive technologies- Rapport FHWA - May 1997

Ce rapport de 125 pages présente les résultats des tests effectués en 1995-1996 par le DOT du Minnesota et la société SRF Consulting sur un ensemble de capteurs non intrusifs. Ces tests, qui ont mobilisé une équipe de 13 personnes, se sont déroulés sur 2 sites - sur une autoroute urbaine en ligne droite, et au voisinage d'une intersection- et en 2 phases:

- une 1ère phase de 3 mois au cours de laquelle ont été essayés 10 capteurs : infrarouge passif, magnétique passif, radar EIS, radars Doppler (4 modèles), acoustique passif, US pulsé, et vidéo (Rockwell)

- une 2ème phase d'un an qui a porté sur 17 capteurs: 2 infrarouge passif, 1 infrarouge actif, 1 magnétique passif, 1 radar EIS, 2 radars Doppler, 1 acoustique passif, 2 US pulsés, 4 capteurs vidéo.

Toutes les mesures de ces capteurs non intrusifs - portant sur Q, V, et une classification des véhicules par longueur- ont été comparées à celles de stations à boucles soigneusement calibrées. Ces comparaisons ont porté sur des mesures agrégées sur des périodes de 5 et 15 minutes. Les circonstances météorologiques ont été enregistrées.

Les résultats détaillés sont présentés dans de nombreux tableaux. On retiendra ici quelques éléments de synthèse figurant dans la conclusion:

- sur autoroute les précisions de comptage obtenues par rapport aux mesures de référence sont de l'ordre de 4 à 10% pour les capteurs vidéo et acoustiques passifs, et inférieurs à 3% pour les capteurs US pulsés, radar, magnétiques passifs, infrarouge passifs et actifs.

- sur intersection les résultats sont un peu plus dispersés; le capteur infrarouge passif ASIM infrarouge 224 a été le seul dispositif à donner d'excellents résultats sur les 2 sites.

- les mesures de vitesse de la plupart des capteurs non intrusifs se situent dans une fourchette de 8% par rapport aux mesures de référence.

- les conditions météorologiques ont peu d'effet direct sur les performances des capteurs; on doit simplement noter que la présence de neige sur la chaussée, en induisant des trajectoires anormales pour les véhicules, peut conduire indirectement à des défauts de détection sur les capteurs ayant des zones de détection étroites.

(410)- Détection d'obstacles et d'intrusions- Actes de la journée spécialisée du 26 – 10 – 95

Les deux premières interventions traitent de la détection d'obstacles à l'aide de radar anticollision

Le 3ème et le 4ème traite de détection de situation dangereuses dans une foule, de détection et de comptage de piétons par traitement d'images.

Les autres interventions traitent de localisation de mobiles.

(413)- C TESTINI - Expérimentation des nouveaux capteurs de trafic routier - Rapport final - Novembre 1997 - réf. 971127

Ce document présente les résultats de tests des capteurs suivants : capteurs magnétiques THORN, STERELA, MAGSYS - capteurs hyperfréquence SIAT-SOFRELA – capteur vidéo TIMEAT - radar BEATRICES de THOMSON Ces compte-rendu d'essais ont porté sur la précision et la fidélité des mesures de débit, vitesse, longueur des véhicules et temps de présence. La conclusion fait état de bons résultats sur la mesure des débits pour tous les capteurs et de bons résultats sur la mesure des vitesses pour les capteurs hyperfréquence. La précision des autres capteurs et pour les autres paramètre est plus éloignée des besoins.

(423)- **Télématique routière et normalisation- Rapport SETRA - 1996**

Avant de traiter des normes proprement dites et de leur élaboration, ce document fait un rappel des enjeux, des fonctions des équipements dynamiques et programmes de recherche. Ensuite, il présente l'état de la normalisation à travers quelques exemples, comme la régulation, le recueil de données, le télépéage, l'information routière et la billetterie. Ce document présente ensuite le modèle OSI, les DSRC, le GPS, le GSM. EN annexe figure une liste des normes.

(426)- **NF P 99-300- Données routières : élaboration, stockage, diffusion. Unités de mesure et de traitement. Nature, exactitude des données de trafic routier et séquençement métrologique- 11/1997**

Ce document de normalisation définit les différentes mesures couramment effectuées relatives aux données de trafic routier et présente les classes d'exactitude des équipements de mesure. Il décrit également les valeurs de séquençement métrologique et leur codification. Son domaine d'application est le recueil de données de trafic destinées à la gestion de la circulation routière à l'exclusion de la gestion des carrefours à feux.

Ce document s'applique aux données de tous les équipements terminaux de recueil du domaine routier public : unité de détection, station ou compteur de mesure, et les équipements permettant de piloter, transporter, utiliser ou distribuer les informations qui y sont liées : terminal portable de stockage, équipement de centralisation, d'échange et de relayage, etc.

(427)- **P 99-301- Données routières : élaboration, stockage, diffusion. Capteurs à boucles inductives. Définitions, caractéristiques et mise en œuvre. 11/1994**

Ce document de normalisation a pour objet de définir les caractéristiques communes et les règles d'implantation des capteurs électromagnétiques (boucles inductives) encastés dans la chaussée à l'exclusion de tout autre mode de mise en œuvre.

Son domaine d'application est le recueil des données de trafic destinées à la gestion de la circulation routière, à l'exclusion de celle nécessaire aux carrefours à feux. Ce document ne traite pas des formes et positionnements des boucles spécifiques à des applications particulières.

(428)- **NF P 99-302- Information et exploitation routière. Protocole de transmission de données routières alphanumériques- 06/1993**

La présente norme étend le domaine d'application des procédures de commande en mode de BASE telles que définies en Z 66-010 pour leur permettre d'inclure les caractéristiques complémentaires suivantes :

- coexistence avec deux modes de repli : Mode TEST et Mode TERMINAL,
- définition de la structure d'adressage pour un fonctionnement compatible sur chaînon unique ou chaînons multiples,
- définition des restrictions ou limitations en procédures de reprise nécessitées par un environnement multipoints,
- définition des restrictions ou limitations nécessaires dans un environnement parasité et noyé dans du bruit (radio half-duplex).

La présente norme s'applique aux échanges de données alphanumériques entre tous équipements terminaux de recueil du domaine routier public non concédé : Unité de détection, Station ou Compteur de mesure, et les équipements permettant de piloter, transporter, utiliser

ou distribuer les informations qui y sont liées : Terminal portable de stockage, équipement de centralisation, d'échange et de relayage, etc.

Dans le cas d'échanges de données à l'intérieur des systèmes de gestion de carrefours à feux, ce sont les normes du domaine qui s'appliquent.

(429)- XP P 99-305- Données routières. Élaboration, stockage, diffusion. Unités de détection et détecteurs de véhicules à boucles électromagnétiques à variation d'inductance. Définitions, caractéristiques et performances- 08/1997

Le présent document de normalisation définit les caractéristiques fonctionnelles, mécaniques, électriques et de tenue à l'environnement des équipements de détection dénommés distinctement unités de détection et cartes détecteur. Il définit en outre les performances métrologiques des cartes détecteur et unités de détection exprimées en termes de classes d'exactitude.

Il s'applique aux équipements de détection de véhicules terrestres utilisant uniquement le principe de la variation d'inductance d'un capteur provoquée par la présence des masses métalliques d'un véhicule. Sont exclus les détecteurs utilisant un autre principe et en particulier ceux utilisant la variation du champ magnétique terrestre. Son domaine d'application est le recueil de données de trafic destiné à la gestion de la circulation routière, à l'exclusion de la gestion des carrefours à feux.

(430)- XP ENV 12315-1- Information aux voyageurs sur la circulation (TTI). Messages d'information diffusés aux voyageurs par communications dédiées à courte distance. Partie 1 : spécifications des données pour la direction descendante (infrastructure vers véhicule)- 03/1997

La présente prénorme fournit une structure de message commune pour les messages d'informations aux voyageurs sur la circulation diffusés par l'intermédiaire d'une infrastructure de balises dédiée (pour les communications à courte distance uniquement).

Elle fournit par là même les structures de base permettant aux prestataires de services d'information et aux fournisseurs d'équipements embarqués respectivement d'utiliser ce type de moyen de diffusion pour délivrer des informations à un grand nombre de véhicules équipés et de procéder à la réception, au traitement et/ou à l'affichage des messages destinés aux utilisateurs itinérants (conducteur ou passager).

La structure du message est compatible avec le cadre du protocole des liaisons DSRC, tel que défini dans les normes produites par le CEN/TC 278/GT 9. Les liaisons de cette nature permettent la transmission de données autres que les informations aux voyageurs sur la circulation et, comme l'illustre la figure 1, et l'information aux voyageurs sur la circulation comprend elle-même plusieurs ensembles de données (potentielles ou optionnelles) comprenant :

- les données de guidage routier ;
- les messages et avertissements ;
- les informations relatives aux parcs de stationnement ;
- les informations relatives aux parcs relais ;
- les répertoires de «pages jaunes» et autres services.

La présente prénorme couvre la totalité des ensembles de données discrètes que comprend l'information aux voyageurs sur la circulation. Toutefois, en raison du caractère incomplet de la recherche et développement de plusieurs ensembles de données à l'heure actuelle, seules sont détaillées dans la présente version de la prénorme les «données de guidage routier», couvertes par les articles 5 à 10.

Il est prévisible que d'autres ensembles de données fonctionnelles soient inclus dans la (pré-)norme lors de la parution de ses versions futures, dès lors que les activités de recherche et développement auront permis l'obtention de résultats clairs et fiables, susceptibles d'être repris dans le processus de normalisation.

(431)- XP ENV 12315-2- Information aux voyageurs sur la circulation (TTI). Messages d'information diffusés aux voyageurs par communications dédiées à courte distance. Partie 2 : spécifications des données pour la direction ascendante (véhicule vers infrastructure)- 03/1997

Un système de guidage routier à décision centralisée (CDRG), utilisant une communication dédiée à courte distance (DSRC), est fondé sur une infrastructure et sur des véhicules équipés. Les informations de guidage routier (RGI) sont émises par un office central (CO) et sont distribuées, via la DSRC, aux véhicules équipés.

Afin de permettre l'émission dynamique des RGI, il est nécessaire que l'office central dispose de données relatives au trafic routier en temps réel. Les données sont fournies par le système lui-même, les véhicules faisant office de capteurs.

Le présent document de normalisation est destiné à spécifier le télégramme de données comportant les valeurs de mesurage transmises depuis les véhicules en direction des balises.

Les données décrites ici correspondent aux spécifications de la direction descendante pour l'application RGI.

(432)- NF P 99-320-Météorologie routière. Recueil des données météorologiques et routiers- 04/1998

La présente norme établit la terminologie nécessaire à la compréhension des termes utilisés pour le recueil des données météorologiques routières dans les domaines de la gestion et de l'exploitation de la route.

(433)- NF P 99-340- Information et exploitation routières. Langage de commande routier. Règles générales et bibliothèques- 12/1998

Le présent document définit les règles générales d'un langage (le Langage de Commande Routier, LCR) pour le contrôle et la commande de l'ensemble des équipements dynamiques utiles à l'exploitation de la route.

Il comprend la bibliothèque de commandes des équipements suivants : -- mesure du trafic routier ;

- panneaux à messages variables ;
- caméras de vidéosurveillance ;
- matrices de commutation d'images vidéo.

(434)- Produits électroniques- Le futur est annoncé- Note d'information SETRA N°58 - 06/ 98

Présentation des normes routières disponibles sur CD –ROM (NOEMIE) de la Documentation Technique Routière en mode électronique (DTR) et du projet de Conception Automatique des Pièces Techniques des marchés (CAPT)

Nota: sur ce sujet, voir aussi: (114), (150), (191), (200), (216), (239), (251), (265).9.2.2 Capteurs et mesures

2.2 Les variables de trafic

2.2.1 Caractéristiques fondamentales du trafic

La mesure des caractéristiques fondamentales du trafic: Q, V, T.O est très fréquemment évoquée, mais plutôt en relation avec des applications, ou avec des techniques de capteurs. On trouvera des références sur ce sujet dans:

(16)- H. SHIMIZU- Applications of state prediction algorithms to hourly traffic volume system- IVHS 95

L'auteur examine l'application de 3 algorithmes d'estimation d'états destinés à améliorer la précision de mesures de débits horaires effectuées par des détecteurs dont les résultats sont influencés par leur type et leur sensibilité, ainsi que la configuration du trafic.

Ces 3 estimateurs sont: un filtre de Kalman, un algorithme de lissage à intervalles fixes, et un filtre de Kalman MIPA (m-interval polynomial approximation). Les équations de ces filtres ainsi que les résultats obtenus sur quelques cas sont présentés.

(411)- S. CARE-COLIN et al.- La mesure des vitesses et ses applications - SETRA – CETE de l'Est -

Ce document tente de dresser un inventaire des moyens actuellement disponibles tant permanents que temporaires pour appréhender la vitesse des véhicules. A partir des capteurs de base et de la description de leurs principes de fonctionnement, il présente les différents matériels enregistreurs et les différents logiciels de traitement des mesures. Des conseils de pose et de choix des sites sont également donnés ainsi que les fondements des calculs statistiques. Ce document est en partie repris et fait l'objet d'une suite orientée milieu urbain (voir réf. suivante)

(412)- Connaissance de la vitesse en milieu urbain- Document élaboré par un groupe de travail piloté par le CERTU - à paraître fin 99

Après un rappel des enjeux liés à l'insécurité routière en milieu urbain, ce document traite des méthodes et des matériels de mesure des vitesses et des évaluations. Les aspects suivants sont plus particulièrement détaillés en annexe : pratiques actuelles des villes, description des matériels et des fichiers de mesures produits, résultats des essais, études de cas des évaluations réalisées.

2.2.2 Classification des véhicules

(318)- W-M. PAN- Automatic vehicle classification system- ASCE Conf. Application of advanced technologies in traffic engineering- 1991

Présentation d'un système de classification conçu pour les péages, dans lequel les véhicules sont divisés en 4 classes: petit, moyen, grand, spécial.

La classification est fondée sur les paramètres suivants: hauteur, nombre d'essieux, espacement entre essieux et diamètre des roues. Elle met en œuvre des cellules photoélectriques infrarouge de part et d'autre de la voie.

(362)- B. LEES et al- Loops over the treadle- TTI 99

Les dispositifs de classification au sol comprennent souvent 2 boucles entourant un capteur piézo. L'auteur présente un système de classification IDRIS-AVC dans lequel le capteur piézo, plus fragile, est remplacé par une boucle étroite dite « smart loop ».

Des tests réalisés en Floride sur des stations de péage, sur 45 000 passages de véhicules, ont fait apparaître un taux de détection de 99,97 % avec un intervalle de confiance de 95%. La distinction VL/PL se fait avec une précision de 99,5 à 99,7%.

L'arrière d'un véhicule est localisé à +/-30 cm près, ce qui permet le déclenchement précis d'une caméra.

La classification des véhicules est un thème souvent évoqué, notamment au sujet d'applications telles que le péage. On trouvera des références sur ce thème dans:

(4), (10), (16), (20), (107), (119), (121), (169), (224), (230), (253), (261).

2.2.3 Mouvements tournants et changements de voies

(303)- A. KESSACI et al.- Estimation des pourcentages directionnels à l'aide de capteurs magnétiques et d'informations en provenance de systèmes de guidage- RTS No28- Déc. 90

Les pourcentages directionnels au niveau des carrefours sont des données importantes pour la régulation des feux. Les auteurs montrent qu'une erreur de 20% sur ces paramètres peut conduire à des dégradations de la qualité de service de 6 à 8% suivant la méthode de commande utilisée. En conséquence ils proposent une méthode d'estimation de ces paramètres qui utilise des boucles magnétiques en entrée et en sortie du carrefour et l'information sur la couleur des feux. La méthode est fondée sur une formulation du type de Kalman prenant en compte des contraintes égalité et inégalité. Des résultats de simulation montrent que des paramètres variant dans le temps peuvent être estimés en temps réel. Enfin, ils montrent comment des informations en provenance d'un système de guidage peuvent être intégrées dans la méthode d'estimation.

(333)- T.K. YAMAMOTO- Two dimensional vehicle tracking using video image processing- VNIS 92- p.93

Utilisation du traitement d'image pour l'observation des changements de voies, des dépassements, et des mouvements tournants.

La méthode consiste à soustraire l'image de l'arrière-plan (background) de l'image courante, puis à éliminer les bruits et les effets d'ombre. Elle a la particularité de travailler sur les 3 couleurs fondamentales rouge, jaune, bleu. Elle permet des taux de détection et de poursuite de 97%.

2.2.4 Reconstitution de matrices O/D

(90)- Y. ASAKURA- Time dependent OD matrix estimation method using monitoring data in the Hanshin Expressway network- IVHS 97

La Hanshin Expressway est équipée sur 200 km d'un système d'identification des véhicules par **lecture automatique de plaques** comportant 53 caméras. Ce papier décrit le modèle mathématique de calcul de matrices O/D qui a été mis au point sur un tronçon expérimental de cette autoroute équipé de 4 de ces lecteurs pour 6 rampes d'entrée et 5 rampes de sortie.

(103)- R. MATO- Estimation of O/D traffic volume using AVIs- IVHS 97

Les évaluations de matrices O/D fondées sur le suivi de véhicules par **lecture de plaques minéralogiques** comportent des erreurs en raison du taux de reconnaissance des véhicules, qui est inférieur à 100%. L'auteur présente des méthodes de correction qui permettent de réduire le nombre de véhicules non reconnus.

(160)- Y. IIDA et al- A simple method for estimating O/D matrix on the urban expressway- IVHS 98 (3093)

L'auteur, japonais, passe en revue les différentes méthodes d'estimation dynamique de matrices O/D, pour les besoins de la régulation des autoroutes et des opérations de contrôle d'accès.

Il propose une méthode dite CMLS (combined minimum least square) qui permet de déterminer une matrice O/D en partant d'une matrice déjà connue (par l'examen des tickets de péage p.ex.), et en observant les débits par tronçons.

(166)- Y. ASAKURA- Verification of O/D matrix estimation model using AVI data on Hanshin Expressway- IVHS 98 (3034)

Ce papier présente, comme la référence (90) le système d'identification automatique de véhicules par lecture de plaques de la Hanshin Expressway comprenant 53 caméras espacées de 5 à 10 km sur environ 200 km entre Kobe et Osaka.

Après un rappel des méthodes de reconstitution de matrices O/D, un modèle simplifié est exposé, destiné à combler les lacunes du recueil de données qui ne permet pas la collecte complète de tous les débits sur toutes les O/D. L'auteur indique que les résultats sont moyennement satisfaisants.

(186)- N. VAN DER ZIJPP- A comparison of methods for dynamic origin-destination matrix estimation- IFAC Conference on Transportation systems- La Chanée- 1997

Une comparaison de différentes méthodes de reconstitution de matrices O/D - moindres carrés, moindres carrés contraints, filtrage de Kalman, approche Bayesian- à partir de données de comptage de trafic est effectuée d'abord sur un modèle de petit réseau puis sur des données réelles observées sur le périphérique d'Amsterdam. La méthode Bayésienne est celle qui permet la meilleure prédiction des pourcentages dans la matrice O/D, mais se révèle moins efficace pour prédire les débits dans les différents maillons du réseau.

(194)- L. BIANCO- Optimal location of traffic counting points for transport network control- IFAC 97-p. 890-895

L'exposé traite du choix de la position des capteurs pour la reconstitution de matrices O/D. Pour que les erreurs soient bornées, il faut que le trafic entre chaque O/D soit observé sur au moins un chaînon.

Une méthode théorique permettant de déterminer le nombre minimum de capteurs nécessaires et leur position est présentée en détail.

Des tests effectués sur un petit réseau avec 12 paires d'O/D ont montré que l'écart type moyen était de l'ordre de 9,5 à 12,5%.

(295)- M. DANECH PAJOUH- Estimation des matrices O/D par les comptages et la théorie de l'information- rapport INRETS No 126- Sept. 1990

Ce rapport évoque 2 méthodes de reconstitution de matrices O/D développées à l'INRETS:

- NEMROD, fondée sur un modèle gravitaire supposé expliquer la plupart des déplacements sur un réseau. Une matrice théorique est déduite de ce modèle et les mesures de débit servent à calibrer les paramètres du modèle.

- OEDIPE, fondée sur la notion d'entropie: cette méthode consiste à estimer la matrice « la plus vraisemblable » qui soit compatible avec les mesures de débit, la fonction de vraisemblance étant fondée sur la notion d'entropie de la théorie de l'information. Un avantage de cette méthode est qu'elle n'impose aucune hypothèse a priori, ni aucune estimation approchée de la matrice O/D.

(337)- M. BELL et al.- Techniques for dynamic estimation of O/D matrices in traffic networks- DRIVE Conference 1991

L'étude présentée se situe dans le cadre du projet ODIN. Il s'agit de déduire une matrice O/D de mesures de débits faites aux entrées/sorties d'un réseau.

Différentes méthodes sont envisageables:

- non récursive - moindres carrés
- non récursive- moindres carrés contraints
- estimation récursive
- filtrage de Kalman
- récursive- moindres carrés
- « discounted » least squares
- moindres carrés contraints généralisés (Kessaci)

Les auteurs préconisent la prise en compte des temps de trajet et des dispersions de pelotons.

Nota: sur ce thème, voir aussi: (19).

2.2.5 Détection automatique d'incidents (DAI)

(73)- J.M. MORIN et al.-Comparison of three different AID methods (video, radar, loop) in MELYSSA- IVHS 96

Dans le cadre du projet européen MELYSSA 3 sites près de Lyon ont été équipés pour la comparaison des performances en matière de DAI de capteurs à boucles, de capteurs vidéo et du radar BEATRIX en cours de développement chez Thomson-CSF.

Sur A43 un tronçon de 3,9 km a été équipé de 16 caméras associées au traitement d'image TRISTAR (INRETS/VELEC). Sur A46 un radar BEATRICES a été monté pour surveiller un tronçon de 540 m. Sur A7 enfin 12 caméras ainsi que des boucles inductives espacées de 500 à 1000 m ont été installées sur un tronçon de 5,3 km; 2 algorithmes de DAI -Californien-8 et filtrage de Kalman- ont été testés avec les boucles.

Les types d'incidents à détecter étaient l'arrêt d'un véhicule, et l'occurrence et la dissipation d'une congestion. Les critères d'évaluation étaient le taux de détection, le taux et la fréquence de fausses alarmes et le délai de détection.

Les meilleurs résultats ont été obtenus par la vidéo:

- taux de détection de véhicules arrêtés: 84 % en trafic fluide et 99 % en congestion, avec des fréquences de fausses alarmes respectivement de 0.77 et 0.05/j/km équipé et des temps de détection de 15 à 40 s.

- taux de détection d'occurrence/dissipation de queues: 100% une fréquence nulle de fausses alarmes et un temps de détection moyen de 120s.

Les performances du radar sont nettement inférieures. Les boucles ne détectent que les événements ayant des conséquences sur le trafic, et sont par conséquent inaptes à détecter un véhicule qui s'arrête dans un trafic fluide. Les délais de détection de queues sont également plus longs. Leur principal avantage est d'être moins coûteuses (dans un rapport 1,5 à 2) que la vidéo; cependant leurs coûts de maintenance sont près du double de ceux de la vidéo.

(23)- S. BOUZAR- AID: slow isolated vehicles and pedestrian detection on motorways using image processing - IVHS 95

Cet article de l'INRETS présente les résultats obtenus par le système Tristar-AID en matière de détection de véhicules lents (V de l'ordre de 20 à 40 km/h) et de détection de piétons.

Le principe de la méthode consiste à extraire les objets mobiles des images, à reconstituer leur trajectoire, et en déduire leurs vitesses. Les piétons se reconnaissent à leur taille, et à leur vitesse, inférieure à 6 km/h.

Les taux de détection des véhicules lents sont de 81 à 89% en tunnel, de 92 à 98% à l'extérieur et de jour, et de 100% à l'extérieur de nuit. Ils augmentent avec la vitesse du véhicule.

Les taux de détection de piétons sont de 90% de jour en extérieur, et de 100% en tunnel. Ils ne sont pas bons de nuit.

(24)- D.J. BROWERS- The ASTRID/INGRID incident detection system for urban areas- IVHS 95

ASTRID est une base de données historiques comportant les caractéristiques du trafic mesurées par les détecteurs du système SCOOT et stockées par périodes de 15 minutes. INGRID est une méthode de DAI fondée sur 2 algorithmes, l'un détectant les changements soudains dans les paramètres Q, T.O. entre 2 stations de détection consécutives, l'autre comparant les données actuelles avec celles de la base de données pour la même période.

Cet ensemble de programmes a été expérimenté à Southampton et commence à être installé à Londres.

Pour des incidents sévères le taux de détection est de 100%, avec un délai moyen de 4 minutes, et un taux de fausses alarmes de 0,006 F.A/carrefour/h.

(32) E. TANIGUCHI- Evaluation of AID system by image processing- IVHS 95- p.158-163-85

Cet exposé japonais indique que 7 sites sont équipés au Japon de systèmes de traitement d'image, 2 dans de fortes courbes et 5 en tunnel. L'objectif de ces systèmes est de détecter des incidents ou véhicules arrêtés afin d'informer les conducteurs en amont.

Les auteurs rappellent que le réseau autoroutier de Tokyo est équipé de 850 caméras, et que plus de 300 autres caméras seront installées en 1995. par ailleurs tous les tunnels de plus de 3 km sont équipés de caméras tous les 200 m. Quelques réalisations en matière de traitement d'image sont évoquées:

- la courbe AWAZA sur la Hanshin expressway dans laquelle les performances observées ont été un taux de détection de 93%, et une fréquence de fausses alarmes de 0,15 F.A/caméra/mois.

- le tunnel de Kuko Kita sur la Metropolitan expressway. Sur la boucle centrale de ce réseau autoroutier un tunnel de 11 km est en construction, et sera étendu de 9 km vers le Sud. La partie actuelle du réseau en tunnels est de 10 km. Deux de ces tunnels, de 870 et 620 m de long, 26 caméras sont installées, et 12 de ces caméras sont reliées à un système de traitement d'image.

Des essais sur un mois ont fait apparaître un taux de non détection de véhicules arrêtés de l'ordre de 3%, et taux de fausses alarmes de 1 F.A/semaine.

- le tunnel de Tachi-Touge sur la Chuo expressway. Dans ce tunnel de 3500 m de long, 47 caméras sont installées et reliées par groupes de 8 à 6 systèmes de traitement d'image, chaque caméra d'un groupe étant scrutée 2,5 s sur un cycle de 20 s. Le taux de non détection est de l'ordre de 4,5%, et le taux de fausses alarmes de 0,5/jour.

(118)- J-T. LEE- Application of modified Kalman filtering algorithm to signalised urban street incident detection- IVHS 97

Cet article américain présente un algorithme de DAI fondé sur un filtrage de Kalman qui fonctionne avec les données (Q,V,TO) d'une seule station de détection. Des tests effectués sur le simulateur NETSIM ont montré que cet algorithme produisait moins de fausses alarmes que des algorithmes fonctionnant avec les données de 2 stations adjacentes.

(69)- H. CHEN- An investigation of detector spacing and forecasting performance using neural networks- IVHS 97

Ce document anglais traite d'une étude portant sur l'effet de l'espacement des stations de détection sur les performances de méthodes de prédiction de trafic fondées sur différentes approches: analyse de configurations (pattern based), réseaux neuronaux, ARIMA, multifractales.

L'étude a été réalisée sur le modèle AIMSUN sur le cas d'un site du Kent. Le travail présenté porte sur la méthode neuronale, qui était du type « perceptron multicouches », avec 2 couches cachées. On part d'une configuration avec une station tous les 500m, puis on prend une station sur 2, sur 3, etc. Les résultats montrent que l'espacement des détecteurs a peu d'influence sur les performances, entre 500m et 2km, et qu'un espacement de l'ordre de 1 à 1,5km s'avère suffisant pour la DAI.

(121)- I. WILMINK- Incident prediction as a part of incident management- IVHS 97

Une étude hollandaise a été menée dans le cadre du projet In RESPONSE sur un module de prédiction d'incidents (IPM) destiné à anticiper sur la mise en place de mesures de prévention. Ce module calcule une probabilité d'incidents en fonction des conditions de trafic, de la météo et des caractéristiques de l'infrastructure. Des études menées dans la zone d'Utrecht ont montré que c'est le trafic qui a le plus d'influence sur cette probabilité, ainsi que certaines caractéristiques de la chaussée (zones de rencontre de flux).

(77)- Incident detection design: the effect of high false alarm rate on operator performance- IVHS 97

Une étude ergonomique a été menée aux Etats-Unis à l'Université Georgia Tech. (1036) sur un simulateur de Centre de gestion de trafic comportant 13 calculateurs en réseau, des stations de travail, un grand écran, et des outils logiciels constitués d'un modèle interactif de trafic

AUTOS et d'un simulateur de caméra de surveillance AUTOGRAPH. 50 sujets ont participé à diverses expériences sur la détection d'incident et comportant plusieurs phases:

- apprentissage de l'usage du réseau CCTV
- utilisation d'un système d'aide à la localisation d'incidents
- utilisation de PMV
- identification des incidents hors champ des caméras à partir des débits sur chaque voie
- utilisation de la radio à courte portée en bord de route HAR (Highway advisory radio).

Les principales observations qui se dégagent de ces essais en ce qui concerne les systèmes de DAI sont que ces systèmes améliorent les performances des opérateurs et leur temps de réaction. Un système de DAI est d'autant plus efficace qu'il a une forte probabilité de détection et un temps de réponse faible. Contrairement à ce qu'on pourrait imaginer, les meilleures performances sont obtenues avec un taux de fausses alarmes élevé, associé à une forte probabilité de détection.

(111)- V. MOUTAL- In Response- An experiment on integrated processing of an incident chain- IVHS 97

Cet exposé français présente les résultats d'essais de types de détecteurs - vidéo et radar - menés sur l'A4 dans le cadre du projet européen In RESPONSE. Il résulte de ces essais que la vidéo donne de meilleurs résultats que le radar pour la détection de véhicules arrêtés (taux de détection 90% contre 78%), ainsi qu'en matière de fausses alarmes pour la DAI. Il a été décidé en conséquence d'étendre l'expérience vidéo sur une longueur de 26 km de l'ensemble BP, A3, A4, A86, avec 41 caméras.

Voir également (17).

(130)- V. SISIOPIKU- Review and evaluation of incident detection methods- IVHS 98 (1016)

Cet exposé américain passe en revue les différentes méthodes de DAI existantes ou en développement:

- Méthodes conventionnelles fondées sur des boucles inductives, et pour lesquelles de nombreux algorithmes ont été mis au point: algorithmes comparatifs, algorithmes statistiques, séries temporelles, filtrage, utilisation de modèles.
- Les méthodes plus nouvelles fondées
- soit sur le capteur nouveau que constitue la caméra TV: IMPACTS, CCATS, AUTOSCOPE, VIC, AID (japonais).
- des algorithmes faisant appel aux réseaux neuronaux ou à la logique floue.
- des communications route-véhicules.

Des tableaux comparatifs sont présentés. L'auteur conclut en indiquant que les approches nouvelles apportent des gains en termes de taux et de rapidité de détection.

(132)- J. ROLLUS- Liège- Incident detection system- IVHS 98 (2129)

Liège est dotée d'un réseau autoroutier d'environ 80 km de long. Un système de DAI a été expérimenté, mettant en œuvre le procédé CCATS de **traitement d'images vidéo**. Ce procédé consiste à détecter les véhicules sur 2 lignes perpendiculaires à la chaussée, ce qui permet de déduire leur vitesse et leur longueur.

Les algorithmes utilisés sont:

- un algorithme de base fondé sur les mesures de T.O, V, et du nombre de véhicules légers et lourds à chaque point de comptage
- un algorithme de logique floue qui détecte les variations soudaines sur les valeurs de Q, T.O., V.

L'auteur rappelle les algorithmes testés dans DAISI: Californien simple et étendu, Pyne étendu, DELOS (algorithme statistique travaillant sur le T.O.), lissage exponentiel, Mac master.

Ces tests font apparaître que chaque algorithme est adapté à une certaine configuration de trafic.

(133)- T. SHINOZAKI- Abnormal incident detection system employing image processing technology- IVHS 98 (3077)

Le réseau autoroutier de la région de Tokyo a 2500 km de long et reçoit 1,16 millions de véhicules/jour. 10 000 cas de congestion sont recensés chaque année, dont 20% sont causés par des incidents ou des pannes.

900 caméras y sont installées, et un système de DAI par **traitement d'image** a été essayé. Les firmes impliquées sont Matsushita et Omron.

Les événements à détecter sont:

- véhicule arrêté
- véhicule lent (<20km/h)
- objet tombé (>50x50x100)
- changements de voie par des véhicules qui se suivent

L'algorithme utilisé procède à une extraction d'objets par différence d'images successives et par soustraction de l'arrière-plan de l'image courante. La DAI opère sur des mesures de vitesse, de taille d'objet, et sur le suivi des trajectoires des véhicules.

Des essais ont été faits dans 2 tunnels à d'une longueur totale de 2,3 km équipés de 84 caméras, sur 2 voies. En coordonnant les données de plusieurs caméras on améliore la détection et on suit mieux les changements d'environnement lumineux.

Sur 2 mois, sur 827 incidents, 72, soit moins de 10%, n'ont pas été détectés. Un délai de détection de 10s est prévu avant de déclencher l'alarme.

(134)- J.H HWANG- Development of an incident detection algorithm using discrete choice model- IVHS 98 (4094)

L'auteur rappelle que le principe des algorithmes de DAI consiste à choisir une variable dont le comportement et la distribution sont différents en trafic normal et en cas d'incident.

Il s'intéresse à la détection d'incidents en milieu urbain et propose un algorithme évaluant une probabilité d'incident par un modèle logit binomial.

L'algorithme a été testé sur une route à 3 voies à 80m d'un carrefour, sur laquelle sont recueillies les valeurs de Q, V et les intervalles temporels entre véhicules. Ces tests ont montré que l'on obtenait de meilleurs résultats qu'avec l'algorithme californien.

(139)- K. YOSHIKAWA- Vision systems for ITS using wide dynamic range camera- Application to license plate reading in parking lots- IVHS 98 (3160)

Toyota a étudié un procédé qui permet de s'affranchir des grandes variations de brillance, fonctions de la couleur de la carrosserie et de l'éclairage, que l'on rencontre dans le parc de véhicules.

Ce procédé repose sur l'utilisation de caméras à grande dynamique, de 10 E4 (contre 10E3 pour les caméras courantes, et à prendre 2 images, l'une claire, l'autre sombre, en jouant sur l'ouverture et la vitesse d'obturation. On peut soit utiliser 2 caméras, soit alterner les prises de vue sur une seule caméra. Il est possible d'obtenir ainsi des taux de reconnaissance en extérieur de l'ordre de 99,5 à 99,8%. Une application envisagée est la détection de places de parking occupées.

(167)- Y.C. KIM- Estimation of link travel time using vehicular detection devices in TRACKS- IVHS 98 (4067)

TRACKS est un système de régulation adaptative du trafic qui fonctionne sur 61 carrefours de Séoul. Il met en œuvre des détecteurs à boucles ayant les positions suivantes:

- au niveau de la ligne d'arrêt de chaque branche du carrefour, pour évaluer le degré de saturation
- à mi distance entre 2 carrefours et enfin très en amont pour mesurer vitesse et longueurs de queues.

L'estimation des temps de trajet se fait actuellement en mesurant les paramètres Q et T.O. La connaissance du T.O donne une approximation de la densité, et l'on en déduit $V=Q/\text{densité}$.

Des méthodes nouvelles ont été essayées pour évaluer les temps de trajet, fondées sur la logique floue et les réseaux neuronaux. Une validation de ces méthodes sur un tronçon sur lequel les temps de trajet réels étaient mesurés par lecture de plaques a montré que les réseaux neuronaux étaient meilleurs que la logique floue, laquelle était meilleure que la méthode actuelle. L'idée de fusionner logique floue et réseaux neuronaux est à l'étude.

(187)- A.P. CHASSIAKOS - *Detection of incidents and compression waves in freeways- IFAC 97-p. 113-118*

Cet exposé traite d'une méthode pour distinguer incidents et ondes de compression en vue d'améliorer l'algorithme DELOS de DAI, fondé sur des mesures lissées de différence de taux d'occupation entre capteurs successifs.

La méthode consiste à effectuer des corrélations croisées sur les mesures de T.O. entre capteurs, sachant que pour des capteurs situés de part et d'autre d'un incident cette fonction va avoir des valeurs très négatives pour des décalages de temps voisins de 0. Dans le cas d'une onde de compression on observe un maximum de cette fonction pour un décalage de temps <0 .

Des essais ont montré que DELOS associé à ce traitement de la fonction d'autocorrélation conduisait à des taux de fausses alarmes acceptables (1 FA/h) pour un taux de détection de l'ordre de 70%.

(188)- J. HOURDAKIS- *AIDDS: a system for developing and testing incident detection algorithms- IFAC 97- p. 119-124*

L'exposé traite d'un programme d'assistance pour le test d'algorithmes de DAI.

Il s'agit d'un système orienté objet fondé sur une base de données historiques créée à partir de données recueillies sur des capteurs sur sites réels, notamment sur les autoroutes du Minnesota.

(189)- K.F. PETTY- *Incident detection with probe vehicles: performances, infrastructure requirements and feasibility- IFAC 97- p. 125-130*

Présentation d'une méthode de DAI fondée sur la transmission périodique par téléphone cellulaire de données par les véhicules sur leur position et leur vitesse. Elle comporte les phases suivantes:

- filtrage des mesures avec un filtre de type moyenne mobile sur 20 s
- dérivation de V

- noter les endroits où les véhicules décélèrent vers un seuil donné de vitesse V_0 . Il s'agit de distinguer un incident de mouvements de type « stop and go ».

les tests montrent que cette méthode peut fournir des taux de détection allant jusqu'à 70%, et même 90% sur de véritables incidents en ligne (les cas d'arrêts de véhicules sur accotement étant plus difficiles à détecter), avec des taux de fausses alarmes <1 FA/h, et ceci avec des taux d'équipement de véhicules de l'ordre de 1/1000.

Cet exposé contient de nombreuses références.

(190)- T.P. HSU- *Image processing oriented incident detection algorithms using artificial neural networks- IFAC 97- p. 131-136*

L'exposé traite d'un algorithme de DAI fondé sur l'observation des **changements de voie** (méthode LCR: lane changing rate).

L'occurrence des changements de voie est différente en trafic normal et en situation d'incident. On les définit par la voie où ils se produisent, la distance par rapport à l'incident, et le temps.

En trafic normal on observe une relation polynomiale d'ordre 4 entre LCR et le débit.

On observe également qu'en cas d'incident la distance du changement de voie par rapport à l'incident est plus courte en trafic fluide qu'en trafic congestionné. Les créneaux jugés acceptables (gap acceptance) sont plus courts en cas d'incident qu'en trafic normal, et le LCR est plus élevé.

Un algorithme fondé sur les réseaux neuronaux a été mis au point avec comme entrées les valeurs de V, T.O. et LCR. Les résultats de tests font apparaître des taux de détection compris

entre 91,7% et 100% selon le trafic et la couverture de la caméra d'observation, et des temps de détection de 40s en moyenne.

(191)- Y.J. STEPHANEDES- Incident detection methods for surface streets incident management- IFAC 97- p. 137-141

Cet exposé traite d'une méthode de détection d'incidents sur un carrefour, fondée sur l'observation des changements intervenant sur les débits des différentes voies et mesurés sur des capteurs en aval du carrefour. cette méthode ne s'applique qu'à des feux à cycle et phases constants, car il faut tenir compte de l'effet des feux.

2 algorithmes ont été testés sur NETSIM:

- l'un fondé sur une comparaison de Q courant avec Q lissé durant la période passée avec un lissage de type moyenne mobile

- l'autre fondé sur les valeurs de Q lissé/voie rapportées à la somme des Q lissés sur l'ensemble des voies en regardant si ces ratios subissent des variations supérieures à un seuil donné.

Un test a été effectué sur un carrefour du Minnesota avec des capteurs à 100m des lignes de feux. L'algorithme 2 s'est avéré moins bon que l'algorithme 1 sur le plan du taux de détection à taux de fausses alarmes donné.

On obtient des taux de détection voisins de 90% avec un taux de F.A de 1,6%.

(192)- J.J. MARTINEZ et al.- AID in tunnels using image processing techniques- IFAC 97- p. 142-147

Le laboratoire espagnol LISITT a travaillé sur un système de DAI pour tunnels construit autour de l'architecture INVAID et comportant 2 modules principaux:

- IPM (Image processing module) dont le rôle est d'extraire les régions intéressantes de l'image, par différence entre image courante et image de l'arrière-plan (background).

- IDM (Incident detection module) qui définit des objets à partir des pixels sélectionnés par le module IPM, pratique des analyses spatiales et temporelles et compare l'image traitée avec des configurations de référence prédéfinis.

Les tunnels soulèvent des difficultés particulières liées à leur hauteur et à leur éclairage.

La position assez basse de la caméra crée des phénomènes de masquage, que l'on traite en gardant en mémoire les véhicules cachés temporairement.

L'éclairage du tunnel peut varier brusquement lorsque l'on adapte l'éclairage aux conditions d'ensoleillement extérieur, et peut susciter des détections erronées et des fausses alarmes. la solution consiste à suspendre temporairement le traitement lorsque ce type de variation de luminosité est détecté.

Un système baptisé VIGIL et comprenant 10 caméras a été implanté dans le tunnel du Prado à Madrid et surveille 6 voies sur 750 m.

(216)- S. DUNSTAN- IDRIS- incident detection for tunnels and confined areas- TTI 95

Ce système de DAI développé par WS Atkins (UK) a pour objet de détecter, avec un délai <10s, les véhicules arrêtés, ou roulant très lentement, les queues et la circulation à contresens.

Conçu pour les situations de trafic fluide aussi bien que pour un trafic élevé, il met en œuvre plusieurs algorithmes adaptés à ces différentes situations.

Il s'appuie sur des stations de détection à 4 **boucles inductives** pour 2 voies implantées à 100-120m d'intervalle.

En trafic fluide l'algorithme mis en œuvre consiste à vérifier qu'un véhicule détecté sur une station amont se retrouve bien sur la station aval dans un délai déterminé.

Des essais en tunnel ont montré que les performances obtenues étaient les suivantes:

- taux de détection des incidents: 100%

- fréquence des fausses alarmes: 1 F.A./jour.

- précision sur le comptage: 0,05%.

Ces chiffres ont été atteints à partir des dernières améliorations en cours portant sur la synchronisation entre stations et le traitement du signal des boucles, et marquées par le passage d'un dispositif Mark1 à Mark2.

(238)- T. DANIEL et al- AID: a key tool for intelligent traffic management- TTI 96

présentation du système de **DAI vidéo** de l'INRETS, commercialisé par Velec et Timeat.

Ses performances en DAI sont les suivantes:

- taux de détection: 82,7 à 90%
- 1 fausse alarme/4 jours

Il peut être exploité de façon centralisée, mixte (avec une station locale couvrant 16 caméras), ou distribuée. Cette dernière forme d'exploitation correspond à la station Mercure qui fait à la fois des mesures de trafic (**Q, V, T.O.**), des mesures de **visibilité**, et de la **DAI**.

Son coût, correspondant à une zone de surveillance d'1km est de 30 000\$, y compris mât, station et caméra, mais installation/connexion exclues.

(277)- K. ITO- Applying neural networks to AID- TTI Aug. Sept. 96

Description d'un système vidéo de détection d'incidents implanté dans une courbe (Awaza curve) de la Hanshin expressway, destiné à informer les conducteurs en amont par PMV.

2 types d'incidents sont détectés: les véhicules arrêtés, à l'aide d'une méthode de traitement par différence d'images, et les véhicules qui subissent un ralentissement en observant des anomalies dans leur diagramme espace/temps. En outre un réseau neuronal à apprentissage a été mis au point pour détecter les situations d'incident; ce réseau à 3 couches comporte 60 entrées recevant les valeurs de Q, V, T.O mesurées par minute sur 5 minutes et sur 4 détecteurs.

(296)- La DAI par analyse d'images video- ISIS Recherche Info- fiche No 1- déc.95

Cette fiche d'information reprend pratiquement les résultats évoqués dans la référence (17).

(312)- S. COHEN- Comparative assessment of conventional and new incident detection algorithms- 7th Conf. IEE - 1994

L'auteur rappelle les bases des différentes méthodes de DAI existantes:

- reconnaissance de formes: algorithmes californiens
- techniques statistiques, fondées sur la comparaison entre données prédites et données observées: méthodes bayésiennes, écart type, séries temporelles
- théorie des catastrophes: algorithme Mac Master.

Une comparaison de 4 algorithmes a été faite sur les données d'une base de données recueillies sur le boulevard périphérique parisien. Les algorithmes testés étaient: Californien 8, Mac Master, Delos, double exponentielle. Les paramètres, ou « seuils » de ces algorithmes étaient auparavant optimisés par une méthode INRETS d'optimisation des seuils.

Il apparaît que les 2 meilleurs algorithmes sont Mac master et Californien 8.

Leurs performances sur l'ensemble des conditions de trafic rencontrées dans la base sont:

- pour un taux de détection de 65%, le taux de fausses alarmes TFA est de 0,28/jour/station pour Mac Master, et de 0,46/jour/station pour Californien 8
- pour un taux de détection de 76%, TFA=0,73/jour/station pour Californien 8 et 1,56/jour/station pour Mac Master.

(315)-R.H. LEES et al. IDRIS- an algorithm for our time - 7h IEE International Conference on Road traffic monitoring and control- 1994

Présentation d'un système de DAI utilisant des stations de mesure à 2 boucles x 2 voies implantées tous les 100 m. Les stations sont synchronisées entre elles avec une précision de 200 ms. Chaque véhicule est détecté, avec sa vitesse, sa longueur, son intervalle avec le suivant, et sa direction. L'algorithme IDRIS permet la détection de véhicules arrêtés, de véhicules lents, de queues, et de véhicules à contresens. Il a été installé dans un tunnel britannique sur la A55. Les taux d'erreur de comptage obtenus sont de +/- 0,05%.

- (321)- P.G. MICHALOPOULOS- Incident detection through video image processing- ASCE Conf. Application of advanced technologies in traffic engineering- 1991

Le système Autoscope, au stade de prototype, est implanté sur la I94 près de Minneapolis, qui est équipée de 38 caméras. 2 approches sont expérimentées pour la DAI: utilisation de marqueurs dans chaque voie pour la mesure de vitesse (« speed traps »), et analyse complète de l'image (« image understanding »).

- (327)- L. AULTMAN-HALL- A catastrophe theory approach to freeway incident detection- ASCE Conf. Application of advanced technologies in traffic engineering- 1991

Présentation de l'algorithme de DAI développé par l'Université américaine Mac Master, et fondé sur la théorie des catastrophes. Cet algorithme travaille sur les données d'une seule station de mesure. Le principe de la méthode consiste à découper le plan Q/T.O en 4 zones correspondant respectivement à une situation normale, à l'aval d'un bouchon récurrent, à l'aval d'une restriction de capacité, et à une queue.

Les premiers tests de cet algorithmes sont prometteurs.

- (328)- Y.J.STEPHANEDES- Low pass filter for incident detection- ASCE Conf. Application of advanced technologies in traffic engineering- 1991

L'Université du Minnesota développe un algorithme de DAI mettant en œuvre un filtrage des données des capteurs avant traitement.

Les résultats obtenus sont meilleurs que ceux de l'algorithme Californien 7: pour un taux de détection de 60% le taux de fausses alarmes est de 0,15% contre 0,30% pour le Californien 7.

- (329)- J.M. BLOSSEVILLE- AID using image processing techniques: a specific system used in INVAID- ASCE Conf. Application of advanced technologies in traffic engineering- 1991

L'auteur présente des résultats obtenus dans le cadre du projet INVAID. les performances observées ont été les suivantes:

- taux de détection: >93%
- taux de fausses alarmes: 9 F.A./jour
- délai de détection: 15-30 s.

- (330)- S. SELLAM- Junctions automatic incident detection- ASCE Conf. Application of advanced technologies in traffic engineering- 1991

Présentation d'expériences sur la DAI au niveau de carrefours en milieu urbain menées dans le cadre du projet européen INVAID.

- (331)- E. CHANG- A NN approach to freeway incident detection- VNIS 92- p. 74

L'auteur présente des travaux sur l'apprentissage à partir de séries temporelles de données d'un système de DAI fondé sur un réseau neuronal. Une première approche a consisté à utiliser en entrée des valeurs de débits et de produits (cross products) de débits et a conduit à des taux de détection de l'ordre de 83%.

Une 2ème approche utilise en entrée des valeurs du débit prises à différents intervalles de temps. Les résultats dépendent beaucoup des données d'apprentissage.

- (338)-N. HOOSE- INVAID type B processor- use of rule based techniques to detect traffic incidents from qualitative traffic data- DRIVE Conference 1991

L'article présente une méthode de DAI fondé sur le système de traitement d'images IMPACTS- Un système expert permet de détecter les queues, les incidents, les pelotons.

- (339)- J.M. BLOSSEVILLE- AID using computer vision techniques- DRIVE Conference 1991

Description générale de systèmes de DAI développés dans le projet INVAID et de leurs applications sur autoroute et en milieu urbain.

(340)- R.D. BRETHERTON- Incident detection and traffic monitoring in urban areas- DRIVE Conference 1991

Présentation d'une méthode de DAI pour zone urbaine étudiée dans le projet MONICA et fondé sur des mesures de Q et T.O sur les capteurs utilisés dans SCOOT.

Cette méthode est en cours de développement.

(341)- N. HOOSE- Detection and traffic surveillance using the IMPACTS video analysis system- TTI 1994

Cet article détaille la méthode de DAI fondée sur le système de traitement d'images IMPACTS. Son principe consiste à découper la route en cellules adjacentes qui peuvent prendre 3 états: pas de véhicule/véhicule en mouvement- véhicule arrêté. On obtient ainsi une mesure de l'occupation spatiale de la chaussée qui permet de détecter les incidents.

Au cours d'une expérimentation de 170 heures on a observé 2 non détections sur 76 incidents, et 4 fausses alarmes.

(345)- A. LICHTER- AID and early driver warning systems for blank spots areas- TTI 94

Cet article de la société allemande PAT présente le système Roadguard comportant des capteurs à boucles et des capteurs de poids tous les 250 m. Ce système déclenche des alertes par des flashes répartis en bord de route dans les cas suivants:

- détection de congestion
- violation de limites de vitesse
- intervalles intervéhiculaires trop courts.

Il est testé au Portugal dans le cadre de DRIVE.

(346)- R.D. KÜHNE- Traffic data detection using artificial intelligence techniques- TTI 94

Présentation d'un système de DAI reposant sur des mesures de temps de trajet réalisées en corrélant les signaux recueillis sur des boucles inductives successives.

Un signal recueilli sur une boucle est échantillonné avec une période de 3 ms. La courbe obtenue est normalisée, puis décomposée en fonctions propres par la méthode de Karhunen Loewe, et les poids affectés à ces fonctions propres servent d'entrée à un réseau neuronal.

Ce réseau est soumis à un apprentissage portant sur les signatures de 1000 véhicules de chaque type.

Ce système a été expérimenté sur la B14 près de Stuttgart sur 8,6 km équipés de 10 stations de mesure.

(357)- S. COHEN et al.- Caractéristiques des incidents routiers- Une contribution de la technologie video- RTS N° 61- Oct. Déc. 98

Dans cet article consacré principalement à la gestion des incidents, l'auteur donne quelques indications sur les performances de la vidéo en matière de DAI, obtenues à la suite d'une expérimentation sur 3 caméras sur le Boulevard périphérique de Paris pendant 34 jours:

- taux de détection: 65 à 86 % selon les caméras
- taux de fausses alarmes: 1,5 F.A/jour pour l'ensemble des caméras
- temps de détection: 15 ms à 2 minutes- les délais maximaux correspondent à des situations de trafic dense où un véhicule arrêté peut être masqué pendant une grande partie du temps.

(407) Projet de guide SETRA - Détection Automatique d'Incidents – Sept.98

En peu de pages, ce guide tente de faire le tour de la question en traitant successivement :

Les enjeux - Les différents systèmes existants depuis les boucles électromagnétiques jusqu'au radar en passant bien sûr par la vidéo et sans omettre les recherches actuelles, notamment sur le capteur phonique - Les expérimentations - Les systèmes opérationnels avec tableaux comparatifs

(409)- A.I.D. Workshop Lyon - 21 sept. 94

Au cours de cette journée organisée par l'INRETS, ERTICO et le CETE de Lyon, de nombreux systèmes opérationnels ont été présentés ainsi que leurs évaluations réalisées dans le cadre de projets européens.

Nota: sur ce thème, voir aussi (209), (231).

2.2.6 Longueur de queues et bouchons

(159)- S. KUJIRAI- Introduction of congestion tail display system into Metropolitan expressway- IVHS 98 (3078)

Cet exposé japonais évoque les risques de collisions en file sur la Metropolitan Expressway de Tokyo, qui représentent près de la moitié des accidents, dont 7,4% surviennent sur des queues de bouchons. C'est pourquoi il a été décidé en 1996 de signaler ces queues de congestion (système CTD: congestion tail display) par PMV. 10 systèmes étaient installés en juin 98.

La détection de la congestion repose sur des détecteurs US disposés tous les 300 m, et mesurant les paramètres Q, V, T.O. Le cycle de mesure a été réduit à 10 s et on mesure la congestion à partir des mesures de V. Pour déterminer l'information à envoyer aux conducteurs on tient compte de la vitesse d'onde de propagation du bouchon, qui est de 300m/min, soit 18 km/h. La distance de la queue du bouchon est calculée par rapport à chaque PMV et est indiquée avec une précision de 100m. Les performances obtenues avec ce système sont les suivantes caractérisées par les coefficients de corrélation avec les observations réelles):

- mesure de la congestion à partir de V, sur 10s: 0,90
- position de la queue du bouchon: 0,94
- distance de rencontre avec la queue du bouchon: 0,84.

(322)- A. ROURKE-Traffic queue detection using video image processing- ASCE Conf. Application of advanced technologies in traffic engineering- 1991

Ce système de détection de queues et de zones de congestion met en œuvre un dispositif de **traitement d'image** simplifié. Le dispositif analyse des lignes de pixels à l'intérieur des voies et parallèles à celles-ci: on peut obtenir ainsi la distribution longitudinale des véhicules sur une voie et en déduire la présence d'une congestion.

(344)- M. DANESHFAR- Monivision- Queue detection and integrated TMS- TTI 94

Cet article traite essentiellement de la compression de données vidéo et de leur transmission sur ligne téléphonique en vue d'un examen visuel et d'un enregistrement dans un PC.

(408)- Détection Automatique d'Incidents : projet de guide SETRA 09 /98

En peu de pages, ce guide tente de faire le tour de la question en traitant successivement :
les enjeux

Les différents systèmes existants depuis les boucles électromagnétiques jusqu'au radar en passant bien sûr par la vidéo et sans omettre les recherches actuelles, notamment sur le capteur phonique.

Les expérimentations

Les systèmes opérationnels avec tableaux comparatifs

(409)- A.I.D. Workshop Lyon le 21 septembre 94- Journée ERTICO- INRETS - CETE de Lyon

Au cours de cette journée de nombreux systèmes opérationnels ont été présentés ainsi que leurs évaluations réalisées dans le cadre de projets européens.

Nota: sur ce thème, voir aussi: (11), (193).

2.2.7 Estimation des temps de trajet

(13)- S. SEKI- Travel time measurement and provision system using AVI units- IVHS 95

Description du système d'évaluation des temps de trajet de la Préfecture d'Ibaraki, en vue d'une information diffusée par PMV.

Le système met en œuvre des caméras associées à un éclairage infrarouge, avec **lecture automatique de plaques**. L'article décrit le processus de reconnaissance de la plaque et de lecture du numéro, mais ne donne pas les performances du système.

Une prédiction des temps de trajet à afficher est effectuée à partir des temps de trajet mesurés et d'une base de données historiques. Cette prédiction est fondée sur une simple règle de trois.

(15)- K. TAKISAWA- Traffic information processing system: advanced traffic control system of Tokyo Metropolitan Police Department- IVHS 95

Cet article présente la méthode de prédiction des temps de trajet indiqués aux conducteurs dans la zone de Tokyo, qui représente 2100 km de grands axes, 1500 carrefours principaux et 6000 sections principales, et qui est couverte par 1400 stations de détection.

Tout d'abord un niveau de congestion est évalué par chaînon, par logique floue, à partir de mesures de la vitesse des véhicules. Ces niveaux de congestion calculés pour chaque station de détection permettent, à l'aide d'une formule linéaire, de situer la queue de la congestion entre 2 stations. Les temps de trajet sont estimés par chaînon à partir de la longueur du chaînon et des données sur la longueur de queue dans le chaînon.

Les prédictions de temps de trajet se font à partir de ces valeurs estimées, et de bases de données contenant les historiques des valeurs mesurées et des valeurs estimées pour chaque période de 5 minutes de la journée. Cette base de données qui porte sur un mois d'informations sur le trafic, 16 jours d'informations sur les contrôles de feux, et 8 jours d'informations fournies aux automobilistes, occupe 32 Gbytes.

L'article présente quelques courbes montrant une bonne adéquation entre temps de trajet prédits et temps de trajets mesurés.

(17)- K. TAKAHASHI- Measuring travel time using pattern matching techniques- IVHS 95

Cet article d'Hitachi propose une méthode de mesure de temps de trajet entre 2 points fondée sur l'identification de groupes de véhicules caractérisés par un arrangement donné de PL et de VL de différents types, à l'aide de détecteurs capables d'évaluer la longueur des véhicules.

Des observations faites durant 2 heures sur un trajet comportant 3 segments de l'ordre de 1,2 km ont montré que de tels groupements de véhicules pouvaient se propager et être reconnus sur de telles distances. On peut noter que sur ce parcours les pourcentages de VL et PL étaient respectivement de 73,2% et 26,8%. Une étude en simulation a permis de vérifier que la méthode de reconnaissance était suffisamment robuste pour supporter des changements d'ordre de véhicules. Une application sur site réel a montré que sur le passage de 1500 véhicules sur une période de 2 heures 60 groupes pouvaient être discriminés, et que les taux d'erreur sur les évaluations de temps de trajet se situaient entre 4 et 9%, suivant le segment considéré.

(18)- EL FAOUZI et al.- Travel time estimation on urban networks from traffic data and on-board trip characteristics- IVHS 95

Les temps de trajet sur un réseau dépendent de l'«impédance» de chaque itinéraire, qui peut être caractérisée par des informations de diverses sources: capteurs, équipements embarqués, événements exogènes liés aux feux ou aux obstructions éventuelles.

Un modèle d'estimation du temps de trajet à partir des caractéristiques du trafic, Q, V, T.O. est présenté. puis le papier examine comment combiner, ou «fusionner», à l'aide d'une pondération, cette estimation avec d'autres données fournies par des véhicules ainsi qu'avec des données sur l'état des feux. Quelques résultats sur l'influence respective de différents paramètres sont fournis suite à une expérimentation sur la ZELT de Toulouse;

(19)- K. YASUI- Use of AVI information linked up with detector output in travel time prediction and O/D flow- IVHS 95

L'auteur propose des méthodes de prédiction des temps de trajet sur un réseau, et d'estimation des **matrices O/D**.

En matière de temps de trajet il évoque 2 méthodes existantes consistant à faire des évaluations par chaînons d'un réseau en utilisant soit des données Q et T.O. sur l'état du trafic, soit des mesures de vitesse des véhicules. Il propose un modèle de prédiction fondé sur un filtrage de Kalman, qui, testé en simulation, donne des erreurs moyennes inférieures aux erreurs liées aux 2 autres méthodes. Des tests ont également été faits sur sites réels en mesurant les temps de trajet par un dispositif d'identification des véhicules.

Pour la détermination de matrices O/D, la méthode proposée consiste à combiner des estimations de temps de trajet permettant de déduire une affectation des véhicules sur le réseau, et une mesure des débits par chaînon. Des tests ont été effectués sur un réseau théorique de 9 nœuds et 24 chaînons.

(20)- J. ORSELLI- Assessment of existing methods of travel time acquisition and measurement- IVHS 95

L'article évoque le recueil de données en région parisienne, qui met en œuvre 2500 stations, dont le coût, en incluant les transmissions, s'élève à 250 M\$.

Il présente les différentes méthodes de mesure de temps de trajet fondées sur:

- la reconnaissance de véhicules à l'aide de badges ou par lecture de plaques. En France des expériences ont été faites sur la lecture de plaques en 1990 avec 2 sociétés: Elsydel et Electronique Lyonnaise.
- la reconnaissance de groupes de véhicules à partir de capteurs classiques, méthode prometteuse mais qui n'a pas donné lieu à de réalisations.
- la méthode des véhicules flottants, qui peut être envisagée avec des véhicules équipés de systèmes de guidage dynamiques
- le calcul à partir de mesures de vitesses faites par exemple par caméras vidéo
- le calcul à partir d'autres caractéristiques du trafic, notamment le T.O. Cette dernière méthode est la meilleure des méthodes disponibles actuellement.

(21)- M. SAITO- Prediction and dissemination system for travel time utilizing vehicle detectors- IVHS 95

Cet article présente 2 méthodes de prédiction de temps de trajet mises en œuvre sur des autoroutes de Aomori Préfecture au Japon. Ces méthodes utilisent les données sur les caractéristiques du trafic fournies par un réseau de détecteurs à ultrasons. L'une, de type auto régressif, est fondée sur les changements de conditions de trafic sur les dernières 30 minutes; l'autre, de type statistique, est fondée sur l'analyse des différences de temps de trajet au cours des jours précédents. Le temps affiché aux conducteurs est une moyenne pondérée des temps prédits par ces 2 méthodes.

Des tests sur site réel ont montré que les différences entre les valeurs prédites et les valeurs mesurées étaient de l'ordre de 11 à 14% sur des trajets de 12 à 18 minutes.

(22)- P.V. PALACHARLA- On-line travel time estimation using fuzzy neural network- IVHS 95

L'auteur présente une méthode de prédiction de temps de trajet fondée sur un réseau neuronal à apprentissage travaillant sur des données floues de débit et de taux d'occupation. Il en compare les résultats avec ceux d'un système expert fonctionnant avec des règles floues, et montre que le réseau neuronal a une précision nettement meilleure que le système expert.

(28)- Y. MAKIGAMI- Basic study on travel time measurement using AVI systems in connection with congestion- IVHS 95

L'auteur présente des résultats de mesures de temps de trajet effectuées sur un tronçon d'autoroute comprenant une jonction à fort trafic, à l'aide de dispositifs de **lecture de plaques** minéralogiques. 7 caméras permettaient d'observer le trafic au niveau de la jonction, et 6 caméras avec lecteur de plaques servaient aux mesures de temps de trajet sur une distance d'environ 7 km. Les taux de reconnaissance observés se situaient entre 65 et 85%.

Le principal résultat obtenu est que sur une configuration autoroutière de ce type il existe de très fortes fluctuations dans les temps de trajet, et qu'il est difficile de dégager une formule fiable de prédiction.

(67)- J.M. MORIN- *Travel-time on interurban motorways: on-line estimation and drivers information needs- Some results in France- IVHS 97*

Cet exposé d'ISIS présente une analyse de différents modèles utilisables pour l'évaluation des temps de trajet:

- modèle TPI (temps de parcours instantané) utilisé sur le Boulevard périphérique, et fondé sur des mesures de vitesses sur des stations de détection régulièrement espacées
- modèle TPR (Temps de Parcours Reconstitué), temps de trajet d'un conducteur ayant atteint sa destination à l'instant présent
- modèle TPP (Temps de Parcours Prévu), fondé sur une prédiction sur un horizon égal au temps de parcours vrai (TPV).

Une évaluation de ces modèles a été faite sur les autoroutes A7 et A9, équipées de stations tous les 9km, pour des voyages durant plus de 2h30. Le modèle TPI s'est révélé très instable. Les meilleurs résultats (avec une erreur de 10%) ont été obtenus avec le modèle TPR. Le modèle TPP, fondé sur l'utilisation des outils MITHRA/SIMRES, qui n'avaient pas été calibrés, a conduit à des erreurs de l'ordre de 25 à 30%.

Une enquête auprès des usagers a montré que, sauf chez les Parisiens, il y avait une préférence pour des informations de type « longueur de queue » ou « retards » plutôt que « temps de trajet ».

(73)- J.P.BAUMGARTNER- *Travel time computation using vehicle probe tags*

Aux Etats-Unis le projet TRANSGUIDE de San Antonio prévoit l'utilisation massive de données de « véhicules traceurs » (78000 badges) pour la mesure des temps de trajet, et une méthodologie d'estimation a été mise au point. Ce système sera opérationnel début 98.

(125)- P.L. SORENSEN- *Travel time information system based on AVI- IVHS 97*

Au Danemark on s'intéresse à la mesure de temps de trajet par « véhicules traceurs », et une expérience a lieu au Nord de Copenhague avec 2500 véhicules équipés de badges hyperfréquences à 5,8 GHz, en vue de recueillir des données destinées à permettre la transmission aux conducteurs par radio et par PMV d'indications sur les retards. Les résultats sont corrects environ 64% du temps. Le nombre de véhicules équipés est en fait insuffisant, et les auteurs préconisent l'utilisation de dispositifs de lecture de plaques.

(126)- U. FASENRATH- VERDI- *From field trial to deployment with special focus on floating car data- IVHS 97*

Cet article décrit le programme allemand VERDI de mesure de temps de trajet et d'information aux conducteurs qui a été lancé en mi-96 sur fonds privés par Mannesmann (service PASSO) en Rhénanie du Nord et Westphalie, avec 850 véhicules équipés d'un système GPS/GSM.

(101)- L. ENGELSON- *Recursive forecasts of travel time for advanced traveler information systems- IVHS 97*

Cet exposé suédois s'intéresse à la **prévision « réursive »**, c'est-à-dire tenant compte de la réaction des usagers aux informations qui leur sont diffusées: c'est ainsi que le temps de trajet réel sur un itinéraire va dépendre du comportement des conducteurs vis-à-vis des prévisions qu'ils reçoivent. Différents modèles de comportement avec leurs conséquences sont analysés.

(104)- K. CHOI- *Data fusion for generating the link travel time with insufficient data sources- IVHS 97*

L'auteur aborde la question de l'évaluation des temps de trajet sur des itinéraires où l'on dispose d'un nombre insuffisant de sources de données. On doit procéder dans ce cas à une

fusion des données fournies par toutes les sources disponibles: capteurs ponctuels, caméras TV, véhicules traceurs.

Une méthode est proposée, fondée sur la logique floue, et reposant sur une combinaison linéaire des données provenant des différentes sources:

- pour les détecteurs ponctuels on peut corrélérer la vitesse et une combinaison $Q+kxTO$
- les images des caméras permettent de classer intuitivement le trafic en différents niveaux
- pour les véhicules traceurs, on doit tenir compte des erreurs de localisation par GPS.

On se sert de modèles de type EMME 2, TRANPLAN, SATURN pour procéder à une évaluation initiale des temps de trajet.

(105)- W. SCHOEBER- *Accessing the potential of short term prognosis in a dynamic route guidance system by evaluating its floating car data- IVHS 97*

Une comparaison a été effectuée à Berlin entre des méthodes de mesure de temps de trajet fondées respectivement sur des véhicules traceurs, et sur l'utilisation de données historiques.

Cette dernière méthode consiste à établir les profils de temps de trajet pour un jour de référence, à intervalles de 15 minutes, à partir de mesures passées. On constate que 90% des jours sont « normaux » et présentent peu de variations sur les mesures, et que 10% sont « anormaux ». Quand on se réfère à un jour bien déterminé on constate que les temps de trajet sur différents itinéraires ne sont pas tous suffisamment établis sur un nombre suffisant de mesures, et il est préconisé d'employer une méthode de groupage (clustering) consistant à combiner les données de plusieurs jours.

(106)- M. MARUYAMA- *Measurement of travel time using vehicle height information- IVHS 97*

Ce système de mesure de temps de trajet est fondé sur l'utilisation de paires de détecteurs à ultrasons espacés de 1 à 2 km. Ces détecteurs permettent de déterminer le profil en hauteur des véhicules et de déterminer leur catégorie. On peut ainsi effectuer des corrélations entre les mesures faites sur 2 stations successives et en déduire des temps de trajet. Une comparaison faite avec un système à lecture de plaques minéralogiques a montré que le procédé donnait des résultats satisfaisants.

(112)- W. KOENIG- *The operation of a dynamic road guidance system- Experiences from the dynamic traffic guidance Berlin- IVHS 97*

Dans le **système de guidage dynamique** de Berlin expérimenté depuis 1996 la mesure des temps de trajet se fait par 650 véhicules traceurs équipés pour communiquer avec des balises implantées sur 350 carrefours. Ces véhicules ont été choisis parmi des candidats effectuant plus de 45 minutes de trajets par jour.

Ces mesures ont fait apparaître que les temps de trajet déduits de données historiques n'étaient pas corrects et que les vitesses étaient surestimées. Dans la pratique on s'appuie sur des données historiques en début de journée, puis on introduit progressivement les données de véhicules traceurs.

Ceux-ci servent en outre à:

- identifier les zones de congestion
- analyser les conséquences pour le trafic des travaux de génie civil
- optimiser les systèmes de priorité aux autobus
- ajuster les plans de feux.

(113)- K. OBERSTEIN- *Collection and use of floating car data experience from Berlin- IVHS 97*

Cette communication porte sur le **système de guidage** de Berlin dont les voitures équipées jouent le rôle de véhicules traceurs (floating cars). Les caractéristiques du réseau sont: 2750 km, 19000 chaînes, 650 « floating cars » (soit 0,05% du parc) et 350 carrefours équipés de balises. Sur un jour seuls 36% des chaînes bénéficient d'une mesure FCD (floating car data) au moins, et il faut 6 semaines pour arriver à un niveau de saturation, c'est à dire à un stade où le pourcentage de chaînes et de créneaux temporels pour lequel on obtient des données FCD

n'augmente plus. Différentes stratégies de guidage ont été étudiées à la fois sur site et sur modèle VISUM.

- guidage statique fondé sur la géométrie du réseau et la connaissance de certains événements. Les temps de trajet évalués ainsi de façon statique ne sont pas corrects et la vitesse est généralement surestimée

- guidage fondé sur des données historiques

- guidage dynamique (DRG) fondé sur des mesures temps réel: ce niveau n'a pu être traité correctement faute d'un nombre suffisant de FCD.

Il apparaît que le guidage sur données historiques permet des gains de 5% pour 58% des véhicules et de 10% pour 40% des véhicules.

(114)- C. NOUVELIERES- *Travel times on urban controlled links: a neural network approach- IVHS 97*

Cet exposé décrit l'expérimentation à Paris d'une méthode de corrélation par réseaux neuronaux entre temps de trajet et mesures faites sur détecteurs ponctuels à boucles, en mettant en œuvre un algorithme d'apprentissage développé par l'INRETS, et travaillant à partir d'une base de données. L'apprentissage implique entre 50 et 250 faits. Les premières évaluations ont fait apparaître un taux d'erreur de l'ordre de 16,5%.

(115)- A. ABE- *The correction of the forecasting travel time by using AVI data- IVHS 97*

Au Japon des comparaisons sont faites sur la Hanshin Expressway entre des mesures de temps de trajet fondées sur des mesures de vitesse par détecteurs à boucles, et des mesures directes par lecture de plaques minéralogiques. Celles-ci conduisent à une certaine dispersion des résultats du fait des erreurs de lecture.

Une **fusion** des données fournies par les boucles et par les lecteurs de plaques a été réalisée, et on en vérifie les performances.

(116)- M IWASAKI- *Classification of historical mean speed patterns on a motorway for a travel time prediction technique- IVHS 97*

L'auteur présente des travaux effectués au Japon, et non encore achevés, pour améliorer les prédictions de temps de trajet fondées sur des données historiques en utilisant un filtrage de Kalman.

La base de données est alimentée par 100 détecteurs fournissant les valeurs des débits, T.O et vitesses par périodes de 5 minutes.

Les prédictions se font en classant ces données historiques selon le jour, la météo et les conditions de trafic (congestion ou non). Il apparaît qu'en conditions de congestion les résultats présentent beaucoup de dispersion.

(182)- A.J. JOCHEM- *Floating car data (FCD) in Netherlands- IVHS 98 (2109)*

L'auteur rappelle d'abord la structure du système d'information sur le réseau autoroutier néerlandais: ce système est articulé autour d'un Centre d'information (TIC) qui collecte les données en provenance de capteurs à boucles, et de véhicules traceurs (floating cars), et qui alimente

- d'une part des services d'information (ATIS) généralement privés

- d'autre part le système de gestion du réseau (ATMS).

Il dresse un bref historique des recherches menées récemment sur l'utilisation de FCD dans différents projets: SOCRATES, ADVANCE, EUROSCOUT, VERDI.

Les véhicules traceurs sont équipés d'un moyen de localisation (GPS) et transmettent régulièrement leur position à un PC. Des recherches ont montré qu'un taux d'équipement de 2% (soit 100 000 véhicules aux Pays-Bas) suffit pour avoir une connaissance convenable du trafic.

Les aspects organisationnels et institutionnels - relations public/privé, confidentialité- sont plus complexes que les aspects techniques.

C'est notamment pour étudier les problèmes organisationnels qu'un test a été lancé dans la région de Rotterdam avec 60 véhicules équipés choisis dans des flottes de taxis, de voitures de location ou de véhicules de livraison. Ces véhicules mesurent toutes les 10 secondes leur position et leur vitesse, et envoient des groupes de 30 données toutes les 5 minutes par GSM vers un PC. Ces données servent à bâtir des messages d'information diffusés par RDS-TMC et Internet.

Cette expérimentation a démontré la faisabilité d'un tel système et mis en évidence les divers problèmes organisationnels rencontrés.

Le coût des transmissions de données est de 20 écus/véhicule/an.

(147)- T. KUROHAWA et al- A study on travel time prediction method on intercity expressway using traffic capacity at bottlenecks- IVHS 98 (3060)

Au Japon des informations sur les temps de trajet sont fournies aux conducteurs sur plusieurs autoroutes, p.ex. sur Tokyo-Nagoya ou Nagoya-Kobe.

Actuellement on dispose de stations de mesure tous les 1 à 2 km, et les calculs de temps de trajet sont effectués à partir des mesures de vitesse sur les 5 dernières minutes. Il ne s'agit par conséquent pas de prédiction.

L'auteur présente une méthode de prédiction des temps de trajet fondée sur la connaissance des bouchons: en cas de congestion le temps de trajet jusqu'à un bouchon dépend du nombre de véhicules avant le bouchon et de la capacité au niveau du bouchon.

Une comparaison de cette méthode avec la méthode conventionnelle sur une portion d'autoroute a montré que l'écart quadratique de l'erreur passait de 5,3 à 3,49, et que le coefficient de corrélation entre temps de trajet calculés et observés passait de 0,94 à 0,965.

(148)- LEE SUNGJAE et al.- Comparison of models for predicting short term travel times- IVHS 98 (4062)

Cet exposé coréen présente les différentes méthodes utilisées pour la prédiction de temps de trajet à court terme: régression multiple, ARIMA, filtrage de Kalman, réseaux neuronaux.

Des tests sur modèle montrent que les résultats les meilleurs sont obtenus par filtrage de Kalman, puis par les réseaux neuronaux.

(149)- S.MATSUMARA- Experimental verification of travel time prediction method- IVHS 98 (3212)

Au Japon les temps de trajet sont diffusés par le système VICS ou par PMV. Ils sont estimés par 3 méthodes:

- mesures de vitesses par détecteurs au sol et calcul de temps de trajet par tronçons
- par lecture de plaques minéralogiques
- par communications bidirectionnelles sur liaison infrarouge entre sol et véhicules.

Une nouvelle méthode de prédiction est à l'étude, fondée sur une combinaison des temps de trajet actuels par tronçons, et de données historiques.

Un test mené au voisinage d'Osaka sur un trajet de 20 km a montré que l'erreur moyenne était de l'ordre de 10,2 minutes, soit 11,4% sur un temps de parcours moyen de 90 minutes.

(150)- YOUNG TAE SON- Estimating arterial link travel time using loop detector output- IVHS 98 (4024)

Cet exposé coréen considère l'évaluation du temps de trajet entre les lignes d'arrêt de 2 carrefours successifs. Ce temps est affecté par les queues éventuelles et par les feux du carrefour aval.

Les données sont fournies par des **détecteurs à boucle** situés près de la ligne d'arrêt et fournissant des mesures de Q, V, T.O.

L'auteur développe une méthode analytique de calcul du temps de trajet en fonction du cycle et du décalage des feux.

Un graphique montre les résultats, assez satisfaisants, obtenus sur une artère réelle.

(151)- T. OTOKITA- Travel time prediction based on pattern extraction from database- IVHS 98 (3066)

Cet exposé de Matsushita présente une méthode de prédiction des temps de trajet reposant sur l'hypothèse que les conditions de trafic ont une certaine périodicité et qu'elles se reproduisent dans le temps. La méthode a l'intérêt de n'exiger que des stations de détection simples ne fournissant que les débits, et n'exigeant pas 2 détecteurs par voie.

Pour une zone donnée elle consiste à établir un vecteur X_t dont les composantes sont les débits à l'instant t sur les différents points de mesure de la zone, puis à chercher dans une base de données historique la situation présentant le vecteur X le plus proche du vecteur observé X_t . On ne s'intéresse évidemment dans cet historique qu'aux cas pour lesquels des temps de trajet ont été mesurés et archivés.

Une évaluation en simulation, en utilisant des valeurs de débits et de temps de trajet réellement mesurés, a été effectuée sur un modèle de tronçon de la route nationale 1 à Yokohama équipé de 22 détecteurs US sur 15 points. par rapport aux valeurs mesurées, les valeurs calculées des temps de trajet présentaient des erreurs de 7,74% et un coefficient de corrélation de 0,928.

(152)- C-Y. CHOI- Development of a link travel time prediction algorithm for urban expressway- IVHS 98 (4089)

L'auteur propose un algorithme fondé sur le filtrage de Kalman pour prédire des temps de trajet à partir de données de type Q , V , T.O. recueillies à partir de 17 caméras sur l'Olympic Expressway de Séoul.

Il rappelle les principes d'autres algorithmes utilisables: séries temporelles (ARIMA), bien adaptées à des situations stationnaires, et réseaux neuronaux à couches multiples.

Des comparaisons effectuées sur les 3 méthodes sur le critère de la mesure de vitesse montrent que ces 3 méthodes donnent des résultats satisfaisants, avec un taux d'erreur de l'ordre de 3 à 4%, mais que le filtrage de Kalman est un peu meilleur sur les prédictions à court terme.

(164)- C.G. PARK et al. - Determination of optimal number of probe vehicles for real time traffic flow information- IVHS 98 (4088)

Cet exposé coréen s'intéresse à la détermination du nombre optimal de véhicules traceurs pour la mesure des temps de trajet dans un système de guidage dynamique. Il présente une méthode de calcul de ce nombre en partant des hypothèses suivantes:

- on connaît les débits D_i sur tous les chaînons i ($i=1.....k$) du réseau
- les véhicules traceurs ont la même probabilité d'être détectés sur un chaînon donné à un instant donné.

Cette méthode résout le problème suivant: pour α et β donné, on cherche à fixer N , nombre de véhicules traceurs, pour que la probabilité: $P(X_i/D_i > \alpha, \dots, X_k/D_k > \alpha) > \beta$

Un exercice a été fait sur le réseau autoroutier coréen comprenant 196 chaînons à un sens. Avec $\alpha=0,1$ et $\beta=0,9$, on arrive à $N=2750$.

(199)- J. ANDERSON- Travel time prediction in urban road networks- IFAC 97- p. 1181-1186

Présentation d'une méthode de prédiction des temps de trajet en milieu urbain fondée sur une extension du modèle de Kimber et Daly et utilisant des mesures de T.O en plus des mesures de Q .

L'objectif est de prédire des temps de trajet par chaînon d'un réseau à partir de données fournies par des détecteurs situés en amont des carrefours: durant un cycle on ajoute à la file d'attente les véhicules passant sur le détecteur, dont la vitesse est dérivée du rapport T.O/ Q . Durant le vert les véhicules s'écoulent au débit de saturation.

La méthode a été calibrée sur le modèle VISSIM et testée une base de données « Instrumented City » réalisée à partir de mesures faites sur Leicester et Nottingham. Ses résultats se sont révélés meilleurs que ceux de Kimber et de la méthode SCOOT.

(200)- H.J.M. VAN GROL- Evaluating the use of induction loops for travel time estimation- IFAC 97- p. 1187-1192

Les temps de trajet entre une origine et une destination sont souvent évalués par tronçons en se servant de mesures de vitesse sur ces tronçons. Par rapport au temps de trajet réellement perçu sur ce trajet, cette évaluation introduit 2 distorsions:

- il s'agit d'une mesure instantanée ne tenant pas compte de l'évolution éventuelle du trafic sur la durée du temps de trajet
- les mesures de V sont des moyennes temporelles et non spatiales.

Des tests ont été réalisés sur des données recueillies en 1994 pendant 3 mois sur 31 stations de l'autoroute néerlandaise A12, ainsi que par véhicules flottants.

Ces mesures ont permis 'observer qu'il existait des variations considérables sur la vitesse des véhicules en fonction de la voie et de la catégorie du véhicule. Il n'y a pas « un temps de trajet entre A et B », mais une distribution de temps de trajet, avec une moyenne et un écart type, qui devrait être indiqué.

(201)- J.M. MORIN- Real time estimation of travel times on interurban motorways- IFAC 97 - p. 1193-1198

Une méthode d'évaluation de temps de trajet a été expérimentée sur un tronçon de 17 km d'A6 par ISIS et la SAPRR. Cette méthode distingue (cf (67) en tête de cette rubrique):

- TPI: temps de parcours instantané
- TPR: temps de parcours reconstitué (sur des données passées)
- TPV: temps de parcours vrai
- TPP: temps de parcours prédit

L'algorithme d'ISIS utilise une modélisation du trafic à partir de mesures de débits aux entrées/sorties.

Les mesures faites au cours des essais montrent que l'écart entre TPI et TPV est de 20% en moyenne.

(202)- D.K. PARBAT- An approach to determine Volume-Travel Time relationship for corridors- IFAC 97- p. 1199-1202

Cet article indien présente les résultats de mesures de temps de trajet faites sur 4 tronçons de corridors de 2 à 6 km avec comptages manuels et véhicules tests afin de définir une relation entre temps de trajet et débits. Cette relation dépend de divers paramètres:

- non homogénéité du trafic, caractérisée par le ratio véhicules lents/véhicules rapides
- nombre de voies
- nombre de carrefours/km

La meilleure corrélation a été obtenue avec une relation exponentielle, dont les coefficients font intervenir ces paramètres.

(225)- P. LARUE- Traffic monitoring and traveller information in a metropolitan area- TTI 95

L'auteur décrit un système de mesure de temps de trajet par identification automatique de badges implanté à Houston. L'objectif est de couvrir 380 miles d'autoroutes, et 100 miles de voies réservées réversibles (HOV lanes).

Dans une 1ère phase 1000 badges ont été distribués à des habitués des 3 autoroutes au Nord de la ville, qui ont été équipées de 36 lecteurs associés à 161 antennes. Le système peut lire aussi 26 000 badges utilisés par les péages voisins et 500 000 badges en service dans d'autres péages de Louisiane ainsi que de l'Oklahoma Turnpike Authority. Un jour chargé, 3 à 4000 badges seront lus, l'objectif étant d'avoir 1 lecture/minute/site.

Au cours des 2 phases suivantes, avant fin 95, 3200 puis 2500 nouveaux badges seront distribués.

(251)- S. DUNSTAN- Travel time data is at hand- TTI 97

Article de WS Atkins sur l'algorithme IDRIS de traitement de données de stations à 2x2 **boucles** pour 4 voies, qui permet une très bonne précision sur le comptage, et la mesure des vitesse et des longueurs de véhicules.

Il est possible de reconnaître des véhicules sur des stations successives, et d'en déduire leurs temps de trajet. L'algorithme IDRIS va être breveté, et une licence accordée à Peek Traffic.

Deux exemples des performances atteintes en précision de comptage:

- trafic fluide: 0,004% pour 0,01% spécifiés
- congestion: 0,013% pour 0,2% spécifiés

(252)- R. KÜHNE et al.- Loop based travel time measurement- Fast incident detection using traditional loops- TTI 97

Le dispositif décrit, qui résulte d'un développement de la société allemande Steierwald-Schönharting dans le cadre du programme PATH, repose sur une identification des véhicules par un capteur de type boucle, laser, infrarouge, piézo...etc.. dont on échantillonne finement le signal et à partir duquel on procède à une analyse de signature.

On peut suivre ainsi des véhicules entre 2 stations successives et en déduire des temps de trajet ou des O/D. Une bonne mesure de temps de trajet peut être obtenue en corrélant environ 10% des véhicules.

On peut également faire de la DAI, sachant qu'un incident affecte le temps de trajet entre les stations encadrant l'incident. Il est possible de déterminer une queue de congestion à 50m près avec des boucles espacées de 800m.

(279)- T. CHRISTIANSEN et al.- Probing for travel time- Août - Septembre 96

Cet article norvégien présente une comparaison faite entre différentes méthodes d'évaluation des temps de trajet:

- par dispositifs AVI: il existe 400 000 véhicules équipés de badges en Norvège, soit le tiers du parc. L'utilisation de ce moyen soulève toutefois des problèmes juridiques.
- à partir de données fournies par des dispositifs de pesage dynamique, en se servant de véhicules présentant des configurations d'essieux ou des répartitions de poids singulières.
- à partir de mesures instantanées de vitesses.

Les résultats obtenus font apparaître une bonne corrélation entre les 2 premières méthodes; par contre la 3ème méthode se heurte au fait que les vitesses mesurées présentent de très fortes variations.

(360)- T. MAC MORRAN et al- Putting journey times on-line- TTI 99

Présentation du système PTFM (passive target traffic measurement) de Pearpoint fondé sur la lecture de plaque minéralogique.

L'auteur indique que Traffic Master dispose de 7000 capteurs sur l'ensemble des grands axes autoroutiers et routiers britanniques et que la lecture de plaques est un élément essentiel de ce service d'information.

Les caméras sont dotés d'un système d'éclairage en infrarouge pulsé et de filtres pour éliminer les perturbations dues aux phares. Une méthode spécifique d'échantillonnage est adoptée pour réduire la quantité de données à transmettre par chaque site.

Le système PTFM sert pour la mesure des temps de trajet, mais peut servir aussi pour la DAI.

(376)- S. COHEN et al. Temps de parcours sur artères urbaines régulées: une approche neuronale- TEC nov. déc. 98

Cette étude de l'INRETS, également évoquée dans (114), a porté sur l'évaluation d'une méthode neuronale d'évaluation des temps de trajet sur des artères urbaines comportant des carrefours à feux. Le réseau neuronal reçoit en entrée les données Q, T.O. des capteurs utilisés pour la régulation, et fournit un temps de trajet en sortie. Des tests menés sur différents parcours font apparaître des résultats contrastés, la précision des évaluations de temps de trajet variant de 11,5% à 34% selon les itinéraires. Cette précision est d'autant moins bonne que le nombre de carrefours à feux se trouvant sur le trajet est plus élevé, et que le réseau de capteurs est moins dense.

(406)- Ph. BRIQUET - Grandeurs et servitudes de P.A.T.R.I.C.I.A. - Rapport de recherche LCPC N° 158 Déc.90

Ce rapport réalise une analyse bibliographique "critique" à partir de plus de 40 références bibliographiques traitant d'une vingtaine de procédés ou de techniques utilisant l'analyse d'images pour l'analyse du trafic routier. Ses conclusions sont celles du moment en rapport avec les performances des micro-ordinateurs et de leur vitesse de calcul. Après un bref rappel historique il analyse les différents algorithmes de traitement des images et conclut en développant quelques systèmes opérationnels.

Nota: sur ce thème, voir aussi (201), (207).

2.2.8 Détection de piétons

(260)- D.D.BULLIMORE- Pedestrian protection- TTI 98

Cet article d'AGD Systems (USA) évoque l'évolution de la conception des passages pour piétons, et les concepts « Zebra », fondé sur un marquage de la chaussée, et « Pelican », fondé sur des boutons d'appel piétons aux feux. Un concept plus récent est « Puffin » (pedestrian user friendly intelligent crossing), dans lequel les piétons sont détectés aussi bien dans les zones d'attente que dans les zones de traversée d'un carrefour, ce qui permet d'optimiser la durée des feux piétons.

Cette détection peut se faire en zone d'attente par capteur AGD 420 (radar?) ou par tapis sensible, et en zone de traversée à l'aide d'un **radar** AGD 200, sur lequel aucun détail n'est donné.

(311)- A. ROURKE et al- An image processing system for pedestrian data collection- 7th Conf. IEE- 1994

Présentation de méthodes permettant de détecter les mouvements de piétons:

- mesure de densité de piétons fondée sur l'analyse des mouvements par différence d'images. La densité de piétons est déduite du nombre de pixels correspondant aux zones de mouvement. Des tests effectués sur cette méthode montrent qu'il existe une relation entre nombre de piétons et de pixels, mais qu'un calibrage par apprentissage est nécessaire pour ajuster cette relation.
- mesure de la direction du mouvement en utilisant 3 images successives.

(314)- J.M. BLOSSEVILLE- Results of the Tristar AID system obtained from 3D field experimentations- 7th Conf. IEE- 1994

L'auteur présente des résultats d'expériences du système de DAI par traitement d'image TRISTAR de l'INRETS menées dans le cadre du projet INVAID en France sur A8 et A46 et en Belgique sur le périphérique d'Anvers.

Les performances obtenues ont été les suivantes:

- taux de détection: de 77% (Anvers) à 84% (Lyon, A46)
- taux de fausses alarmes: de 4% (Anvers) à 13% (A46)
- délai de détection: 15 s environ

Les moins bonnes performances observées à Anvers en matière de taux de détection s'expliquent sans doute par le fait que les caméras employées étaient les caméras déjà en place de la Police, alors qu'en France on a utilisé des caméras spécifiques.

Nota: sur ce thème, voir aussi (23)

2.2.9 Détection des conditions météorologiques

(69)- S.UEDA et al. Development of road ambient monitoring system- IVHS 96

Ce papier décrit un dispositif appelé « Fiber optic temperature laser radar », constitué d'une fibre optique protégée par un tube métallique et fixée dans la chaussée à l'aide d'une résine, qui permet de mesurer la température de la route à la profondeur où la fibre est installée sur de relativement longues distances. En utilisant les équations de la conduction de chaleur, il est possible d'en déduire la température en surface. La présence de verglas est détectée par le fait que cette température de surface descend à 0 °C ou en dessous.

Un autre modèle prenant en compte l'historique de la température de l'air et du rayonnement solaire sur 24 heures, ainsi que leur prédiction sur les 3 prochaines heures permet de prédire la température de la route et par conséquent les risques de verglas 3 heures à l'avance.

Le papier décrit également un détecteur de pollution de l'air dans un tunnel fondé sur le traitement d'images de caméras TV, et reposant sur le fait que la netteté des bords des objets observés va en décroissant quand la pollution s'accroît. Le traitement fait appel à la méthode d'extraction des niveaux de luminosité des bords (ESO: edge strength output). Des comparaisons faites en laboratoire avec un détecteur classique de brouillard ont fait apparaître une bonne corrélation entre les résultats obtenus par les 2 équipements.

34- N. NAKAMURA- Ice road detection system using optical fiber sensor- IVHS 95

Cet article décrit un procédé de Hitachi permettant la mesure de température d'une chaussée à partir d'une fibre optique, dans laquelle des impulsions lumineuses sont envoyées. L'analyse du signal rétrodiffusé par effet Raman permet de déterminer la température en chaque point de la fibre.

La longueur maximale de la fibre est de 30 km. les mesures se font tous les mètres avec une précision de +/-1°. La fibre, protégée par une armure métallique est insérée à 1 cm de profondeur et collée avec une résine polyuréthane.

(120)- M. POZYBILL- Verification of road surface and weather condition by fuzzy logic- IVHS 97

En Allemagne une étude porte sur le traitement de données de capteurs météo. Une station météo bien équipée comporte des capteurs de température, d'humidité et de salinité de la route, de la température de l'air, de la vitesse du vent, de la visibilité, des précipitations, du rayonnement solaire. Cependant toutes les stations ne possèdent pas toute cette instrumentation, et certains de ces capteurs peuvent tomber en panne. L'objectif de l'étude est de développer une méthode permettant de se passer de certains capteurs tout en assurant une prédiction convenable des conditions météo. L'approche choisie est fondée sur la logique floue, et sur le fait que les signaux de capteurs en bon état ne restent généralement pas constants. Des modules flous ont été conçus pour relier les signaux interdépendants et évaluer l'état de la route (humidité, température, type de précipitations) et la distance de visibilité.

La méthode met en œuvre au total 58 variables et 1060 règles regroupées en 19 blocs.

(122)- Y. MIYATA- Development of road icing prediction system- IVHS 97

Au Japon, Hitachi (3141) travaille sur un modèle de prédiction sur un horizon de 3 heures de l'apparition du verglas à partir d'un ensemble de mesures:

- mesure de la température de surface par une fibre optique de 200 m de long placée dans un tube métallique inséré et collé avec une résine dans une rainure creusée dans le revêtement routier

- mesure de la température de l'air et du rayonnement solaire.

Le modèle cherche à prédire la température et l'humidité de surface en s'appuyant sur une méthode de calcul de conduction de la chaleur. Le rayonnement solaire est déduit des prédictions de la Météo concernant la couverture nuageuse. L'humidité de surface n'est pas mesurée, mais est déduite des prédictions Météo concernant les chutes de pluie, et d'un calcul de temps d'évaporation d'une flaque d'eau, fonction de la différence de température air/eau et du rayonnement solaire.

Une table de décision très simple permet de formuler la prédiction:

- $\Theta < -1^\circ$ et surface humide = verglas
- $\Theta < -1^\circ$ et surface sèche = forte probabilité de verglas
- $-1^\circ < \Theta < 1^\circ$ et surface humide = forte probabilité de verglas.

Les résultats obtenus font apparaître une bonne corrélation entre les valeurs prédites et mesurées pour le rayonnement solaire, ainsi que pour l'apparition de verglas. On note cependant quelques disparités qui impliquent que la recherche se poursuive.

(109)- C.E. BLAND- AURORA: a multinational RWIS program- IVHS 97

Aux Etats-Unis un projet international AURORA, en vue du développement de systèmes d'informations météorologiques pour la route (RWIS: road weather information systems), a été lancé en 1996 avec la participation du Canada et de la Suède. L'objectif est d'améliorer cette information pour les besoins du trafic, de la maintenance des routes et du génie civil. Le projet porte notamment sur le développement d'outils d'aide à la décision fondés sur des systèmes experts, la modélisation des conditions météo à différentes échelles en vue d'une meilleure prévision, la diffusion de l'information, l'architecture des systèmes et la standardisation, ainsi que le recueil de données météo. Sur le plan de la diffusion différentes techniques sont testées: modulation de phase de canaux de radiodiffusion en modulation d'amplitude, sous-porteuses de canaux FM, téléphonie cellulaire. Sur le plan de la détection des conditions météo, les techniques suivantes sont à l'étude:

- traitement d'images vidéo pour la détection d'une diminution de la visibilité
- mesures de l'environnement sonore, en vue d'établir une corrélation entre bruits de pneus et état de la route.

(110)- T. LEDENT- Meteo-Routes: the Wallon project of meteorological data control for a better service to users- IVHS 97

En Belgique la région wallonne se préoccupe de prédire l'état des routes de façon à mieux organiser les actions des services d'épandage de sel. Le système METEOROUTES centralise dans un centre appelé PEREX (permanence d'exploitation des réseaux) les données de 15 stations météo dotées des capteurs suivants: température de la route (à 5, 10, 20 cm de profondeur), humidité de la route, vitesse et direction du vent, température et humidité de l'air, rayonnement. 33 autres stations sont dotées d'un équipement simplifié. Les données sont collectées toutes les 6 minutes et envoyées à un « système prédicteur » qui prévoit l'état des routes 18 heures à l'avance.

Durant les nuits les plus critiques un véhicule laboratoire établit une carte thermique de la chaussée (« thermal mapping ») à partir d'une mesure de la température de surface par thermométrie infrarouge tous les 12,5 cm.

(183)- T. SAITO- ITS technology to support snow and ice control on expressways- IVHS 98 (3092)

Le réseau autoroutier japonais est actuellement long de 6400 km et devrait passer à terme à 11500 km. Plus de 50% de ce réseau se trouve dans des zones neigeuses, et le coût de la fermeture des routes pour conditions météo difficiles est de 54 Byens/an.

Un effort important est consacré à la lutte contre la neige et la glace, et notamment à l'optimisation des opérations d'épandage de sel. Un système de recueil de données a été conçu à cet effet, reposant sur des véhicules de patrouille équipés de capteurs adaptés et localisés par GPS, qui envoient leurs informations en temps réel vers des stations au sol.

L'équipement des véhicules comporte:

- un laser infrarouge à impulsions détectant par leurs propriétés de réflexion la neige ou le verglas sur la surface de la route
- un récipient collectant les éclaboussures des pneus, où la concentration de sels est mesurée par induction
- un thermomètre infrarouge à rayonnement pour la mesure de la température de surface de la route.

Le traitement de ces données au sol permet d'envoyer les véhicules de maintenance dans les zones critiques.

(185)- Y. MIYATA- Development of a road condition sensing system- IVHS 98 (3121)

Ce système présenté par Hitachi combine des capteurs au sol et des capteurs embarqués dans des véhicules de patrouille.

Les capteurs au sol peuvent être de type sans contact - laser, caméra, onde électromagnétique, dispositif optique- ou en contact avec la chaussée, pour la mesure de la température.

Un système de traitement peut caractériser, à partir des données de ces capteurs, l'état de la route: sec, verglacé, humide, couvert de neige.

Les véhicules de patrouille sont équipés de capteurs laser détectant l'état de la route par réflexion.

Des expérimentations ont montré que ce système fournissait des résultats en bonne conformité avec les observations visuelles.

(128)- H. HIGASHIKAGE- Evaluation of the slipperiness of tire to road using ground view sensor- IVHS 98 (3139)

Cet exposé d'Omron décrit un capteur optique GVS (Ground View Sensor), dans lequel l'image de la surface de la route est analysée par un filtre optique spatial qui élabore un spectre de fréquences spatiales. L'état de surface est déduit de l'analyse de la distribution de ces fréquences.

On peut en déduire également la vitesse du véhicule par rapport au sol, et en la comparant toutes les 10 ms avec la vitesse des roues on peut évaluer la glissance.

Des essais en vraie grandeur à Hokkaido sur route sèche et sur route enneigée ont permis de vérifier la relation entre accélération et glissance, et de constater que le coefficient de glissance peut connaître de grandes variations, même sur des chaussées de même type.

(219)- A. Mc DONALD- Weather and predictive road condition monitoring- TTI 95

Présentation de produits de la société finlandaise Vaisala équipant une vingtaine de pays. 37 stations ont été installées dans le canton de Lucerne.

- Icecast permet la prédiction de l'état de surface des routes en vue d'une information des conducteurs et d'une optimisation du salage.

Ce produit s'appuie sur un capteur Vaisala DRS 50 basé sur des mesures de conductivité et de polarisation qui permet la détection de la neige, du verglas et des produits de salage résiduels.

- ROSA: « Road surface analyser », détectant les paramètres qui contribuent à une diminution du coefficient de frottement de la chaussée.

- FD12P, servant à la mesure de visibilité et des précipitations, et fondé sur un transmissomètre.

(246)- A. MAC DONALD- Open roads all winter- TTI 97

Article dont le contenu reprend celui de référence (219).

(268)- A. MAC DONALD- Managing the elements- TTI 98

cet article de Vaisala TMI (UK) évoque un contrat passé en 96 par l'Irlande du Nord pour la cartographie thermique de 7000 km de routes en vue d'une prédiction de la température de surface sur la partie du réseau à saler, et en vue d'une aide à la gestion des opérations de salage. 15 sites seront équipés.

(274)- J. HANSEN- Ground truth- Integration of weather information in ITS deployment- TTI 98

Article général de la société Surface Systems (USA) sur l'intérêt des systèmes d'information météorologiques (RWIS).

Un tel système comporte divers capteurs, de température, de point de rosée, de teneur en glace et neige, d'humidité, de teneur en sel.

Au Colorado 150 stations ont été installées.

La tendance est au développement de systèmes d'aide à la décision.

(347)- T.A. PAULSEN- SCAN-MATIC road monitoring system- TTI 94

Présentation d'une station météo mesurant vent, températures et précipitations, associée à une station de mesure du trafic.

Les données sont centralisées dans une station locale SM 4494.

(348)- M. BOSHUNG- Danger- black ice- TTI 94

L'auteur décrit un système de surveillance implanté sur 215 km entre Ulm et Stuttgart, et comportant des stations de mesures de trafic, des portiques, 47 détecteurs de brouillard et 12 stations de détection de verglas.

Il évoque le système GFS 2000 de Boshung qui comporte des capteurs de températures et de précipitations au sol.

(349)- A. MAC DONALD- Cost effective ice prediction- TTI 94

Cet article de Vaisala présente un système de cartographie thermique (thermal mapping) d'un réseau routier fondé sur un recueil de mesures de températures de surface par des véhicules équipés de thermomètres infrarouge.

Cette cartographie permet d'optimiser la localisation des stations fixes de mesure de températures et d'humidité et d'améliorer la prédiction dans ce domaine, et par conséquent de réduire les coûts d'épandage de sel.

L'auteur présente les résultats de différents modèles de prédiction existants et indique que des économies de 10 à 20% sont possibles sur les coûts de maintenance hivernale.

2.3 Technologie des capteurs

2.3.1 Boucles inductives

(14)- A. MAISONNEUVE- Towards a better geographical cover for gathering traffic data- IVHS 95

Exposé rappelant l'organisation de la collecte de données en France au niveau des CRICR et du CRCIR à partir des stations SIREDO.

(76)- M. KATAKURA- A fast detection method of the changes of traffic condition based on pulse data of vehicle detectors- IVHS 96

Une étude a été faite à l'Université de Tokyo sur la possibilité de détecter l'occurrence d'une situation de congestion en n'utilisant que des capteurs à boucles simples, et non des capteurs disposés par paires. Cette détection repose sur le fait que si sur un diagramme on porte en abscisse les longueurs d'impulsions, fonctions de la durée de passage des véhicules sur le capteur, et en ordonnée les intervalles inter-véhiculaires, la distribution des points obtenus est très différente en situation fluide et en situation de congestion. Cette différence est encore plus nette si l'on fait abstraction des PL et autres véhicules longs, et si l'on fait porter la statistique uniquement sur les véhicules légers. En trafic fluide la durée d'impulsion reste sensiblement constante, et les points se répartissent autour d'une parallèle à l'axe des abscisses. En situation de congestion les intervalles inter-véhiculaires présentent peu de variations, et le nuage de points obtenus a son axe parallèle à l'axe des ordonnées. On peut en déduire une loi simple permettant de détecter l'occurrence d'une congestion et sa dissipation:

- occurrence: impulsions $>0,4$ à $0,5$ s et intervalle < 6 s
- dissipation: impulsion $<0,3$ s et intervalle > 6 s

Cette loi a été validée par des observations sur site, sur l'autoroute Tokyo-Nagoya.

(88)- J.Y. MIN- A learning algorithm using parallel neuron model- IVHS 97

Cet exposé coréen présente un algorithme d'analyse du signal d'une boucle inductive de forme circulaire, destiné à permettre une **classification des véhicules** détectés. Cet algorithme met en œuvre:

- un réseau neuronal hétérogène à apprentissage partiel fondé sur une quantification vectorielle linéaire (linear vector quantization) et un rassemblement (clustering) de groupes de points ayant des propriétés similaires
- un modèle ADALINE (adaptive linear neuron) de Widrow & Hoff permettant l'apprentissage parallèle.

Il s'agit d'une recherche en cours dont les résultats ne sont pas indiqués.

(172)- S. OHISHI- Application of impedance sensor to ITS related systems- IVHS 98 (3145)

Nous rangeons cet article sous la rubrique « boucles inductives » bien qu'il ne soit pas présenté tout à fait comme tel. Il s'agit d'un détecteur d'obstacle à faible distance fondé sur un circuit oscillant et sensible à la présence d'un objet à proximité. Sa portée a été améliorée et est passée de 15 à 40 cm. L'auteur indique qu'il peut servir au comptage de véhicules à partir d'un capteur au sol. Il convient de faire attention aux effets de la terre et de la pluie.

(173)- T. HENNINGER- A two level concept for combined estimation of queue length and turning rates in urban networks- IVHS 98 (2066)

Cet exposé allemand présente une méthode d'estimation des **longueurs de queues** et des **mouvements tournants** à un carrefour à partir de données issues de détecteurs à boucles situés à une distance de 100-150 m du carrefour.

Le système comprend 2 estimateurs coordonnés par un superviseur.

- l'estimateur de longueur de queue est fondé sur un modèle de trafic dynamique, macroscopique, à intervalles de temps discrets. Les chaînons sont découpés en segments de l'ordre de 50m de long; Les densités et vitesse modélisées par segment sont corrigées par un estimateur à filtre de Kalman utilisant les valeurs de Q et V mesurées sur le capteur. L'unité de temps est de 3s.
 - l'estimation des mouvements tournants est fondée sur un schéma statique de couplage dynamique proposé par Ploss-Keller. La partie statique travaille en maximisation d'entropie avec des poids préfixés. La préfixation des poids se fait en dynamique à partir des débits entrant/sortant selon un schéma récursif de Cremer. L'estimation des O/D provient des volumes de trafic issus de l'estimateur de queues.
 - le superviseur assure l'équilibre entre les estimations et vérifie la cohérence des résultats.
- Des tests en simulation ont montré que l'erreur moyenne sur les longueurs de queues était de 3,25 véhicule, et sur les mouvements tournants de 10 à 18%.

(266)- C. GIBBS JONES- In search of ground truth- TTI 98

Article de Nortech (Afrique du Sud) destiné à montrer que les boucles ont encore de l'avenir. Il est rappelé que le projet Motorciti de Detroit prévoit l'installation de 2340 boucles, 169 caméras et 57 PMV. Nortech commercialise un nouveau détecteur TD 644 ES avec des capacités de traitement et de diagnostic accrues.

(206)- G. LEMAITRE- MARIUS: two millions traffic measurements an hour- IFAC 97- p. 1381-1385

Description du système MARIUS de gestion des autoroutes de la région de Marseille. Les 120 km d'autoroutes sont équipés de stations de détection tous les 500 m. L'exposé insiste surtout sur la présentation des informations au PC.

2.3.2 Magnétomètres

(267)- B.A. KOVELL- Analysis for all eventualities- TTI 98

Description des capteurs magnétométriques Nu-Metrics (USA) caractérisés par leur encombrement réduit et l'absence de liaisons filaires avec les unités locales de centralisation de données au sol.

Un premier capteur Hi-Star utilisait une liaison radio classique-

Un deuxième capteur, le Groundhog, plus récent, emploie une liaison à 2,4 GHz en étalement de spectre qui permet de couvrir une distance de 200 m. Ce produit est alimenté par une pile au lithium, d'une durée de vie de 5 ans.

A partir de l'unité locale il est possible d'établir une liaison radio avec un PC jusqu'à 30 miles.

Un contrat de 405 K\$ a été reçu du département des transports de Pennsylvanie, portant sur 36 Groundhog, avec capteurs météo associés, devant équiper 9 sites.

Les mesures prévues portent sur: Q, V, T.O., longueur des véhicules, classification; les stations météo traiteront les températures de l'air et de surface, les précipitations, le taux d'humidité, le vent.

2.3.3 Capteurs acoustiques

(68)- J.F. FORREN et al. - Acoustic detection of vehicle axles- IVHS 96

Le papier décrit un détecteur pour le **comptage des essieux** susceptible de se substituer aux boucles ou aux tubes pneumatiques, son avantage étant qu'il s'installe en bord de route. Sachant que l'énergie acoustique à large bande spectrale émise par le roulement des pneus est prépondérante dans le bruit provoqué par le trafic, on capte cette énergie par un réseau de microphones placé latéralement par rapport à la route, et l'on procède à des corrélations entre les signaux reçus par ces différents microphones. Une compensation de l'effet Doppler peut s'avérer nécessaire pour des forts trafics. Une évaluation a été faite sur une route à 4 voies/2 sens avec un réseau de capteurs comportant 2 rangées de microphones espacés de 1,2 m. Les

résultats obtenus sur le passage de 107 véhicules sur 16 minutes ont montré que 104 véhicules étaient détectés, soit un taux de détection de 97%.

(70)- D. YANO et al.- A study on improving the accuracy of data from ultrasonic vehicle detectors in a traffic control collection system- IVHS 96

Sur le réseau autoroutier de Tokyo (Metropolitan Expressway), 7600 détecteurs US sont installés en 2000 points, à intervalles d'environ 300 m. Dans la plupart des cas 2 capteurs espacés de 5m sont associés pour permettre la **mesure de la vitesse**. Une évaluation faite à l'aide de caméras de TV servant de référence a été menée pour déterminer l'exactitude des **comptages** et mesures de vitesses effectuées par ces capteurs. Les résultats obtenus montrent qu'en moyenne les erreurs de comptage sont comprises entre - 2% et 0% en section droite et entre -6% et 0% dans les zones de convergence ou de divergence (merging). Les erreurs sur la vitesse sont comprises entre -4 et + 3km/h.

Une méthode a été mise au point afin d'améliorer la précision des comptages dans les zones de convergence/divergence en tenant compte à la fois des comptages sur les capteurs amont et aval d'une paire, et du nombre de mesures de vitesse effectuées c'est à dire du nombre de véhicules ayant activé ces 2 capteurs. Cette méthode a permis de faire passer de 50% à 96% le pourcentage de points où les erreurs de comptage ne dépassent pas 5%, et à 73 % le pourcentage de points où les erreurs restent dans la limite de 1%.

Une méthode de diagnostic de pannes a également été mise au point, fondée sur l'observation des impulsions anormales, sur les relations Q/V/TO, et sur des corrélations effectuées sur les capteurs à double tête.

(181)- K. AIKAWA- Introduction of intelligent vehicle detection sensors- IVHS 98 (3031)

Cet exposé japonais rappelle d'abord que les détecteurs US sont employés depuis 1980 sur le réseau autoroutier de la région de Tokyo, et que 2085 sites en sont équipés. Ces détecteurs ont l'avantage sur les boucles d'être plus faciles à maintenir, et de fonctionner correctement sur des chaussées renforcées par des éléments métalliques; ils rencontrent toutefois quelques problèmes dans les tunnels, dus à des réflexions parasites. Dans l'ensemble la précision obtenue sur les comptages est meilleure que 97%.

Des développements récents ont eu pour objet d'améliorer leur fonctionnement:

- reconnaissance et élimination des ondes stationnaires créées par les réflexions parasites en tunnel, ce qui a fait monter la précision à 99%
- amélioration des conditions de maintenance, par création d'une liaison bidirectionnelle avec le capteur. Cette liaison permet en particulier une remise en route (reset) et un réglage à distance. la maintenance peut également être assurée par calculateur personnel
- diminution de la période d'échantillonnage et de transmission du signal de 25ms à 20 ms, ce qui permet d'améliorer la précision de la mesure des vitesses.

(168)- N. USHIO- Loop versus ultrasonic in Chicago: ultrasonic vehicle detectors field test isolating diffused reflection and enduring harsh environment- IVHS 98 (3048)

Cet exposé de Matsushita vante l'intérêt de détecteurs US Panasonic, dont la précision de mesure de Q et V est meilleure que 97%, et qui n'impliquent pas de frais de maintenance sur 10 ans.

Un nouvel algorithme qui élimine les réflexions diffuses en améliore le fonctionnement dans des environnements difficiles, notamment en tunnel.

Des tests ont été menés aux Etats-Unis pendant un an, de novembre 96 à octobre 97, sur la Eisenhower Expressway. Les capteurs étaient installés sur portique, à raison d'un capteur par voie, au voisinage de boucles. Les principales caractéristiques de ces capteurs étaient les suivantes:

- fréquence: 25,8 ou 24,7 kHz.
- durée d'impulsion: 1 à 3 ms
- diamètre de la zone de détection: 1,1 m.

Les résultats obtenus ont été très satisfaisants avec une corrélation sur les mesures de Q et T.O entre capteurs US et boucles de 98%.

(177)- S-W. KIM- Performance comparison of loop-piezo and ultrasonic based detection systems for collecting individual vehicle information- IVHS 98 (4083)

Ce document universitaire coréen rappelle que les capteurs à boucle ou piézo sont enterrés dans la chaussée, et que leur pose coûte cher. Les capteurs US sont plus faciles à installer, mais ne fournissent que les débits, et des valeurs de vitesses moyennes. Il propose un dispositif reposant sur 2 têtes US d'Omron disposées au-dessus de chaque voie, et permettant de mesurer les débits, la vitesse et la longueur des véhicules.

Un test sur autoroute de comparaison entre un tel capteur et un capteur piézo a montré que l'on arrivait aux performances suivantes:

- erreur moyenne sur $V < 3\%$, avec un écart type $< 10\%$
- erreur sur la longueur: entre -20 et +20 cm.

2.3.4 Capteurs optiques

(4)- Y. MITA et al.- Range measurement type optical vehicle detector- IVHS 95

Cet article de Nippon Signal présente un capteur laser infrarouge à 4 têtes permettant des mesures aux 4 coins d'un carré de 1,2 m de côté sur la route, et fondé sur une mesure de la hauteur des cibles par différence de phase entre signal émis et signal reçu. Avec ce capteur on peut effectuer les fonctions de **comptage, de mesure de vitesse et de classification** des véhicules.

Des évaluations de performances ont été réalisées. Pour le comptage ce capteur a été comparé à un capteur US, et les résultats ont montré que les mesures des 2 capteurs ne différaient pas de plus de 2%. Pour la vitesse, pour lesquelles les mesures sont corrigée en fonction de la hauteur des véhicules, la référence a été fournie par 2 rubans sensibles à la pression placés sur la chaussée: les résultats montrent que la précision sur la mesure de vitesse est de l'ordre de +/- 10%. Enfin sur le plan de la classification, les résultats obtenus sont corrects pour 95% des véhicules.

(9) M. ANDO et al.- Infrared vehicle detector (IRVD) system design- IVHS 95

Ce papier de Koito Industries évoque la fonction de détection de dispositif infrarouge, mais se concentre sur l'utilisation d'émetteurs/récepteurs infrarouge pour les liaisons sol-véhicules.

(66)- T. UEDA et al.- Application of a laser scanning range finder to the extraction of vehicles characteristics- IVHS 96

Cet article d'OMRON décrit un système de **classification** de véhicules pour stations de péage comportant un capteur laser de mesure de hauteur de véhicules, une caméra avec lecture automatique de plaques, et un capteur optique pour le comptage d'essieux; c'est ce capteur, installé en bord de voie, qui est décrit de façon plus détaillée. Il comporte un émetteur laser pulsé en infrarouge avec balayage du faisceau dans un plan vertical par un miroir, et un récepteur associé. Le dispositif à balayage qui fonctionne avec une période de 6ms permet d'établir une image de la route, ainsi que des roues et de la carrosserie d'un véhicule. La portée, transversalement à la route, est comprise entre 0,5 et 2,5m. L'utilisation de 2 capteurs en parallèle permet d'obtenir la vitesse des véhicules, dans une gamme 0-100 km/h. Les performances de l'appareil sont relativement modestes: précision de l'ordre de 80% sur la reconnaissance des essieux.

(67)- T. NAITO et al.- Three-dimensional vehicle profile measurement with a pulsed laser scanning sensor- IVHS 96

Ce produit d'OMRON est destiné à la **classification** des véhicules dans des voies de péage. Il met en œuvre des émetteurs /récepteurs pulsés à diodes AlAsGa situé à 5,5 m de hauteur au-dessus de chaque voie. Le faisceau émis par chaque capteur est dévié transversalement par un

miroir tournant de façon à balayer la largeur de la voie. La période de balayage est de 17,5 ms, et 350 impulsions sont émises pendant cette période. Ce capteur permet de réaliser une véritable imagerie 3D des véhicules, et même de discriminer 2 ou 3 motos passant côte à côte dans une voie.

(72)- R.L. GUSTAVSON et *al.*- Multi-lane range imaging vehicle sensor - IVHS 96

Ce produit, qui fait partie de la famille Autosense de Schwartz Electro Optic (Floride), est destiné à la **détection** des véhicules, à la **mesure de leur vitesse** et à leur **classification**.

Un premier capteur, AS I est formé de 2 émetteurs à diodes laser pulsées InAsGa placées au-dessus d'une voie avec un écart angulaire dans le sens longitudinal de 10° et des récepteurs à photodiodes au silicium. La présence d'un véhicule est détectée par la diminution de temps de trajet observée sur les impulsions réfléchies au moment du passage du véhicule. La vitesse est déduite de la différence entre les temps de début de détection des véhicules par les 2 diodes. Ce capteur permet en outre de déterminer le profil longitudinal des véhicules.

Un 2ème capteur AS II utilise le même type d'émetteur/récepteur, mais le faisceau est dévié latéralement par un miroir tournant de façon à balayer une voie (comme le produit OMRON). On obtient ainsi une imagerie 3D des véhicules passant sous le capteur. Les performances obtenues sont très bonnes: précision de comptage: 99,9%- Précision sur la mesure de vitesse: +/-63,5 miles à 60 mph- classification en 5 classes correcte dans 98% des cas.

Le 3ème capteur de la famille, AS III, est conçu sur le même principe, mais peut balayer 3 voies. La largeur d'impulsion est de 3ns, et la précision obtenue sur la hauteur des objets visés est de +/-7,5cm. La fréquence de balayage est de 360/sec.

(107)- Y. OKAMOTO- Optical vehicle velocity sensor- IVHS 97

NEC a développé un capteur constitué de 2 têtes émettrices/réceptrices laser travaillant dans l'infrarouge. Ces têtes émettent dans l'axe d'une voie 2 faisceaux formant un certain angle. La mesure de la différence de phase entre le signal émis et le signal reçu permet de détecter la présence d'un véhicule. En se servant des signaux traités par les 2 têtes laser on peut mesurer la vitesse des véhicules avec un taux d'erreur < 7,5%, et leur longueur avec un taux d'erreur < 2,1%.

(184)- S. TERAKUBO- Development of a composite road obstacle detector- IVHS 98 (3039)

Sumitomo a développé un système destiné à détecter des obstacles, y compris de petits objets, sur la chaussée.

Ce système met en œuvre une caméra et un laser.

L'émetteur laser est formé par une fibre optique en boucle. Il émet un faisceau de longueur d'onde 1,5 μ , et d'ouverture 3 mrad., balayé sur un angle de 30° par un miroir tournant. Sa portée est comprise entre 25m et 200m, et sa précision est de 30 cm.

Le système de traitement d'image associé à la caméra travaille sur la différence entre l'image courante et l'image de l'arrière- plan (background), et fait apparaître les objets à l'aide d'opérations d'érosion/dilatation.

Des essais ont été effectués avec les capteurs placés à 13m de hauteur, et des objets cubiques situés à 70m.

(129)- K. SEKIMOTO- Application of a laser radar for the detection of the obstacles on the road- IVHS 98 (3190)

Cet exposé d'Ishikawa-Harima Heavy Industries présente un dispositif de détection d'objets sur la chaussée fondé sur un laser à balayage émettant des impulsions de 10 ns.

La portée est de 200m, la précision de 10 mm, et la résolution de l'ordre de 10 à 100 mm.

L'émetteur est une fibre dopée à l'erbium et pompée par un laser semi-conducteur.

Des tests avec le capteur monté à 5m de haut au-dessus de la route ont montré qu'on pouvait détecter un cube de 10cm à une distance de 94m.

(178)- Y. MASHIYAMA- Estimating traffic demand using up-link information from infrared vehicle detectors- IVHS 98 (3132)

Des émetteurs/récepteurs infrarouge sont installés au Japon depuis 1994 avec 2 fonctions:

- détection du trafic
- transmission d'informations bidirectionnelles sol-véhicules

Des essais ont été réalisés en mars-avril 98 sur 14 jours, dans la Prefecture de Kanagawa où 1100 dispositifs sont en service. 15000 à 17500 messages étaient échangés par jour. Cependant le taux d'équipement des véhicules dans la région, de l'ordre de 0,2%, est jugé trop faible pour permettre une bonne appréciation du trafic.

(228)- T. MYERS- Laser sensors for traffic monitoring and control- TTI 96

Présentation des systèmes Autosense I et II de la société américaine SEO.

- Autosense I comporte 2 faisceaux laser à large ouverture latérale, et faisant entre eux un angle de 10 °. Il permet la détermination du profil d'un véhicule avec une précision sur la hauteur de +/- 7,6cm, ainsi que la mesure de la longueur et de la vitesse du véhicule. les lasers à impulsion ont une fréquence de répétition de 3 kHz.

Ses performances sont: taux de détection: 99,4%- mesure de V: +/-1,5%- Mesures de débit: 99,9%-.

- Autosense II comporte 2 faisceaux fins à balayage dans le sens transversal permettant d'obtenir une image complète d'un véhicule, c'est à dire ses 3 dimensions, ainsi que V, Q, T.O.. Les véhicules sont **classés** en 8 catégories avec 95,5% d'exactitude. 300 à 400 unités sont prévues sur une opération dans l'Ontario.

(233)- B.G. STEINBACH- Loop substitution for intersection control- TTI 96

Présentation d'un détecteur infrarouge passif de la société suisse ASIM, et de ses applications pour la **commande des feux**.

Différents modèles peuvent être utilisés en fonction de l'application: détection dynamique à distance (<100m) en vue de l'extension du vert, détection à l'approche du feu (25 à 50m), détection de véhicules stationnaires près du carrefour, détection de piétons.

(235)- J.N. ADAMS- Laser technology for effective and versatile traffic safety systems- TTI 96

Présentation d'un « pistolet laser » pour la Police développé par LTI (USA). Ce produit, doté d'une portée de l'ordre de 300 à 600m peut servir à mesurer les vitesses de véhicules; sa capacité à mesurer les distances avec précision en fait également un outil utile pour les investigations sur les lieux d'un accident. Il existe en modèle simple, Marksman, ou associé avec un appareil photo: le Digicam.

(262)- B. DOMIAN- Trapping the light fantastic- TTI 98

Description des capteurs laser Autosense I, II ,et III de SEO. L'article indique que 350 Autosense II sont utilisés sur la Highway 407 à Toronto. Leur taux de détection est de 99,99% et le taux de classifications correctes de 99% (13 classes).

2.3.5 Capteurs micro-ondes**(169)- G.S. KANG- Automobile classification using range profile of mm-wave radar- IVHS 98 (4063)**

Cet exposé coréen présente des essais menés sur un dispositif de **classification de véhicules** à l'aide d'un radar fonctionnant à 35 GHz. Ce système fonctionne en effectuant des corrélations entre le signal reçu d'un véhicule à reconnaître, et celui d'un véhicule de référence.

Il s'agissait de ranger les véhicules dans 3 classes: automobile, camionnette, camion.

L'étude a porté sur l'effet de l'inclinaison du radar par rapport à la route et aux véhicules sur les performances du système. Elle a montré que les performances se dégradent si cet angle dépassait 20°.

(209)- D. LION- Radar for AID and traffic analysis- TTI 95

Cet article de Thomson présente le radar BEATRICES, sans fournir de détails techniques. Il est indiqué que ce radar a une capacité de mesure des distances des véhicules, et de mesure des vitesses par effet Doppler. Il permet la **détection automatique d'incidents**, et notamment celle de véhicules arrêtés. Il détecte également les zones de congestion et mesure les valeurs de vitesses minimale, maximale et moyenne dans son champ.

Pour un radar situé à 8m de haut, la zone de surveillance s'étend de 100 à 1000m. La précision sur les vitesses est de +/- 2 km/h, et sur les distances de +/- 15m.

Son coût en version DAI est de 25 000\$.

(231)- J.C. ROUSSEL et al.- BEATRICES radar system for AID - TTI 96

Cet article de Thomson donne quelques détails sur le fonctionnement du radar BEATRICES: il s'agit d'un radar pulse-Doppler travaillant à 24 GHz, et couvrant une zone de l'ordre de 10 voies d'autoroutes sur environ 1000m.

Des essais menés par la SAPRR dans le cadre de Melyssa ont permis d'évaluer ses performances. Son taux de détection d'incidents est d'environ 87%, avec un certain nombre de fausses alarmes dues notamment à des véhicules lents dans un trafic fluide. Des améliorations sont en cours avec pour objectif d'arriver à un taux de détection de 90%, avec moins d'une fausse alarme par semaine.

(232)- D. MANOR- Multiple zone radar detection by RTMS- TTI 96

Présentation du radar RTMS de EIS (Canada). Il s'agit d'un radar de type FM/CW donnant la distance d'un véhicule à 2m près.

Le traitement associé est conçu pour fournir les données **Q, V, T.O.** sur 8 zones échelonnées sur une distance de 60m. Il peut également détecter des **queues** et des **incidents**.

Il peut fonctionner latéralement, obliquement ou longitudinalement. En latéral, il permet d'observer les passages de véhicules sur chaque voie.

Il est implanté sur des dizaines de carrefours à Toronto, Philadelphie et dans des zones rurales.

Il a été testé en Ontario où ses capacités de comptage se sont révélées proches de celles des boucles.

Des tests menés en Allemagne sur une chaussée à 4 voies ont fait apparaître des erreurs de 0 à 7% selon les voies.

Des tests ont également été effectués à New York et par Hughes dans le cadre d'un contrat avec la FHWA.

(234)- D. CLIPPARD- Overhead microwave detector cuts out the loop

Présentation d'un radar Doppler de la société Microwave sensors, et d'une application à Ann Harbor, où 8 capteurs sont installés sur une intersection, 4 visant à 45m et 4 à 18m pour la détection des mouvements de tourne-à-gauche.

(406)- C. REFALO et al.- ARMADA- Application radar multicapteur pour l'amélioration de la détection des incidents et l'analyse du trafic- Congrès ATEC- janvier 99

Présentation d'un radar destiné à la DAI, et notamment à la détection des véhicules arrêtés. Ce radar qui fonctionne à 9,4 GHz est capable de surveiller 9 voies sur une profondeur de 500 m environ. Il comporte un grand nombre d'antennes placées en file et alimentées successivement, et est fondé sur le principe des radars à synthèse d'ouverture (RSO); en outre le signal émis est modulé linéairement en fréquence selon le principe des radars FM/CW. La combinaison de ces principes permet une localisation des cibles à la fois en distance et en gisement, avec les résolutions suivantes:

- 2,7 m en distance

- 2,76 mrad en gisement.

En mode DAI il fournit la position de l'incident en distance, la voie concernée, et la durée de l'arrêt.

Une expérimentation est menée avec COFIROUTE sur le tronçon commun A10/A11, comportant 9 voies de circulation.

Les performances observées au cours d'une campagne d'évaluation sont:

- taux de détection: 99,2 % 24 h/24 h
- taux de fausses alarmes: 0,15 FA/jour

DETECTIONS D'OBSTACLES, D'INTRUSION,

Actes de la journée spécialisée du 26/10/95

Les deux premières interventions traitent de la détection d'obstacles à l'aide de radar anticollision

Le 3^{ème} et le 4^{ème} traitent de détection de situations dangereuses dans une foule, de détection et de comptage de piétons par traitement d'images.

Les autres interventions traitent de localisation de mobiles.

2.3.6 Capteurs de pression

(174)- A. ABE- Dynamic vehicle weight-in-motion sensing system to find the center of oscillation- IVHS 98 (3165)

Cet exposé d'Omron rappelle les difficultés soulevées par le pesage dynamique et liées aux oscillations des véhicules. À des vitesses de 20 à 80 km/h on obtient une précision de +/-0,5t si les véhicules ne freinent pas, mais de +/-5t si les véhicules freinent brutalement.

Pour étudier le phénomène un accéléromètre a été installé sur un essieu, et les observations ont montré que les oscillations d'un véhicule se situaient autour de 2,08 Hz à 60 km/h, avec une longueur d'onde < 8m.

Ces travaux ont conduit à recommander un dispositif de pesage comportant 5 plaques sensibles de 770 mm de long, donc conformes à la réglementation japonaise qui prescrit de ne pas dépasser 850mm, réparties sur une distance de 8m. Ce dispositif permet de reconstituer l'oscillation du véhicule et d'appliquer les corrections nécessaires aux mesures.

Les spécifications du projet demandaient que l'on arrive à une précision de +/-0,3t. Cette précision a été atteinte dans 67% des cas observés.

(217)- B. TAYLOR et al- New application for WIM technology- TTI 95

Cet article général d'IRD rappelle les différentes technologies utilisées pour le pesage dynamique (WIM): capteurs piézo, tôles déformables avec jauges de contrainte, et cellules de charge en puits (« deep pit »), d'un coût plus élevé.

Il rappelle également les applications: statistiques, péages, répression, détection de vitesses trop élevées et informations de sécurité pour les PL.

(259)- F. SCHEUTER- Sources of errors in dynamic weight measurement- TTI 97

Cet article de la société suisse Haeni évoque les difficultés liées au pesage dynamique.

Compte des périodes d'oscillation de 1 Hz des camions il faudrait pouvoir faire des mesures sur une longueur de 30 m pour reconstituer le poids d'un PL roulant à 100 km/h. Ceci est difficile à réaliser, et l'on doit se contenter de précautions sur la planéité de la route dans la zone de mesures.

Sur très bonnes routes on peut obtenir avec une bascule des taux d'erreur de 1 à 3% entre 5 et 100 km/h, mais de 8 à 40% sur chaussées courantes.

Les classes de performances classiques dans le domaine du pesage dynamique sont:

- +/-1%: route parfaite- V<5km/h- cellule avec jauges de contrainte (load cell)
- +/-10%: route en bon état- V<100 km/h- jauges de contrainte
- +/-25%: route en bon état- V<100 km/h- capteur piézo.

(198)- A.T. PAPAGIANNAKIS- calibrating WIM systems through AVI technology- IFAC 97- p. 1113-1116

Dans le cadre du programme américain HELP, 5000 PL sont équipés de dispositifs d'identification.

L'étude qui est présentée a eu pour objet de comparer des mesures faites sur bascules de pesage dynamique (WIM) avec les indications de poids figurant dans une base de données réalisée à partir de mesures statiques. Différents sites d'essai ont été choisis sur une autoroute, pour lesquels une bascule dynamique était placée en amont d'une bascule statique, à une distance telle que les PL ne pouvaient charger ou décharger entre les 2 bascules.

Les médianes des erreurs observées sur les poids à l'essieu mesurés en dynamique sont les suivants: de 0 à -21,86% dans une direction et de 12,6 à -51,68% dans l'autre direction.

Ces résultats ont permis de mieux calibrer les bascules dynamiques.

Les techniques de pesage en marche sont consignées dans trois documents qui sont rassemblent les actes des conférences organisées sur le sujet.

(414)- Bernard JACOB, L.C.P.C.- Zurich du 8 au 10 mars 1995, Première conférence européenne sur le pesage en marche des véhicules routiers

Cette conférence a été organisée dans le cadre de l'action COST 323 avec le soutien de la commission européenne DGVII. Elle traite des besoins et des politiques de chaque pays, relate les expériences menées dans le domaine, et se termine par une table ronde sur la pré-normalisation et les besoins futurs. Au titre des nouveautés présentées, on relève les techniques de ponts instrumentés, le pesage multi-capteurs, l'utilisation expérimentale des fibres optiques.

(415)- B. JACOB et E. OBRIEN- COST 323 Pesage en marche des véhicules routiers 2ème conférence européenne Lisbonne- Sept. 98

Les différentes sessions de cette seconde conférence avaient pour titre : point de vue des utilisateurs – aspects théoriques – Spécifications et normes – Applications aux ponts, aux chaussées, au contrôle des charges. Une table ronde avait pour thème : pourquoi à t'on besoin de données de pesage en marche ? les deux dernières sessions traitaient des résultats d'essais récents (essais en grandeur réelle sur autoroute continentale et en climat froid), des développements en cours (fibres optiques, pont instrumenté, pesage à basse vitesse et capteur à cristal de quartz) et des perspectives.

(416)- B.JACOB- Weigh-in-motion of road Vehicles- éditions HERMES

Ce document rassemble les actes du symposium final du projet WAVE (1996 – 1999) tenu à Paris les 6 et 7 mai 1997. Il réalise une présentation synthétique de l'état de l'art européen à l'issue du IVème PCRD. Les sujets traités lors des différentes sessions sont les suivants :

Contrôles des charges et péage – durabilité et performance à long terme – utilisation des données et base de données – pesage multi-capteurs – pesage à partir de ponts instrumentés – utilisation des fibres optiques – étalonnage des capteurs – perspectives.

(407)- Philippe BRIQUET- Grandeurs et servitudes de P.A.T.R.I.C.I.A.
Rapport de recherche LCPC N° 158 – 12 /1990

Ce rapport réalise une analyse bibliographique "critique " à partir de plus de 40 références bibliographiques traitant d'une vingtaine de procédés ou de techniques utilisant l'analyse d'image pour l'analyse du trafic routier.

Ses conclusions sont celles du moment en rapport avec les performances des micro-ordinateurs et de leur vitesse de calcul.

Après un bref rappel historique, il analyse les différents algorithmes de traitement des images et conclut en développant quelques systèmes opérationnels.

(416)- Première conférence européenne sur le pesage en marche des véhicules routiers
Zurich du 8 au 10 mars 1995 -.

Cette conférence a été organisée par Bernard JACOB L.C.P.C dans le cadre de l'action COST 323 avec le soutien de la commission européenne DGVII. Elle traite des besoins et des politiques de chaque pays, relate les expériences menées dans le domaine, et se termine par une

table ronde sur la pré-normalisation et les besoins futurs. Au titre des nouveautés présentées, on relève les techniques de ponts instrumentés, le pesage multi-capteurs, l'utilisation expérimentale des fibres optiques,

(417)- COST 323 Pesage en marche des véhicules routiers - 2ème conférence européenne LISBONNE du 14 au 16 Septembre 1998

Les différentes sessions de cette seconde conférence organisée par B. JACOB et E. OBRIEN avaient pour titre : point de vue des utilisateurs – aspects théoriques – Spécifications et normes – Applications aux ponts, aux chaussées, au contrôle des charges. Une table ronde avait pour thème : pourquoi a-t-on besoin de données de pesage en marche ? les deux dernières sessions traitaient des résultats d'essais récents (essais en grandeur réelle sur autoroute continentale et en climat froid), des développements en cours (fibres optiques, pont instrumenté, pesage à basse vitesse et capteur à cristal de quartz) et des perspectives.

(418)- B. JACOB - Weigh-in-motion of road Vehicles- Ouvrage publié aux Editions HERMES - Ce document rassemble les actes du symposium final du projet WAVE (1996 – 1999) tenu à Paris les 6 et 7 mai 1997.

Il réalise une présentation synthétique de l'état de l'art européen à l'issue du IVème PCRD. Les sujets traités lors des différentes sessions sont les suivants :

Contrôles des charges et péage – durabilité et performance à long terme – utilisation des données et base de données – pesage multi-capteurs – pesage à partir de ponts instrumentés – utilisation des fibres optiques – étalonnage des capteurs - perspectives

2.3.7 Capteurs video

(11)- Y. MATSUO- Operation of traffic monitoring cameras through ISDN lines- IVHS 95

Ce papier évoque l'utilisation d'un réseau numérique de NTT pour la transmission d'images TV à un centre de contrôle éloigné. Il en résulte des économies importantes par rapport à l'utilisation de lignes analogiques louées

(10)- M. TOYAMA et al.-Development of a measurement system for vehicle movement- IVHS 95

Ce système de traitement d'images développé par Matsushita met en œuvre 2 types d'opérations: différence d'images successives, et différence entre l'arrière-plan et l'image courante. Un soin particulier est apporté à la définition de l'arrière-plan qui est remis à jour régulièrement, en tenant compte des situations de congestion pendant lesquelles il peut être presque totalement masqué. L'application visée est la **commande des carrefours**, avec détection des véhicules sur une distance de 100 m. Les performances obtenues sont les suivantes: précision sur la position des véhicules par rapport à la ligne d'arrêt: +/-10%- Précision de comptage (y compris mouvements tournants): taux d'erreur de 6 à 13%. Le système peut notamment détecter des véhicules arrêtés illégalement sur la chaussée en observant les trajectoires des véhicules en mouvement.

(8)- E. TANIGUCHI et al.- Deployment of AID system in expressway- IVHS 95

Une recherche est menée par l'Université de Tokyo avec l'Administration des autoroutes avec pour objet de mettre au point un dispositif de traitement d'image destiné à détecter les obstacles et les **incidents** caractérisés par la présence de véhicules arrêtés ou roulant à basse vitesse. Une évaluation a eu lieu sur piste d'essais avec une caméra installée à 7 m ou 10 m de hauteur, et 7 véhicules effectuant différentes manœuvres: arrêt brusque d'un véhicule, ralentissement, changement de voie derrière un véhicule lent ou arrêté, rencontre d'un obstacle constitué d'un carton. Les résultats obtenus montrent qu'un véhicule arrêté ou lent est détecté jusqu'à une distance de 200-300 m et parfois un peu plus de nuit; cette détection est toutefois moins bonne en cas de contraste insuffisant, et la distance de détection stable est de l'ordre de 120 à 150m. L'obstacle est détecté à 60-80 m. La hauteur de la caméra n'a pas d'influence significative sur les résultats.

(75)- M. IGASHIKUBO et *al.*- Traffic queue length measurement using an image processing sensor- IVHS 96

Le programme japonais UTMS a défini les spécifications d'un capteur pour la **commande de carrefours à feux** qui impose la détection de queues jusqu'à une distance de 150 m, et un comptage des véhicules et une mesure de leur vitesse à une distance de 30 m.

Sumitomo a développé un dispositif de traitement d'image appelé SPITS (Spatial Image Processing Traffic flow Sensor) répondant à cette spécification. Le traitement implanté dans un préprocesseur câblé comporte différentes opérations: différence image courante/arrière plan, différence entre images successives, gradient.

Une expérimentation a été menée sur site à Tokyo, et a montré que quelles que soient les conditions de trafic et de la météo, la mesure des longueurs de queues pouvait s'effectuer avec une erreur inférieure à 10%.

(74)- M. SATO et *al.*- AID and management system for expressway tunnels- IVHS 96

Cet article des Japanese Highways rappelle qu'il existe plus de 900 **tunnels** sur le réseau des voies rapides japonais. La **gestion des incidents** dans ces tunnels est assurée à partir d'une cinquantaine de PC répartis sur le territoire. Il est envisagé de réduire le nombre de ces PC à 10, ce qui va accroître la tâche des superviseurs. D'où l'idée de développer un système de **DAI** fondé sur le traitement d'images TV, avec pour objectif de détecter les véhicules arrêtés, les véhicules roulant à faible vitesse, la présence de congestion, les changements de voie, et de mesurer les valeurs moyennes du débit, des vitesses et du T.O. Une étude a été menée sur les performances obtenues en fonction de la hauteur des caméras, en termes d'erreurs sur les vitesses, et de résolution sur les distances mesurées. Il apparaît que les portées observables avec une précision meilleure que 10% sur la mesure des vitesses sont:

- pour h=3,5m: 30-130 m dans un tunnel 2 voies, et 70-130 m dans un tunnel 3 voies

- pour h=5,8 m: 30-170 m dans un tunnel 2 voies et 70-160 m dans un tunnel 3 voies.

Un 1er système a été implanté en 1993 dans le tunnel Tachi-Toge de 3,6 km de long sur 2 voies, équipé de 47 caméras, puis dans le tunnel Nihonzaka en 1996.

(7)- Y. LIU- Application of image processing technologies in intelligent transportation systems- IVHS 95

Cet article général d'origine Sumitomo évoque les différentes applications du traitement d'image dans le trafic et les aides à la conduite, ainsi que les techniques de base utilisées: différences d'image, gradient, analyse morphologique, prise en compte de la perspective.

(6)- T. IKEDA et *al.*- Vehicle detection for traffic measurement using edge and background image- IVHS 95

NEC a mis au point un algorithme de détection de véhicules reposant sur un traitement spécifique de l'arrière plan. Celui-ci est déterminé par cumul des différences entre images successives, puis on individualise les voies par masquage, et l'on procède à une extraction de bords sur chacune des voies. L'extraction des véhicules se fait à partir du résultat ainsi obtenu, par des opérations successives de réduction du bruit, de détection et de projection de bords, de binarisation adaptative, et de lissage. Un test sur l'enregistrement du passage d'un millier de véhicules sur un tronçon de route à 2 voies a montré que la précision de comptage était de l'ordre de 98-99%.

(5)- A. CHATZIOANOU ET *al.* - Towards deployment of video image processing systems for traffic detection- IVHS 95

L'Université California Polytechnic travaille depuis plusieurs années avec Caltrans sur l'application des systèmes de traitement d'image au trafic. L'exposé, à caractère général, présente les critères sur lesquels doivent être évalués ces systèmes, au premier rang desquels on trouve la capacité de comptage des véhicules et de mesure des vitesses, et donne quelques exemples de dépouillement de campagnes d'essais. 2 sites expérimentaux ont été choisis pour

les tests de ce systèmes, l'un à Sacramento, l'autre sur le Oakland Bay Bridge de San Francisco. Quelques recommandations sont fournies sur le choix et les conditions d'installation des caméras.

(25)- M. NAKAMURA et al.- *Development of infrastructure sensor for information collection in vehicle-roadside control system- IVHS 95*

Présentation d'une étude comparative faite par Omron sur des systèmes de traitement d'image utilisant respectivement une caméra en lumière visible, une caméra infrarouge et une caméra en lumière visible avec intensificateur de lumière.

Les tests portaient sur la détection d'un véhicule à grande vitesse, d'un véhicule arrêté, d'un petit objet (éponge) tombant d'un véhicule, et d'un véhicule subissant un incendie simulé. Les portées obtenues ont été de l'ordre de 80m, seule la caméra avec intensificateur de lumière permettant de détecter le petit objet jusqu'à 50m. La présence de l'incendie simulé n'a été détectée par aucune des caméras;

26- M. ARAI- *Intelligent traffic monitoring system based on neural network theory and image processing - IVHS 95*

Description d'un dispositif de traitement d'image développé par Hitachi pour l'observation de la **congestion** et des **véhicules lents** sur le réseau de desserte de l'aéroport du Kansai.

La détection de congestion met en œuvre un réseau neuronal à 3 couches, avec 3 entrées: la densité de véhicules déduite d'une différenciation sur l'image, la vitesse des véhicules déduite d'une différence entre images, et la luminosité de l'image. Le réseau a 5 sorties correspondant à 5 niveaux de trafic, de fluide à congestionné.

La vitesse des véhicules est mesurée à partir d'une extraction par différence entre image courante et image d'arrière-plan.

Les tests ont montré qu'il y avait une bonne corrélation entre le système et un observateur pour l'appréciation du niveau de trafic; la vitesse est mesurée avec une précision de +/- 10%.

(12)- H. SATO et al.- *Rear-end collision prevention system using image processing - IVHS 95*

Ce papier présente un système de traitement d'image destiné à prévenir les collisions dans les zones de mauvaise visibilité de routes ou d'autoroutes. Il repose sur un procédé de traitement dit DTT (Directional Temporal Plane Transformation) consistant à reconstituer le mouvement des véhicules sur un graphique distance-temps, et sur la détection de véhicules roulant à une vitesse inférieure à un seuil de l'ordre de 40 km/h. La caméra observe la partie cachée de la route sur environ 50 m, et active des PMV situés respectivement à 450, 600 et 750 m en amont. Les performances obtenues sont satisfaisantes: erreur de 10% sur le comptage des véhicules et de 7,6% sur les vitesses.

Le système a été implanté dans un virage serré de l'autoroute Meihan près de Kyoto et a fait baisser de 45% le nombre de collisions arrière dans cette zone.

29- S. NODA et al.- *Parking availability discrimination systems for expressway parking areas- IVHS 95*

L'auteur décrit 2 méthodes destinées à mesurer le taux de remplissage d'**aires de parking** d'autoroutes.

La première est fondée sur l'observation de l'occupation d'une partie de ces aires par des caméras avec traitement d'image. Un traitement de ces données par réseau neuronal permet d'extrapoler ces résultats et d'en déduire le taux d'occupation global de l'aire. Des expérimentations ont montré qu'en observant environ 40% de la surface de stationnement on obtenait des résultats globaux avec un taux d'exactitude de 90%.

Une 2ème méthode consiste à mesurer les entrées/sorties sur les voies d'accès de ces aires. Même avec des détecteurs à boucles comptant les véhicules avec une précision de 99,7%, les erreurs cumulatives commises sont très importantes. La méthode a été améliorée en mesurant également les entrées/sorties avec des dispositifs de lecture automatique de plaques. Bien que ces dispositifs aient des taux de reconnaissance modestes, de 70% à l'entrée et de 74% à la

sortie, cette mesure complémentaire a permis d'obtenir une bien meilleure évaluation du taux d'occupation du parking.

(78)- J. VERSAVEL- Video image processing for traffic data and incident detection- IVHS 97

Il s'agit d'un exposé sur les produits Traficon (CCATS, CCIDS, CTRACK) dont 1500 exemplaires sont actuellement en service.

Des comparaisons ont été faites avec les produits d'autres constructeurs en 96 à Berne et en 97 à Stockholm.

Une évaluation d'algorithmes de DAI dans l'Ekeberg Tunnel d'Oslo a donné les résultats suivants:

- taux de détection: 99%
- temps moyen de détection: 10 sec
- taux de FA/jour/caméra: 0,025

D'autres évaluations chiffrées sont fournies sur les précisions de mesure de ces appareils:

- CCATS: la précision des mesures est de 95% sur Q et de 97% sur V
- CCIDS: pour la détection d'un véhicule arrêté on a un taux de détection de 98%, un taux de fausses alarme de 0,025 FA/caméra/jour, et un délai de 5 s.

Pour la détection d'un véhicule à contre sens, le taux de détection est de 99,9%, le taux de fausses alarmes de 0,01 F.A./caméra/jour, et le délai de 0,02 s.

(80)- A. FUJII- Vehicle tracking system using DCT for image extraction- IVHS 97

Cette communication d'OKI porte sur une méthode de suivi de véhicules utilisant la transformée cosinus discrète (DCT) pour éliminer les ombres. Une analyse spatiale en fréquence par DCT, réalisant une transformation Karhunen-Loewe, permet de distinguer la zone d'ombre, caractérisée par une distribution plus régulière des pixels que celle du véhicule. Les résultats obtenus au cours d'une expérimentation sont relativement modestes: 93,6% de véhicules détectés de jour, et 80,6% de nuit.

(83)- N. AMAMOTO- Obstruction detector by environment adaptive background image updating- IVHS 97

Cet autre exposé d'OKI traite de la détection d'obstacles et de la discrimination des objets stationnaires réels par rapport aux effets d'ombre. On étudie les écarts types des niveaux de gris dans l'image, en se servant de la plus grande uniformité de ces niveaux dans les zones d'ombre.

(87)- D. KIM- Parking vacancy detection using image processing and neural networks- IVHS 97

Cette communication d'OMRON traite de la reconnaissance de l'état des places dans un parking. Il s'agit de discriminer les 3 conditions suivantes: absence de véhicule, véhicule en mouvement, véhicule arrêté.

La méthode repose sur une reconnaissance de configuration (pattern matching) mettant en œuvre une extraction des bords et combinant les techniques des réseaux neuronaux et de la logique floue. Une des difficultés traitées est relative à l'élimination des ombres. Les taux de succès obtenus varient entre 79 % et 91 %.

(84)- W. POECHMUELLER- Traffic observation, analysis and classification with a stereo camera system- First results and comparisons- IVHS 97

Il s'agit d'une recherche menée par Bosch dans le cadre du projet ESPRIT VCTORIA. Les algorithmes ont été développés et validés en laboratoire. Un dispositif prototype avec 2 caméras est installé à Hildesheim.

(85)- S. BOUCHAFA- Crowd motion estimation in subway corridors by image processing - IVHS 97

L'auteur présente les recherches menées à l'INRETS dans le cadre du projet européen CROMATICA sur la surveillance des **mouvements de passagers** dans les couloirs de Métro.

(86)- S.H. LEE- A development of a real time queue length measuring algorithm at asignalised intersection using an image processing- IVHS 97

En Corée des recherches ont lieu sur une méthode de **mesure des longueurs de queues** aux carrefours, fondée sur le suivi de véhicules non stationnaires par différences d'images et la détection des queues par détection de bords (Sobel). Les erreurs sur les longueurs de queues fixes sont de l'ordre de 4 à 5%, et sur les queues mobiles de 14% de jour et 35% de nuit.

(89)- H. NATAKASUKA- Application of image processing system to tunnels on metropolitan expressway- IVHS 97

Cet exposé fait un état des dispositifs installés en **tunnel** sur les autoroutes métropolitaines au Japon. Sur 250 km d'autoroutes, dont 14 km de tunnels, un réseau de 900 caméras, dont 400 en tunnel, a été installé. Des systèmes de traitement d'image ont été introduits dans les tunnels où l'espacement des caméras est de 100m: ces systèmes intéressent environ 130 caméras dans 4 tunnels et ont pour objet la détection de véhicules lents ou arrêtés, d'objets tombés, et de véhicules effectuant des changements de voies successifs (pour éviter probablement un obstacle). Des problèmes sont dus aux masquages liés à la faible hauteur des caméras et à la congestion, ainsi qu'aux salissures.

(91)- Y. KODAIRA- A proposal about the evaluation of the driver's visual environment by using the CCD camera- IVHS 97

Koito Industries a mis au point un procédé de traitement d'image permettant de mesurer dynamiquement la distribution de la **luminance dans l'environnement routier**, notamment en tunnel, où l'on s'intéresse à la différence de luminance entre les parois et la chaussée. Ce dispositif a été expérimenté au Japon et en Hollande.

(92)- F.P. CARDIMEN- Integration of regional traveller information system in Southeast Michigan- IVHS 97

Le Michigan est le site de différents projets importants ITS.

Le comté d'Oakland a équipé 300 carrefours avec un contrôle adaptatif et des systèmes de traitement d'image Odetics.

Le réseau autoroutier de Detroit a été équipé sur 150 miles d'un système de recueil de données comportant 1170 boucles, 145 caméras TV avec des dispositifs de traitement d'image sur 10 sites.

On peut citer également le projet FAST-TRAC visant l'implantation de SCATS sur les artères principales dans le comté d'Oakland, ainsi qu'un projet de service d'information privé animé par le Consortium Motorciti.

(93)- D. AUBERT- Traffic measurement and monitoring by means of image processing- IVHS 97

L'auteur décrit tous les travaux menés depuis 10 ans à l'INRETS sur l'analyse du trafic pour 3 grands types d'applications:

- autoroutes: mesure du trafic, DAI, files d'attente aux stations de péage
- réseaux urbains: mesures de trafic, longueurs de queues
- suivi et comptage de mouvements de piétons.

Les résultats obtenus en matière de précision des mesures, de probabilité de détection et de fausses alarmes sont également présentés.

2 approches ont été expérimentées, l'analyse morphologique, et l'utilisation de primitives. Dans cette dernière approche la détection des marquages de chaussée et l'élimination des ombres ont soulevé des problèmes difficiles.

Les principales obtenues sont :

- en matière de DAI sur autoroute:
 - taux de détection des véhicules arrêtés: 100% en situation de congestion, 99% en tunnel, et 90% en trafic fluide.
 - portée: 250 à 350m

Le taux de détection se dégrade de 10% par forte pluie et de 14% par vent fort.

- les mesures de trafic sur autoroute se font avec un taux d'erreur de 5% sur Q, de 5% sur V et de 10% sur T.O.
- les mesures de longueur de queues aux péages se font avec une erreur de l'ordre de 10%.
- des mesures de longueur de queues à des carrefours urbains ont fait apparaître une précision de 1,4m
- enfin lors d'essais de comptage de piétons sur une surface quadrillée le taux d'erreur a été de 3% dans 95% des cas.

(94)- K.OHASHI- Image processing method of recognising a vehicle for discriminating parking availability conditions- IVHS 97

Cette communication d'Omron présente une méthode pour l'élimination des ombres dans un système de surveillance vidéo de l'occupation des places d'un **parking**.

(95)- K. KURIHARA- Analysis of bottleneck phenomenon utilising aerial photographs- IVHS 97

Cet exposé japonais décrit un système utilisant un ensemble de 3 caméras linéaires embarquées sur avion localisé par GPS pour l'analyse de phénomènes de **congestion**.

(96)- K. NAGATAKE- AID system by image processing- IVHS 97

Cet exposé évoque les différentes applications du traitement d'image au Japon:

- détection d'incidents et de véhicules à l'arrêt dans certains tunnels et dans les courbes de la Hanshin expressway
- mesure de temps de trajet par lecture de plaques minéralogiques
- surveillance de l'occupation des places dans les parkings
- et même surveillance de vagues géantes (cresting waves) le long des routes littorales.

(98)- R. ALLSOP- Image processing for the analysis of pedestrian behaviour- IVHS 97

Cet exposé britannique porte sur la détection du **comportement de piétons** par le procédé ASSET (A Scene Segmentation Establishing Tracking). L'objectif de l'étude est d'évaluer l'exposition des piétons aux accidents. Les techniques employés sont l'extraction de bordures d'objets, l'extraction de coins, et la comparaison d'images successives.

Sur une séquence de 30 minutes portant sur 100 véhicules et 35 piétons la précision des comptages obtenue a été de 5 et 15%.

(99)- M. MIZOGUCHI- Vehicle velocity estimation using image sensor- IVHS 97

NEC travaille à un dispositif de détection des véhicules et de **mesure des vitesses** fondé sur la différence entre l'image courante et l'image d'arrière-plan (background). Les véhicules sont représentés par des rectangles.

La mesure de vitesse se fait sur le bas de l'extrémité arrière du véhicule. On cherche à améliorer la précision en travaillant sur des séquences d'images. Le calcul et les observations montrent que les erreurs sur la vitesse mesurée sont proportionnelles au carré de la distance du véhicule à la caméra.

(100)- Z. JIANG - Some problems with freeway AID algorithm based on image processing- IVHS 97

L'auteur, de la Société Odetics, présente d'abord les principaux algorithmes de DAI utilisés avec les boucles inductives. Il rappelle ensuite que les méthodes de DAI par traitement d'image reposent soit sur une analyse spatiale des vitesses des véhicules, soit sur une analyse du taux d'occupation, soit sur une combinaison de ces 2 types d'analyse.

Il passe enfin en revue les principales difficultés rencontrées dans la mise en œuvre de ces méthodes, et qui sont liées notamment à la modélisation de l'arrière-plan, à la détermination des seuils de déclenchement d'une alerte, au compromis taux de détection/taux de fausses alarmes et il propose quelques idées pour réduire ces difficultés.

(108)- Y. IIDA- Development of vehicle presence detector for **electronic toll collection** system- IVHS 97

Mitsubishi développe un dispositif de détection de véhicules par traitement d'images de caméras à axe vertical, dans lequel la route est peinte de marques noires et blanches. Le traitement consiste à comparer l'image reçue quand la route est vide avec l'image courante. Différentes méthodes - corrélation normalisée, jugement binaire, intégration différentielle- ont été testées. La solution la meilleure, permettant d'éviter les effets d'ombre, s'obtient en combinant la corrélation normalisée et l'intégration différentielle. Des essais sur 2 jours ont montré que sur 40000 véhicules 2 seulement n'ont pas été comptés.

(131)- Y. HAMAGUCHI- Video based fire detecting using monitoring cameras in tunnel- IVHS 98 (3023)

Ce système développé par OKI a pour objet de **détecter un incendie dans un tunnel**. Il doit pouvoir faire la distinction entre des flammes, des lumières de phares, et les lumières réfléchies sur les parois.

Cette distinction s'opère par analyse de la brillance de l'image, et en tenant compte du fait que les phares se déplacent relativement vite, mais il peut y avoir quelques difficultés en conditions de congestion et de trafic lent. On procède par soustraction d'images successives; en accumulant les résultats de ces soustractions, seule la périphérie des flammes subsiste, en raison des phénomènes d'étincelle (flickering). On peut aussi calculer des flux optiques, celui des véhicules allant dans le sens des voies, et celui des flammes n'ayant pas de direction privilégiée.

L'étude n'est pas encore considérée comme achevée.

(135)- M. SATO- Image processing technology for expressway rest area congestion information system- IVHS 98 (3045)

Cet exposé décrit un système de surveillance de **l'occupation d'aires de repos** sur autoroute permettant d'informer les conducteurs par des PMV disposés en amont.

Le système repose sur l'observation des zones de parking à partir de caméras situées sur des points élevés et à traiter les images obtenues.

On peut traiter celles-ci en contenu et suivre les mouvements des véhicules. Il est moins coûteux de travailler sur images fixes en commutant le dispositif de traitement successivement sur plusieurs caméras.

Des tests ont montré que ce dernier type de traitement conduisait à un taux de détection de 92%, considéré comme satisfaisant.

(136)- Y.S. SOH- Improvement of background update method for image detector- IVHS 98 (4005)

L'auteur rappelle que la reconstitution de l'arrière plan (background) par filtrage, en combinant les pixels de plusieurs images, ne fonctionne pas bien en cas d'ombres passives causées par les immeubles. Il ya également des difficultés en cas de congestion.

Il propose une méthode de filtrage récursif améliorée dite « short time maximum frequency method ». les résultats obtenus sont meilleurs qu'avec un filtrage récursif classique.

(137)- J. VERSAVEL- Video detection by VIP42TML: a case of public private cooperation- IVHS 98 (2026)

Cet article de la société Traficon présente un système portable permettant de procéder à des **mesures sur des carrefours et ronds-points**, et mettant en œuvre un nouvel algorithme sur le VIP3 (vehicle presence detector) de la famille CTRACKS (camera tracking).

Les caméras sont installées à 11-12m de hauteur et peuvent traiter un maximum de 4 artères sur un carrefour, sur lequel sont définies 16 « portes » (gates). On suit les véhicules à travers ces portes, depuis une porte d'entrée jusqu'à une porte de sortie.

(138)- S.P. HONG- A study on real time vehicle classification using image sensor- IVHS 98 (4039)

Ce procédé développé en Corée pour réaliser une **classification de véhicules** emploie 2 caméras prenant des vues en même temps, l'une sur une large ouverture, l'autre avec une ouverture restreinte, qui permettent d'appréhender les dimensions des objets.

Les véhicules sont classés en 5 catégories sur la base des paramètres suivants: longueur, largeur, hauteur, nombre d'essieux, largeur des roues et distances entre essieux. L'utilisation des 3 premiers paramètres ne donne pas de résultats satisfaisants; la prise en compte des essieux et des roues améliore la classification.

(140)- B.W. HWONG- A study on the real time measurement of vehicle speed using dynamic image processing- IVHS 98 (4050)

Cet exposé coréen décrit une méthode simplifiée de traitement d'images de caméras CCD industrielles, qui consiste à traiter les informations de luminance sur un échantillon réduit de points, en utilisant un « VISC » (video information sampler and converter). Ce VISC échantillonne seulement 64 pixels sur les 256x256 pixels de l'image. En choisissant ces points sur des lignes perpendiculaires à la chaussée, à raison de 8 points par voie, on réalise un capteur de **débit** et de **vitesses** des véhicules. Les performances du système ne sont pas précisées.

(141)- M. NAKAGAWA- Method for identifying specific vehicles by matching TV image patterns- IVHS 98 (3210)

L'auteur évoque une méthode d'analyse d'image permettant de **reconnaître des véhicules** portant des marques distinctives, p.ex. panneau indiquant un transport d'enfants, panneau indicateur de numéro de ligne d'autobus. Dans une première phase on définit une zone à explorer, puis on compare les différentes parties de cette zone avec un gabarit de la marque à reconnaître (template matching). L'identification demande de 80 à 130 ms/image.

Un test consistant à identifier des autobus sur une voie réservée a montré qu'on pouvait avoir un taux de reconnaissance de 99%.

(142)- H. TOKUTOME- Application of image processing technology to traffic control on Hanshin Expressway- IVHS 98 (3106)

La Hanshin Expressway dans la région de Kobe vient d'être dotée d'une extension de 221 km, comprenant 5 tunnels faisant 4,6km de long au total.

L'auteur, de la société Sumitomo, rapporte les résultats d'une expérimentation d'un système de **détection de conditions anormales (ou DAI)** qui a été réalisée en 1996 dans un tunnel de 725m de long avec 29 caméras. La portée spécifiée pour ces caméras était de 130 m.

L'objectif était de détecter les ralentissements et arrêts de véhicules.

Deux méthodes de traitement ont été essayées: traitement continu de chaque caméra, et commutation périodique des caméras sur un système de traitement.

Après une 1ère phase de tests sur événements simulés, le système a été évalué durant 7 jours dans des conditions réelles.

Les 25 cas d'arrêt de véhicules ont été détectés, mais 11 fausses détections ont été observées, dues à des problèmes d'éclairage aux extrémités du tunnel. Des améliorations ont été apportées pour réduire ces erreurs. De même les 20 cas de ralentissements observés ont été détectés.

Les mesures de Q et V se font avec environ 10% d'erreurs. Ce taux peut cependant être réduit à 2% sur Q et 4% sur V en adaptant la disposition des caméras à ces mesures.

(143)- T. CHIBA- Development of intelligent CCTV camera computer network- Suitable road monitoring camera- IVHS 98 (3015)

Cette étude, menée en collaboration par les firmes japonaises Omron, Matsushita, Mitsubishi, et Hitachi, vise à la fois à développer un système de **DAI**, et à mettre en place un réseau de **communication par E-mail et serveur Web** avec les autorités intéressées.

L'expérience a été menée sur une route nationale au Sud de Sapporo, à 836 m d'altitude.

Les algorithmes de DAI testés reposaient

- soit sur des différences entre image courante et image d'arrière plan

- soit sur ce même procédé, mais avec extraction de bordures d'objets
- pour la détection des arrêts, sur la détection de changements dans les diagrammes distance/temps des véhicules (directional temporal plane transform method)

Pour les véhicules arrêtés, une alarme n'est déclenchée qu'après 5s d'arrêt observé. Sur 139 arrêts, 83,7% ont été détectés. La neige n'a pas d'effet sensible dans la mesure où la visibilité reste >500m. L'éclairage joue un rôle et les taux de détection est moins élevé l'après-midi et au crépuscule.

Le système comprend localement 2 PC serveurs pour le stockage d'images, et un PC connecté sur le réseau Internet. Quand un incident a lieu on stocke l'image et on crée une « home page » et on envoie une alerte aux services intéressés.

(144)- T.S. CHOI- Adaptive non uniformity compensation for infrared focal plane array sensors- IVHS 98 (4010)

Les capteurs infrarouge de type réseau sur plan focal se développent pour permettre la vision nocturne. Ces réseaux ont des problèmes de non uniformité de la sensibilité des éléments, dus à des différences physiques, des distorsions optiques, ou aux rayonnement extérieurs, et une procédure de compensation de ces distorsions est nécessaire.

L'auteur une méthode de compensation non uniforme fondée sur un microbalayage sur 3 points par pas de 1 pixel. Les résultats, illustrés par des clichés, paraissent satisfaisants.

(146)- Y. ASOKAWA- Automatic vehicle recognition by silhouette theory- IVHS 98 (3138)

Cet exposé d'Omron rappelle que les méthodes traditionnelles d'extractions de véhicules sur une image, fondées sur la soustraction de l'arrière-plan, sur des différences d'images successives, ou sur une extraction de bords sont sensibles aux ombres, ainsi qu'au recouvrement des véhicules.

Une nouvelle méthode est proposée, fondée sur le **traitement d'images stéréo** fournies par 2 caméras, permettant de travailler sur des silhouettes de véhicules en 3D.

(163)- A. YAMAMOTO- Technical developments in ITV utilisation for road management- IVHS 98 (30040)

L'auteur traite d'un système TV permettant de **surveiller la chaussée** (et non le trafic), et de détecter des situations potentiellement dangereuses: mauvaises conditions météo, éboulements, avalanches, incendies et obstacles en tunnel, etc.

Il rappelle que l'on ne sait bien à l'heure actuelle surveiller que le trafic et la visibilité. Il recommande en priorité de développer

- la détection d'événements soudains dans le trafic
- la détection d'objets tombés
- les chutes de neige.

(195)- A. CHATZIINAOU- Traffic video image processing systems installations- an examination of VIPS standardisation- IFAC 97- p. 1005-1009

L'auteur évoque quelques considérations sur la standardisation des caméras pour systèmes de traitement d'image, et notamment du choix entre une caméra intégrée à son processeur, et une caméra séparée du processeur. Cette dernière option implique des liaisons qui doivent être également standardisées. Il faut noter que les caméras usuelles de surveillance, avec zoom et dispositif d'orientation ne sont pas bien adaptées à un traitement vidéo, et qu'il est préférable d'utiliser des caméras fixes.

Des tests ont été menés au California Polytechnic sur 4 systèmes de traitement d'origines diverses (USA, Europe, Japon). Les principales conclusions que l'on peut en tirer sont:

- il existe des difficultés liées changements de luminosité, et aux conditions de brouillard ou de chaussée humide de nuit
- les mesures de V sont faites avec une précision de l'ordre de 95%
- les comptages sont bons en moyenne sur le long terme, mais il peut y avoir des erreurs instantanées

- l'identification/classification des véhicules est satisfaisante quand l'image est de bonne qualité
- la détection de contours peut être mise en échec pour des véhicules aux formes rondes et de couleur claire
- des difficultés de communication entre modules peuvent être observées.

Les comparaisons entre techniques « tripwire » (traitement d'une ligne ou d'une petite zone de l'image) et « tracking » (traitement de la totalité de l'image) montrent que les secondes sont plus sensibles à la qualité de l'image. Elles prévaudront sans doute dans l'avenir, mais pour l'instant sont moins fiables, moins précises, et plus difficile à remettre en route après panne que les premières.

Il est enfin curieux de noter que le traitement d'image semble pour l'instant se développer plus sur les carrefours que sur autoroute.

(197)- P.G. MICHALOPOULOS- Derivation of advanced traffic parameters through video imaging- IFAC 97- p. 1023-1028

Historique et description du système Autoscope d'ISS.

Les recherches ont été lancées en 1984 à l'Université du Minnesota. Actuellement on en est à la 4ème génération, développée par ISS dans le cadre d'un contrat passé en 1995 par JPL pour le compte de la FHWA.

Le traitement comporte plusieurs phases: reconstitution de l'arrière plan (background) par filtrage tridimensionnel (x,y,t), extraction de contours par gradient temporel et spatial, poursuite des objets suivant 2 méthodes: « symbolic tracking » et « signature tracking ».

Différents types de mesures sont possibles

- émulation de boucles
- mesure de paramètres de trafic sur carrefours: queues, densité, débits, mouvements tournants, arrêts, vitesse, classification (auto, moto, bus, autres), détection de piétons, de 2-roues.
- mesure de paramètres de trafic sur autoroute: V, densité, classification (auto, cars, camions courts et longs), changements de voies, décélération, véhicules arrêtés.

Les précisions obtenues sont les suivantes:

- Sur carrefour: - Q: 95,1% - V: 91% - longueur de queues: 94,2% - classification: 96% - mouvements tournants: 98%
- Sur autoroute: - Q: 99,7% - V: 94,8% - classification: 97,3% - changements de voie: 70% - décélérations: 17% - véhicules arrêtés: 100%

(203)- E. DE WINNE- Telematics in Flanders: a dynamic traffic management by video detection- IFAC 97- p. 1255-1261

Evocation de tests menés sur une autoroute d'Anvers avec les produits:

- CCATS de Traficon. Les observations ont fait apparaître une précision de 95% sur les mesures de débit, mais des mesures de vitesses peu fiables la nuit.
- le radar Gatso 24 pour des mesures de Q et V

(208)- T. LARSON- ODETICS low-cost video traffic detection system- TTI 95

L'auteur présente le système de traitement d'images simplifié Vantage VTDS dont le principe consiste à émuler des boucles sur la chaussée, et à limiter le traitement aux zones délimitées par ces boucles. Un test en vraie grandeur a eu lieu à Anaheim sur un carrefour avec une caméra sur chacune des 4 voies d'accès et une comparaison a été faite avec les mesures obtenues par des boucles réelles.

(210)- M. RODRIGUEZ et al.- EVA- camera based vehicle detection and tracking- TTI 95

L'auteur présente le système de traitement d'images EVA de la société espagnole Eliop Trafico. Ce système est conçu pour analyser le trafic sur plusieurs voies et sur une longueur de 25 à 30m, et fournit des mesures de **Q, V, T.O., de densité, et d'intervalle spatial** entre véhicules. Il s'appuie sur un prétraitement de l'image destiné à supprimer le bruit, améliorer les contrastes et supprimer les distorsions liées à la distance, puis sur une analyse des niveaux de gris et une

segmentation destinée à mettre en évidence les véhicules. Le taux d'erreur en matière de détection de véhicules est de l'ordre de 2%.

(213)- R. ROHE- Video surveillance in Pasadena- TTI 95

Article de la société Cohu évoquant l'installation d'un réseau de CCTV comportant 9 caméras pour la surveillance à distance du trafic à Pasadena.. Pas de traitement d'images.

(214)- P. VAN GINNEKE- Video technology for traffic control and monitoring -TTI 95

Présentation d'une caméra Sony pour la surveillance du trafic dans laquelle une numérisation du signal permet une meilleure adaptation à l'éclairage qu'avec une caméra analogique.

(218)- P. ALONGE- Adaptable multi purpose image systems- TTI 95

Présentation d'un produit de Tecnicon International comportant une caméra, un déclencheur et un enregistreur analogique ou numérique qui permet l'enregistrement d'une image d'un véhicule et de sa plaque. ce produit vise la répression de diverses **infractions**: péages, feux rouges, parking, vitesse, restrictions d'accès.

(236)- T. LEBRE- Advanced video-based vehicle detection- TTI 96

Présentation sommaire par la société T2M Automation d'un produit développé par l'INRETS pour la **détection d'incidents** à partir de mesures de densités ou de taux d'occupation de voies, et pour la détection de véhicules arrêtés.

(237)- M. BOGAERT et al- Video-based solutions for data collection and incident detection- TTI 96

L'auteur présente les différents produits de la société belge Traficon:

- CCATS, travaillant par émulation de boucles sur la zone surveillée
- CCIDS, effectuant un suivi de véhicules le long de lignes longitudinales
- CTRACK, en développement, pour l'observation de mouvements tournants
- VIC: compression d'images pour la transmission.

Les applications vont de l'analyse et de la détection d'incidents sur autoroute à la commande des feux en zone urbaine.

1000 capteurs sont en place à travers le monde. Leur coût unitaire est de 120 à 300 kBF, chaque capteur pouvant observer plusieurs voies.

(247)- M. BOGAERT et al.- Safety and efficiency by video- TTI 97

Cet article de Traficon complète l'article (237) évoqué ci-dessus. Il indique que plus de 1500 dispositifs Traficon sont maintenant en service, et il cite quelques applications dans des tunnels pour la détection de queues et la DAI.

(249)- M. JUKE- Sometimes colour is not the answer- Selecting video cameras for traffic applications- TTI 97

Cet article d'Odetics donne quelques conseils sur la sélection de caméras pour l'analyse du trafic. Il montre que la couleur n'est pas la meilleure solution en vision de nuit, et que le noir et blanc convient pour les diverses applications d'analyse du trafic et pour la lecture de plaques.

Un éclair infrarouge améliore la visibilité. les risques d'aveuglement par le rayonnement solaire imposent une grande vitesse d'obturation, une alternative économique étant les lentilles « auto-iris ».

(250)- W. SOWELL- It's all in the pixels- A look at the evolution of video detection- TTI 97

Cet article de Peek Traffic USA passe en revue les applications du traitement d'image en trafic. Actuellement plus de 20 constructeurs commercialisent des systèmes de détection vidéo.

Les premiers produits du type « tripline » n'analysaient que des lignes ou de petites zones sur l'image: Traficon CCATS, Trafficam de Rockwell, Vantage d'Odetics.

Vers 1992 sont apparus les premiers produits, dérivant d'applications militaires, et réalisant une poursuite des véhicules sur l'ensemble du champ, p. ex. le VIPS de Hughes ou le TAS de CRC. En 1995 Peek a lancé le Video Track 900 fondé sur un traitement multi-résolution « pyramide » du David Sarnoff Research Center. Cette méthode permet de réduire le temps de traitement en travaillant avec la plus petite résolution possible.

Des tests ont été menés par la FHWA au Minnesota sur la I 394. Des capteurs video ont été comparés avec des boucles inductives: Autoscope (ISS/Econolite), EVA, Traffacam, Video Track 900 et ont permis d'évaluer les performances respectives des produits « tripline » et des produits de type « tracking » analysant tout le champ.

Les résultats d'essais sur 2 jours sont les suivants, en termes de précision de comptage et de variance:

Voie 1: Précision « tracking »: 99,7%- variance: 0,3%

Précision « tripline »: 95,3 et 98,7% - variance: -4,7% et -1,3%

Voie 2: Précision « tracking »: 98,9%- variance: 1,5%

Précision « tripline »: 91 et 83,5%- variance: -9 et -16,5%

Les derniers résultats des produits « tripline » s'expliquent par le fait qu'un masquage dû à un tablier de pont a fait que la zone observée par les caméras ne coïncidait pas avec les boucles prises comme référence.

(263)- D. REILLY et al.- All eyes on neural networking- TTI 98

Description du système Traffic Vision de Nestor Intelligent Systems (USA). Le traitement d'images est fondé sur des réseaux neuronaux et sa capacité est de 20 images/s. Les mesures portent sur: Q, V moyen, T.O., classification, queues, intervalles entre véhicules.

(264)- D. BOUCKI.- An eye for details- Video detection covers new grounds- TTI 98

Article sur l'évolution des produits Traficon, dont plus de 2500 sont installés à travers le monde.

les derniers développements portent sur:

- CTRACK (1996), pour la détection des véhicules à l'arrêt

- VIP 42 (1997) pour la détection des mouvements tournants

- Sont en préparation VIP 23 pour la détection d'incidents en tunnels, VIP 22 pour la mesure de queues et bouchons, et VICCOM, dispositif de compression et de transmission vidéo.

(278)- F. LEMAIRE- Video detection technology- An application casebook- TTI - Août-Septembre 96

Présentation des produits de la société Traficon, qui ont donné lieu à de nombreuses évaluations dans le monde, en Floride, en Californie, à Stockholm, Liège, Genève, Copenhague, Londres, Rotterdam, sur l'autoroute Francfort-Karlsruhe, ainsi que dans divers tunnels.

Le tunnel d'Ekeberg à Oslo est équipé de 66 systèmes CCIDS pour la DAI. Les performances qui y ont été obtenues sont les suivantes: taux de détection: 99%, taux de fausses alarmes < 0,025 FA/caméra/jour, délai de détection: 10s.

Des résultats obtenus à Anvers sur les mesures de trafic font apparaître les performances suivantes en matière de précision: comptage: 98%, mesure de V: 95 %, classification: 95%.

(280)- V. JUHA- Succeeding with video detection- TTI- Oct.-Nov. 96

Article général d'Odetics sur l'intérêt de la vidéo en trafic.

Les spécifications demandées en DAI sont: taux de détection=99% et taux de fausses alarmes<3%. On réalise actuellement des taux de détection de 96 à 97%, et il reste par conséquent des progrès à accomplir.

(282)- W. CUNAGIN- Value added imaging- TTI Fév.-Mars 97

Article universitaire assez général sur le traitement d'image. L'auteur plaide également pour la suppression des connexions filaires et l'utilisation de liaisons radio.

Il rappelle que selon une estimation 30% des boucles inductives installées aux USA sont hors service; le coût annuel d'installation de boucles est de 120 M\$, dont 10% seulement correspondent au coût du capteur et du détecteur.

(285)- S. VINGER- Marriage road in Michigan- Autoscope and SCATS together in FAST-TRAC- TTI- Août-Sept. 97

Cet article d'ISS rappelle que le projet FAST-TRAC dans le Comté d'Oakland inclut plus de 275 dispositifs de traitement Autoscope associés à plus de 1000 caméras. Ce projet porte sur environ 30 carrefours dont la majorité seront équipés de capteurs vidéo. En surface il est intéressant de constater que la couverture des 275 Autoscope va correspondre à celle de 6000 boucles.

Une première expérimentation a porté sur 23 carrefours.

(286)- Video trial - TTI- Oct. Nov. 97

Ce court article fournit quelques résultats des tests menés à Stockholm entre octobre 96 et janvier 97 sur 4 dispositifs de traitement d'image: Traficon, Golden River, Autoscope, Peek.

Ces tests, représentant 15 heures d'enregistrements, ont porté sur les variables suivantes:

- Q, V, classification, de jour et de nuit. Les références de vitesse étaient données par un radar de police calibré, dont les erreurs étaient de l'ordre de 1km/h.

- détection de queues

- détection de véhicules arrêtés

- détection d'incidents et d'objets sur la chaussée.

Les résultats sur la précision de comptage sont les suivants:

- Traficon: -2,85%

- Golden River: ne fait pas de comptage

- Autoscope: -40,625%, le dispositif sous-comptant fortement de nuit

- Peek: +36,25%, le dispositif sur-comptant en permanence.

Seuls Traficon et Autoscope se sont révélés capables de détecter des véhicules arrêtés et des queues.

(289)- I. NUTTALL- Someone to watch over me- An eye on surveillance applications- TTI - Déc. 98- Janv. 99

Panorama des applications de la vidéo dans le domaine du trafic et des produits existants.

- DAI vidéo installée par Sumitomo dans le tunnel Itami de la Hanshin Expressway (29 caméras)

- algorithme de DAI fondé sur la reconnaissance des silhouettes de véhicules développé chez Omron

- reconnaissance de signes distinctifs sur véhicules prioritaires (Japon)

- détection de l'occupation des places dans un parking testée par Toyota

- suivi des mouvements tournants dans les carrefours et ronds points par un produit Traficon

- détection d'incendie en tunnel par Oki

- surveillance des vitesses à partir de mesures de temps de trajet par lecture de plaques en Hollande

- Système PTFM (passive target flow measurement) développé par Trafficmaster en Grande Bretagne

- collaboration de l'administration finlandaise et de Golden River pour développer un système de recueil de temps de trajet à partir du lecteur de plaques Marksman 850

- surveillance des intervalles intervéhiculaires par caméra stéréo chez Fujitsu

- prévention du vandalisme sur les passages surélevés étudié chez Autovie Venete en Italie

- transmission d'images du trafic par Internet en Irlande du Nord; des études sur ce sujet sont menées également en Corée.

(290)- J. CHONG- Desk top video- TTI - Déc. 98- Janv. 99

Description d'un système de distribution d'images video développé par Dynamic Technology Systems (USA).

(297)- T. HASEGAWA et al. Counting cars by tracking moving objects in the outdoor parking lot-IVHS 95

Cet article de Nissan présente un système de traitement d'images à l'étude, destiné à compter les véhicules dans un parking. Ce dispositif a la particularité de reposer sur une poursuite des véhicules dans le champ de la caméra. Les véhicules en mouvement sont détectés par différence entre images consécutives, et des algorithmes ont été développés pour regrouper les zones appartenant à un même objet. les performances du système ne sont pas indiquées.

(301)- C. ANDERSON- Eyes on the Olympic- TTI Oct. Nov. 98

Description d'un système ISS de recueil de données par vidéo implanté sur un tronçon de 18 km du réseau autoroutier de Séoul.

Ce système comporte 17 équipements Autoscope 2004 reliés chacun à 2 caméras et espacés de 1 km. Le traitement repose sur une émulation de boucles sur l'image de la chaussée, et permet la mesure des débits, vitesses moyennes et T.O.

(302)- B. BOUCKE- Ahead of the queue- Video monitoring of traffic build up during road works- TTI Oct. Nov. 98

Description d'un système de signalisation de queues liées à des chantiers routiers. Installé sur la E313 entre Anvers et Hasselt, il met en œuvre 36 caméras équipées de dispositifs Traficon VIP 22 de traitement d'images. 30 des caméras sont fixes et montées sur des poteaux, 6 sont portées par des camions. Le dispositif permet de surveiller les queues qui se forment en amont d'un chantier, et de signaler leur présence aux conducteurs par des PMV fixes ou mobiles espacés de 500 m.

(305)- J.M. BLOSSEVILLE et al.- Traitement d'images: recherches menées au département analyse et régulation du trafic- RTS No28- Déc. 90

L'article présente les 2 méthodes développées dans les années 80 à l'INRETS pour l'analyse d'images vidéo du trafic: la méthode TITAN destinée à la mesure du trafic sur autoroute, et fondée sur la recherche des caractéristiques de forme, de gradients et de niveaux de gris des véhicules sur chaque image. Pour la détection du trafic en milieu urbain, une autre méthode, URBI, utilisant le fait que les véhicules sont en mouvement, et travaillant par différence d'images.

Les applications sont la mesure des caractéristiques du trafic, la DAI, la détection de blocages ou de queues en milieu urbain.

Les premières réalisations expérimentales ont porté sur la détection de files d'attente sur le péage d'Antibes-Est de l'ESCOTA, et sur un système de dépouillement semi-automatique d'enquêtes par prises de vues; ce dépouillement permet la mesure des vitesse avec une erreur moyenne de 4%.

Des recherches sont en cours sur les applications suivantes:

- classification de véhicules par méthodes neuronales
- évaluation de l'état de la chaussée (humidité, verglas) par vision artificielle.

(306)- S. BOUZAR et al.- Une machine de traitement d'image pour la mesure du trafic routier en temps réel- RTS- No28 -Déc. 90

Cet article décrit l'architecture matérielle du système de traitement sur lequel la méthode TITAN de l'INRETS est implantée (cf (305)).

(307)- R. TAKTAK et al.- Détection automatique des véhicules sur autoroute par vision artificielle- RTS No 44- Sept. 94

Cet article du Centre de recherche en automatique de Nancy présente une méthodologie générale de détection des véhicules sur autoroute par analyse d'images. Le traitement comporte une phase d'initialisation ayant pour objet la détection des voies de circulation et le calibrage

du système. La détection des véhicules repose sur les méthodes de la morphologie mathématique; une attention particulière est apportée à la séparation des véhicules rapprochés. Des tests sur séquences d'images préenregistrées ont fait apparaître un taux de détection de 97,1%.

(308)- J.M. BLOSSEVILLE et *al.*- Traitement d'image appliqué à la mesure du trafic: le système TITAN- RTS No 18-19- Sept.88

Cet article présente les résultats obtenus par l'INRETS et le centre de morphologie mathématique de l'école des mines sur la faisabilité d'un capteur de mesures de trafic basé sur l'analyse d'images vidéo. Des algorithmes permettant de traiter des scènes de 50-300m d'autoroutes sont produits. Le procédé est divisé en trois modules explicites successivement. Premièrement, on produit des algorithmes permettant la détection automatique de la zone de l'image correspondant aux voies de circulation. Cette image des voies est utilisée dans le module suivant pour la détection des véhicules et pour établir la correspondance entre mesures au sol et mesures faites sur l'image. Des parties caractéristiques des véhicules sont ensuite extraites de l'image courante en recherchant des zones de contraste de dimensions adéquates. Ces marqueurs sont concaténés pour obtenir un marqueur unique par véhicule. Finalement, des trajectoires de véhicules sont construites et des mesures de trafic sont produites. Les scènes de trafic très denses ou de nuit ne sont pas envisagées.

(320)- A.E. CHATZIOANOU- Testing and feasibility of VIPS for traffic detection- ASCE Conf. Application of advanced technologies in traffic engineering- 1991

L'auteur évoque des tests menés aux Etats-Unis sur 3 systèmes de traitement d'image commercialisés et sur 5 prototypes. Ces tests ne sont pas achevés et aucun résultat chiffré n'est fourni.

(323)- F. LEMAIRE- Report of the Devlonics video based traffic detector system- ASCE Conf. Application of advanced technologies in traffic engineering- 1991

Présentation du système CCATS de la société Devlonics (devenue Traficon). Une évaluation faite sur le périphérique d'Anvers a montré que par rapport à des boucles inductives le taux d'erreurs de comptage variait entre 4,82 et 6,45%.

(326)- B. DAVIET- Video image processing for toll operation evaluation- ASCE Conf. Application of advanced technologies in traffic engineering- 1991

Présentation des expériences sur la mesure de queues au **péage** d'Antibes par le dispositif de traitement d'images de l'INRETS. Les erreurs sur les longueurs de queues se sont situées entre -0,5 m et +0,8 m.

(330)- S. SELLAM- Junctions automatic incident detection- ASCE Conf. Application of advanced technologies in traffic engineering- 1991

Présentation d'expériences de DAI sur carrefour urbain menées dans le cadre du projet INVAID.

(334)- S.M. YAMAOKA- Image processing vehicle detector for urban traffic control- VNIS 92-p. 98

Cet exposé de la Police japonaise et des 3 constructeurs Omron, Matsushita et Sumitomo évoque les progrès de la détection vidéo. Après avoir passé en revue les différentes méthodes mises en œuvre, il présente quelques résultats de tests menés en 1991-92 sur une route nationale à Tokyo. Les précisions observées sur le comptage variaient de 91 à 100 % , et l'écart type des erreurs sur les mesures de vitesse variait de 6% de jour à 8,6% de nuit.

(335)- P. G. MICHALOPOULOS- Field implementation of the Minnesota video detection system- VNIS 92 -p. 104

L'auteur présente quelques résultats d'essais du système Autoscope dont le traitement repose sur l'analyse de lignes simulées sur les voies. Par rapport à des mesures effectuées par boucles, les erreurs ont été de 3,5% sur Q et de 15% sur V.

De nuit les effets de réflexion des lumières de phares produisent des sur-comptages.

Des essais de DAI ont été effectués dans le Minnesota sur 15 caméras. Le taux de détection moyen observé a été de 78 % pour un taux de fausses alarmes de 0,6 F.A./jour.

(358)- B. BUCKE et al- Video nation- Congestion monitoring by video- TTI 99

Cet article de Traficon évoque des tests menés sur la E17 entre Anvers et Gand dans le cadre du projet européen AVS-TDC (Advanced vision systems- Time to destination calculation).

Le calcul des temps de trajet se fait à partir des vitesses mesurées par vidéo, en faisant une moyenne spatiale. Cette méthode donne de bons résultats en trafic fluide, mais ils sont moins bons en situation de congestion. Il est possible également d'évaluer la position de la queue d'un bouchon. L'article ne donne pas de chiffres sur les performances.

(359)- J.M. BLOSSEVILLE- Smart sensors- from lab to lane- TTI 99

Présentation des produits INRETS commercialisés par Citilog. Ces produits mettent en œuvre une reconnaissance des véhicules par les méthodes de la morphologie mathématique.

L'auteur insiste sur les applications en DAI pour lesquelles des taux de détection de 85 à 99% ont été observés, avec des taux de fausses alarmes variant entre 1F.A./4jour et 1 F.A./15jours, et des temps de détection de 20 s.

Plusieurs systèmes sont opérationnels: 60 caméras dans le système Migratur, 33 caméras sur la Ville de Paris dans le cadre du projet In Response; on en trouve également à Lisbonne et Melbourne, et Cofiroute a adopté ces produits pour son système DIVA de surveillance des tunnels.

(361)- R. ROHE- Designs on digital-New video camera technology transforms surveillance - TTI 99

Présentation d'une caméra numérique avec zoom numérique.

(423)- Solutions techniques pour la vidéosurveillance du trafic routier- CERTU- Janv.99

Cette étude fait le point des solutions techniques mises en œuvre dans la vidéosurveillance : constituants du système, standards de codage, principes de transport des images et des télécommandes, architectures existantes. Une seconde partie est consacrée à une approche prospective sur l'évolution des technologies : compression d'images, transmissions, architectures.

(425) - Solutions techniques pour la vidéosurveillance du trafic routier- Rapport CERTU- janvier 99

Cette étude fait le point des solutions techniques mises en œuvre dans la vidéosurveillance : constituants du système, standards de codage, principes de transport des images et des télécommandes, architectures existantes. Une seconde partie est consacrée à une approche prospective sur l'évolution des technologies : compression d'images, transmissions, architectures.

Voir aussi: (17), (23),(111), (133), (190), (192), (193), (217), (238), (291).

2.3.8 Lecture de plaques minéralogiques

27- H. KOJIMA- Vehicle licence number recognition system using neural network- IVHS 95

Cet article de Nippon Signal présente un dispositif de lecture de plaques développé pour des applications dans le domaine de la **gestion de parcs**. Sa conception repose sur un réseau neuronal et des techniques de mosaïque, les entrées du réseau correspondant aux valeurs de gris de différents carrés d'une mosaïque.

Le taux de reconnaissance obtenu est de 99% sur les caractères japonais indiquant le district d'immatriculation.

(79)- M. TAMAGAWA- Development of vehicle license plate recognition system- IVHS 97

Cet exposé de Mitsubishi sur un système de reconnaissance de plaque mettant en œuvre 3 processus:

- l'extraction de la plaque, pour laquelle on se sert du fait qu'il s'agit d'une zone de fortes variations de luminance, et de la régularité des caractères
- la segmentation des caractères par une méthode de programmation dynamique
- la reconnaissance des caractères par comparaison avec des modèles (matching)

Le taux de reconnaissance est de 99% sur les plaques japonaises, avec un délai de 0,5 s, et de 97% sur les plaques étrangères avec un délai de 2 s.

(81)- D. BARETT- Automatic number plate reading- what are difficulties- IVHS 97

Cet exposé britannique présente les principales difficultés rencontrées par cette application de la lecture des plaques minéralogiques, et recommande de se méfier des performances annoncées par les industriels...

(97)- S. KIM- Development of a license plate extraction algorithm using brightness vector in number section of the plate- IVHS 97

Cet exposé coréen présente une méthode de localisation de la plaque minéralogique fondée sur l'analyse de la luminosité d'une image. En étudiant les variations des niveaux de luminosité dans le sens horizontal et vertical on arrive à repérer l'emplacement d'une plaque avec un taux de réussite de 100%.

(139)- K. YOSHIKAWA- Vision systems for ITS using wide dynamic range camera- Application to license plate reading in parking lots- IVHS 98 (3160)

Toyota a étudié un procédé qui permet de s'affranchir des grandes variations de brillance, fonctions de la couleur de la carrosserie et de l'éclairage, que l'on rencontre dans le parc de véhicules.

Ce procédé repose sur l'utilisation de caméras à grande dynamique, de 10 E4 (contre 10E3 pour les caméras courantes, et à prendre 2 images, l'une claire, l'autre sombre, en jouant sur l'ouverture et la vitesse d'obturation. On peut soit utiliser 2 caméras, soit alterner les prises de vue sur une seule caméra. Il est possible d'obtenir ainsi des taux de reconnaissance en extérieur de l'ordre de 99,5 à 99,8%. Une application envisagée est la détection de places de parking occupées.

(215)- S. JORDAN- Toll violation enforcement with automatic licence plate reading- TTI 95

Cet article d'Imaging Systems présente un dispositif de stockage sur disque en format JPEG d'images de véhicules en infraction sur un péage automatique.

Ces images peuvent être projetées devant un opérateur qui en assure la saisie. Par ailleurs un système de reconnaissance optique de caractères a été développé, qui peut lire 90% des plaques minéralogiques, et fait intervenir l'opérateur en cas d'échec. On arrive ainsi à un taux de lecture de 98%. Ce système est installé sur plusieurs sites aux Etats-Unis.

(220)- T.G. GIBSON- Vehicle identification by automatic license plate reading- TTI 95

Présentation d'un produit de la société Perceptics comportant une caméra avec obturateur à contrôle électronique, un éclairage basse visibilité, et un microprocesseur doté d'un système expert de reconnaissance de plaques.

Selon l'expérience de la police du Minnesota le taux d'identification correcte de numéros est de 94,7%.

(240)- K. SCHWEITZER *et al*- Enhanced tolling with video based identification- TTI 96

Présentation du système VIS 1000 de la société autrichienne Gevis, comprenant une caméra déclenchée par une barrière lumineuse, un dispositif de stockage des images sur 512x256 pixels et 256 niveaux de gris, et un traitement permettant la localisation des plaques et la lecture automatique des numéros minéralogiques dans un délai de 0,5 à 0,7s.

Le taux de reconnaissance des numéros est de 85% en moyenne et peut monter jusqu'à 95% dans les conditions les plus favorables.

Des tests ont été effectués sur un **poste de péage** de l'autoroute du Brenner en 1994, sur 2,54 M véhicules. Les véhicules ont une carte journalière d'abonnement et le système sert à vérifier que le numéro inscrit sur la carte correspond bien au numéro de la plaque.

(241)- P. REID *et al*- Image processing AVI for heavy vehicles regulation- TTI 96

Le système Safe-T-Cam de Telstra est implanté sur 9 sites autoroutiers en Nouvelles Galles du Sud (Australie).

Chaque station comporte un module vidéo DCM de détection/classification et un module IAM d'analyse d'image, de localisation et de lecture de plaques, fondé sur un réseau neuronal. La caméra installée à 7m de haut est sensible au proche infrarouge.

Le système sert à contrôler à partir d'un Poste Central **l'enregistrement des PL**, ainsi que leur **vitesse** et les **temps de conduite**. Le taux de reconnaissance des plaques est de 90%.

(242)- T.A. GIBSON- Vision technology enhances highway safety- TTI 96

Plaidoyer de Perceptics pour l'emploi de systèmes de lecture de plaques en association avec des dispositifs de pesage dynamique (WIM).

Les produits de cette société sont utilisés par la police du Minnesota. le taux de reconnaissance des numéros est de 92%.

(245)- P. REID *et al*- Benefits to all- Truck tracking evaluated- TTI 97

Cet article complète un autre article évoqué ci-dessus (241) sur la produit australien Safe-T-Cam. Il rappelle que ce dispositif a été installé sur 9 sites, à 100 km d'intervalle, sur l'axe Nord-Sud de la Nouvelle Galles du Sud, et que 11 autres sites doivent être équipés. la prise de vue est localisée et le traitement centralisé.

Le système assure la détection et la classification des véhicules, la localisation et la lecture des plaques de PL. Le taux de réussite est de 90% pour la localisation de plaques et de 96% pour la lecture du numéro.

Ce système a conduit à des réductions des violations et des accidents sur ces 3 dernières années.

(248)- T. HORI- Opening the shutter on traffic surveillance- TTI 97

Cet article de Pulnix (USA) détaille les conditions que doivent remplir les caméras pour réaliser un bon système de lecture de plaques (et que remplissent sans doute les caméras Pulnix):

- bonne résolution: 768x480 ou 1Kx1K pixels
- grande rapidité, >30 images/s
- obturateur rapide de l'ordre de 1/4000 s
- « reset » asynchrone
- grande sensibilité.

(254)- M. ZEINDL- Reading the past, future and licence plates- TTI 97

Article de Gevis sur le système de lecture de plaques VIS 1000 utilisé depuis 5 ans sur certains **péages** en Autriche

Une lère unité installée en 1991 avait pour objet de réduire les files d'attente en permettant le passage automatique de véhicules possesseurs de cartes d'abonnement.

En mi-1995 une vingtaine d'équipements étaient installés sur des autoroutes alpines pour vérifier la conformité du numéro porté par des cartes d'abonnement temporaires avec le numéro du véhicule.

Les taux de reconnaissance obtenus sont de 90% à l'extérieur et 93% en zone couverte. Le prix des matériels est de 1000\$/voie pour un dispositif couvrant 4 voies.

(255)- J. VAN DEN BOSCH et al.- *An eye for licence plate- Vehicle identification for traffic enforcement and control- TTI 97*

L'article traite d'un lecteur de plaques développé par R&H Systems (ND).

En 1993 un lecteur multivoies a été mis au point et testé sur A2 (ND), mais avec des résultats peu satisfaisants.

En 1995-96 de nouveaux tests ont été réalisés avec un produit amélioré sur l'A20.

En détection on se sert de marques sur la chaussée, et l'on obtient un taux de détection de 100%.

Le taux de reconnaissance des plaques est de 85 à 90%.

les possibilités d'applications sont nombreuses: contrôles d'accès, protection de voies réservées, lutte contre les excès de vitesse, enquêtes ...etc..

(271)- R. BLISSETT et al.- *Processing speed- TTI 98*

Description d'un système Siemens Netherlands d'enregistrement d'excès de **vitesse**. Ce système, appelé Kenlez, conçu pour dépouiller des films en laboratoire, comporte un algorithme de lecture de plaque fondé sur un classifieur statistique d'analyse de la structure des caractères, la forme de ceux-ci étant traitée par analyse de Fourier. Il travaille à 10 images/s.

Il peut traiter des images numériques, ou des films qui sont numérisés par un scanner grande vitesse à raison de 2400x1600 pixels de 8 bits par image.

Grâce à ce système la capacité des opérateurs est passée de 80 à 175 cas/heure.

(275)- T. GIBSON- *Recognition for the law- TTI- Summer 95*

Cet article de Perceptics est un plaidoyer pour les techniques de lecture de plaques minéralogiques. Il fournit quelques critères d'évaluation des performances de ces systèmes.

(284)- L.J. NELSON- *Eye of the beholder- Video based vehicle identification- TTI- juin-juillet 97*

L'article souligne les difficultés rencontrées par les lecteurs automatiques de plaques, en raison de la grande variété des modèles rencontrés sur les véhicules, notamment aux Etats-Unis.

Il présente une liste de 24 fournisseurs de dispositifs de lecture, et estime que cette technologie est en train de passer du laboratoire à la commercialisation.

(300)- M.R. SIMMERMANN et al.- *From vision to action- Licence plate reading worldwide- TTI Oct. Nov. 98*

Cet article de Perceptics rappelle les difficultés de la lecture des plaques minéralogiques, liées à la variété des modèles (plus de 2500 configurations de plaques aux Etats-Unis), au manque d'éclairage, aux salissures ou aux effets de masquage. Des taux de reconnaissance de plaques de 99% revendiqués par certains fournisseurs sont impossibles à atteindre.

Perceptics revendique de bonnes performances grâce à un système d'éclairage pulsé aux limites du visible déclenché par capteurs, et au choix du noir et blanc.

Les applications sont variées:

- contrôles aux frontières: Perceptics a implanté des systèmes sur 6 frontières internationales
- péages
- exploitation des véhicules commerciaux

- contrôle d'accès
- lutte contre les infractions
- études d'O/D
- gestion de flottes: tenue de registres sur les départs/arrivées des véhicules
- gestion de parkings
- suivi de containers: applications à New York et Pusan.

(343)- T. GIBSON- AVI- a border crossing operation- TTI 1994

Présentation d'un système d'identification de véhicules par lecture de plaques installé depuis 1992 dans le cadre de l'opération Customs 2000 au Canada. Il est envisagé d'en installer sur les 120 entrées de la frontière canadienne.

(366)- T.J. BATES- Accuracy is everything- perfecting the licence plate reader- TTI 99

Article de Perceptics sur les applications de son système de lecture de plaques

- contrôle des frontières: Etats-Unis, Canada, sud-est asiatique
- postes de péage
- répression des infractions

(367)- B. ADAWAY- Unblinking eyes- LPR day and night, whatever the weather- TTI 99

Article de CRS (UK) sur les applications de son système de lecture de plaques au Royaume-Uni où il est utilisé depuis 1979: péages, surveillance, lutte contre l'évasion vis-à-vis des taxes routières, mesures de vitesse, contrôles frontaliers, répression des infractions.

L'auteur souligne qu'il est impossible d'obtenir un taux de reconnaissance de 100%, mais qu'on peut arriver à des taux de 85 à 95% sur des plaques non masquées, voire 97% dans les meilleurs des cas. La tendance est aux caméras haute résolution, avec un éclairage auxiliaire, infrarouge ou visible.

(369)- Détection video et lecture automatique de plaques d'immatriculation des véhicules- Rapport ZELT- CETE du sud-ouest- Avril 98

Ce rapport décrit les résultats d'une étude expérimentale faite à Toulouse à la demande du CERTU avec le système de lecture de plaques NEUROPLAK d'EYE TAKE.

L'intérêt de cette étude est de bien faire apparaître de façon chiffrée les différentes causes d'échec d'une opération de lecture non imputables au système: véhicule hors champ, plaque masquée, plaque illisible à l'œil nu. L'étude distingue les cas de succès sur N, N-1, N-2 caractères de la plaque. Elle distingue également les facteurs de visibilité: plein jour, crépuscule, nuit, orientation de la plaque par rapport au soleil.

Parmi les nombreuses informations chiffrées de cette étude, on retiendra que le taux global de reconnaissance de plaques (représenté par le nombre de lectures correctes de la totalité des numéros d'une plaque/nombre de véhicules passant dans la voie) est nettement moins élevé que les chiffres que l'on trouve habituellement dans la littérature, et va de 12 à 40% selon les conditions de visibilité.

Nota: sur ce thème, voir aussi: (13), (20), (28), (90), (103), (153), (156), (157), (158), (165), (166), (221), (253), (269).

2.3.9 Fusion de données

On trouvera des articles sur ce thème dans les 2 paragraphes suivants:

Dans 2-1: les articles (165), (204), (205), (207), (355), 356).

Dans 2-3-7: les articles (18), (19), (104), (115).

2.3.10 Véhicules « traceurs »

On trouvera des articles sur ce thème dans les 2 paragraphes suivants:

Dans 2-1: les articles (289), (354)

Dans 2-3-7: les articles (20), (73), (112), (124), (164), (189), (225), (279).

2.3.11 La « chaîne » du recueil de données

(378)- B. WILLIAMS- SCADA by other name- Supervisory control and data acquisition, lease or own? TTI 99-

Cet article de Nortel-Canada appelle que les réseaux de communication ITS de type SCADA (Supervisory control and data acquisition) ont les mêmes exigences que ceux des réseaux de services collectifs (utilities), qui utilisent en général des bus de type SONET-SDH pour desservir leurs équipements.

Ces exigences portent sur les aspects suivants: couverture, capacité, performances, contrôle, fiabilité, coût. L'auteur estime que la dérégulation devrait entraîner les fournisseurs de services collectifs à s'intéresser à l'ITS.

(379)- M.H. CHAWNER- Remote and controlled- Fault tolerant communications networks management- TTI 99

Article insistant sur l'intérêt des systèmes de gestion de réseaux (NMS: network management systems). Selon une étude du Volpe National Transportation Centre, le coût annuel d'exploitation et de maintenance d'un réseau filaire ITS serait de l'ordre de 12 000\$/mile. Il est possible de réduire cette somme de 10 à 50% en utilisant des systèmes de gestion NMS, dont le rôle est

- de détecter les défauts, de les isoler et de remettre en route l'installation
- d'assurer un contrôle et une reconfiguration à distance
- de maintenir l'inventaire de tous les équipements connectés
- de surveiller les performances
- de réaliser une allocation dynamique de ressources.

(380)- J. CURRIER- Fiber provider- Converging analogue and digital highways at the roadside- TTI 99

Cet article évoque le développement d'un centre de contrôle national du trafic en Grande Bretagne, capable d'engendrer des profits en vendant de l'information, mais également des capacités de transmission.

La numérisation des images TV permet de récupérer de la capacité: une fibre monomode actuellement peut transporter sur plusieurs dizaines de km 64 canaux vidéo et 128 signaux audio et de données. Avec la norme MPEG de numérisation et de compression il est possible d'augmenter sensiblement la capacité, et de louer des canaux non utilisés.

L'auteur rappelle les capacités de réseaux du type ATM/SDH dont la capacité peut aller jusqu'à 622 Mbits/s et 50 canaux vidéo.

(381)- T. JOHNSON et al.- Integration is the key- TTI 98

Cet article évoque les différents aspects de l'intégration des systèmes:

- intégration fonctionnelle, c'est-à-dire partage des informations entre différentes fonctions- Il peut s'agir d'informations sur les aspects suivants:

- ◆ - météo
- ◆ - conditions de trafic
- ◆ - état des équipements
- ◆ - localisation de travaux
- ◆ - données temps réel sur les accidents
- ◆ - données statistiques sur les accidents
- ◆ - horaires des TC
- ◆ - localisation des véhicules de TC
- ◆ - opérations de maintenance

- intégration temporelle, par liaisons entre les bases de données

- intégration institutionnelle
- intégration des données

L'auteur rappelle les travaux menés sur l'architecture ITS et souligne que des standards de communication sont en train d'émerger : NTCIP aux Etats-Unis et NMC en Grande Bretagne.

(382)- TA. MOORE- To lease or to build, that is the question- TTI 98

L'auteur indique que l'Etat du Maryland s'est posé cette question dans le cadre du projet CHART concernant 700 miles d'autoroutes (Chesapeake highway advisory for routing of traffic). Au départ 75 miles étaient équipées sur la base d'un partage de ressources sur fibre optique. Bien que la première idée des promoteurs de l'opération ait été d'acheter leur réseau de transmission, ils ont confié une étude à un consultant CSC pour définir la meilleure solution. L'étude a d'abord mis en évidence 2 points essentiels:

- l'utilisation d'une vidéo comprimée a paru acceptable aux opérateurs, ce qui a permis de réduire la bande passante exigée
- l'information CHART devait être partagée entre de nombreux utilisateurs, ce qui supposait l'existence d'un réseau.

Elle a ensuite permis des estimations du coût de diverses solutions (sur 10 ans):

- coût d'un réseau acheté: 140 M\$
- utilisation des fibres existantes- location du reste du réseau: 68 M\$
- location de la totalité du réseau en version décentralisée: 71 M\$
- location d'un réseau centralisé en étoile: 98 M\$.

L'étude a fait également apparaître les avantages de la solution de location: diminution des risques, possibilité de profiter des améliorations de la technologie. Elle a recommandé de considérer les solutions ADSL qui permettent de réduire les charges: les offres vont de 128 kbits/s à 6 Mbits/s, et certaines lignes peuvent se louer à moins de 100\$/mois. Elle a recommandé également de limiter le contrat à une durée de 3 ans.

Le coût de cette étude a été de 270 000\$, qu'il est intéressant de comparer aux économies réalisées.

(383)- M. HARDISON et al.- Evolution of resources sharing- TTI 98

L'auteur souligne qu'il existe de nombreuses opportunités de collaborations public/privé en matière de télécommunications, et il présente un tableau montrant une dizaine d'exemples de partage de capacités de transmissions entre des autorités routières et d'autres services. Il existe cependant des freins à ce type d'opérations, liées aux complexités administratives.

(384)- J. CARDILLO- Networking the Thruway- Fiber optic network along Nex York State Thruway- TTI 98

Le réseau de communications de l'autoroute New York State Thruway, d'une longueur de 641 miles, a été réalisé dans le cadre d'un accord public privé signé en 97 entre l'Etat de New York et la société MFS Technologies d'Omaha, filiale de World Com. qui se sont mis d'accord pour louer les capacités disponibles à différents utilisateurs.

MFS a assumé les coûts de construction et le marketing, et recevra les premiers 50M\$ de revenus.

Thruway recevra 10% des revenus entre 50M\$ et 88M\$, puis 50% au-delà, et il sera propriétaire du réseau au bout de 20 ans. Ce système est jugé capable d'engendrer 100 M\$ de revenus. Il comporte 6 conduits recevant chacun un câble de 96 fibres optiques.

(385)- J. LI- A role for fiber in ITS rollout- TTI 98

L'auteur rappelle les différents supports de transmission utilisés dans les opérations ITS:

- paires torsadées
- câbles coaxiaux
- fibres optiques.

Il présente des courbes montrant que la capacité des réseaux croît exponentiellement, et que le coût/Mbits/s/km de transmissions décroît également exponentiellement.

Il présente un bref historique des fibres optiques, et rappelle que l'on obtient actuellement des portées sur fibre de 90 km sans dégradation de signal. Les fibres ont par ailleurs une excellente durée de vie, de l'ordre de 40 ans.

Pour les grands réseaux urbains, de plus de 200 carrefours, il préconise une configuration en bus de type SONET (Synchronous optical network). Les réseaux urbains plus petits, de 50 à 200 carrefours peuvent adopter des configurations en étoile.

(386)- K.N. KARNA et al.- Going digital over copper- TTI 98

L'utilisation de technologies DSL (Digital subscriber line) sur paire téléphonique permet des transmissions à grande vitesse. Actuellement les modems téléphoniques classiques montent à 33600 bits/s, sur une bande passante de 3000 Hz.

Les technologies xSDL, qui travaillent sur des lignes non chargées permettent des bandes passantes de 1 MHz, et des débits de 100 Mbits/s.

La technologie DSL est utilisée dans les réseaux RNIS (ISDN) dont le débit de base est 144 bits/s.

Il existe différentes classes de transmissions DSL:

- HDSL (high speed DSL), montant jusqu'à 784 kbits/s sur une distance de 3,6 km
- ADSL (asynchronous DSL), créé au début des années 90 et standardisée en 1995, transportant 640 kbits/s dans le sens montant et 6 Mbits/s dans le sens descendant. Différents types de modems peuvent être utilisés: QAM (quadrature amplitude modulation/single carrier), CAP (carrierless amplitude and phase modulation), DMT (discrete multitone- multicarrier)
- SDSL (synchronous DSL): communication bidirectionnelle grande vitesse de 160 kbits/s à 2 Mbits/s
- VDSL (very high bit rate DSL) permettant des débits de 13 Mbits/s sur 1,5 km.

(387)- J. CURRIER et al.- Video on demand- TTI 98

Actuellement la transmission de la vidéo en analogique est moins coûteuse qu'en numérique. L'auteur examine les problèmes d'interférence entre signaux dans une fibre optique.

(388)- S.L. BRADLEY- Going live! a briefing on live video over standard telephone lines - TTI 98

L'auteur rappelle que pour obtenir une image vidéo convenable à distance il est nécessaire de transmettre au moins 4 à 6 images/s.

Il évoque ensuite Smart Route, fournisseur de services baptisés « Smart Traveller », qui opère à Boston, Philadelphie, Washington, Cincinnati. Le recueil de données se fait par caméras installées sur des toits d'immeubles et des candélabres. La communication se fait avec les conducteurs par téléphone cellulaire et par Internet (adresse: www.smarttraveller.com); l'information est rafraîchie toutes les 6 minutes. Les revenus de ce service étaient de 15 M\$ en 97, dont 75% provenaient de subventions de collectivités.

(389)- R. MUCZ- Wireless in Vegas- Nevada uses microwave to bridge the info gap- TTI 98

L'agglomération de Las Vegas s'étend sur 850 sq.miles. Un réseau micro-ondes a été choisi pour assurer les transmissions du système de surveillance et de signalisation, après un test de 60 jours qui a montré que la fiabilité était de 99,99%, et le taux d'erreur de transmission (BER: bit error rate) de 10^{-6} . Les fréquences utilisées sont 13, 18, et 31 Ghz. Les relais sont espacés de 1 à 12 miles.

Une topologie anneau/étoiles a été adoptée; l'anneau fonctionne à 18 GHz, et possède une bande passante de 440 MHz, permettant la transmission de 72 canaux vidéo. Les liaisons entre caméras et unités locales se font dans la bande 31 Ghz.

(390)- S. ORNELLAS- Remotely collected- The benefits of smart wireless data collection- TTI 98

Compte tenu du coût élevé des tranchées, il est intéressant d'utiliser des liaisons sans fil, associées avec une alimentation en énergie solaire, pour connecter des équipements éloignés. Les options envisageables sont:

- téléphonie cellulaire analogique: coût trop élevé pour du recueil temps réel, mais acceptable pour le transfert d'historiques
- technologie CDPD, qui utilise des canaux vocaux oisifs pour assurer des transmissions numériques par paquets. La facturation se fait par byte transmis, et est également trop coûteuse pour une application temps réel
- techniques d'étalement de spectre: FHSS (frequency hopping spread spectrum) et DSSS (Direct sequence spread spectrum). Ces techniques ont l'avantage de ne pas nécessiter d'autorisation de la FCC. Ces liaisons dont les débits se situent entre 1200 bits/s et 115 kbits/s sont bien adaptées au temps réel.
- modems radio: ils exigent une licence FCC; leur débit est de 9600 bits/s
- satellites: ces liaisons ayant des débits compris entre 120 et 7200 bits/s conviennent pour des lieux très éloignés, mais leur coût s'élève à 85 cents/minute.

L'auteur cite un exemple de 18 équipements de contrôle ou SRC (smart remote controllers) en Californie, reliés à des capteurs de brouillard, des compteurs de trafic, des caméras, des PMV, dont 13 alimentés par des cellules solaires et utilisant des liaisons sans fil.

(391)- E. TEMPLE- UK Motorway intelligence- TTI 97

Description du système NADICS de gestion de 452 km d'autoroutes dans la région de Glasgow, qui repose sur:

- des liaisons par fibres optiques autour de Glasgow
- des liaisons radio Paknet dans les zones éloignées.

(392)- J. HOLM- An ITS backbone in Denmark- Combining SCADA and ATM- TTI 97

L'auteur décrit un réseau de transmission implanté au Danemark pour relier les équipements routiers aux centres de contrôle.

Ce système est réalisé sur fibres optiques selon une architecture clients-serveur, et conformément au standard industriel MMS. Le protocole de transmission est le protocole ATM.

(393)- M. DALGLEISH et al.- Bite sized ATT systems- TTI 96

Cet article de Golden River affirme que les nouveaux projets de gestion de trafic vont généralement être d'ampleur limitée, et se situer dans une fourchette de 20 à 200 k£.

Il propose une architecture avec un PC communiquant avec des concentrateurs (hubs) locaux de type PC par LAN suivant un protocole TCP/IP. Ces concentrateurs peuvent prendre en charge les tâches de gestion localement en cas de panne au poste central, selon un principe de dégradation progressive (« graceful degradation »).

(394)- J.J. SCHLUSS- Fiber optic backbone solutions for ITS communications- TTI 96

L'auteur rappelle les 3 topologies envisageables pour des transmissions sur fibre optique: linéaire (bus), en étoile, ou en anneau (ring). Une topologie de type anneau fonctionnant dans les 2 sens (dual counter rotating ring) est favorable à la tolérance aux pannes.

Des topologies hybrides anneau-étoiles permettent d'atteindre des zones éloignées.

Aux Etats-Unis on tend vers l'adoption du standard SONET (synchronous optical network), sous-ensemble du standard SDH (Synchronous digital hierarchy) du CCITT, et du protocole NTC/IP.

L'article présente un tableau montrant les capacités des réseaux SONET, qui vont de 51 Mbits/s (niveau OC1) à 1080 Mbits/s (niveau OC 192).

Ces réseaux peuvent être couplés à des équipements de terrain par des liaisons de type RS 232, RS422, RS485. Ils peuvent également se coupler à des réseaux locaux Ethernet ou « token ring », par exemple dans un péage.

En ce qui concerne les transmissions vidéo, le coût élevé des dispositifs de compression et de numérisation et le fait que les images comprimées ne sont pas toujours bien acceptées des opérateurs font que l'on utilise encore des moyens analogiques. La tendance est cependant d'aller vers la numérisation, ce qui permettra de multiplexer les signaux de plusieurs caméras sur une seule fibre.

Quelques exemples d'opérations mettant en jeu des artères en fibres optiques de type SONET ou MUXLAN sont présentés.

(395)- R. KLEIN- *Beyond fiber optic video communications- TTI 96*

L'auteur rappelle que les fibres optiques sont utilisées en configuration multimode (longueurs d'onde 850 et 1300 nm) jusqu'à des portées de 5 km, et en configuration monomode (longueurs d'ondes 1300 et 1550 nm) au-delà. On peut doubler les transmissions ou travailler en bidirectionnel en utilisant 2 fréquences différentes.

les types de modulation utilisés sont:

- pour la vidéo à canal unique (single channel video): modulation linéaire ou d'intensité, la moins coûteuse, mais limitée aux longueurs d'onde de 850 nm, pour lesquelles il existe des diodes linéaires, et à des portées de 5 km
- modulation FM utilisée pour multiplexer voix, données et vidéo. des portées de 80 à 120 km peuvent être atteintes avec des sources lasers.

L'article insiste sur l'importance de disposer d'un bon système de diagnostic et de maintenance.

(396)- R. COULOMBE- *A full spectrum of communications solutions -TTI 96*

Cet article de la société Fiber Optics est un plaidoyer pour ce support de transmission. Il présente le système 9000SH capable de transporter sur fibre monomode 32 canaux vidéo par fréquence, soit 64 canaux avec 2 porteuses 1310 et 1550 nm. Différentes topologies sont présentées.

(397)- S. UTLEY- *Multimedia switching and transmission system for traffic management integration- TTI 96*

Présentation d'un multiplexeur pour réseau SONET/SDH traitant voix, données, et vidéo codée selon les standards JPEG/MPEG.

(398)- T. OH et al.- *Integrated network architecture and ITS- Congrès mondial ITS 98- Seoul*

La tendance en matière de communications est d'intégrer voix, données et vidéo, ainsi que les réseaux locaux (LAN) et régionaux (WAN) autour d'un seul système de gestion de réseau (NMS: network management system).

Les avantages sont multiples:

- réduction du coût, de la maintenance et de l'espace nécessaire
- gestion plus aisée autour d'un seul NMS
- meilleure protection contre les défauts, liée à l'existence d'une artère centrale, de type SONET p.ex. tolérante aux fautes

Cependant cette intégration a été freinée pour 2 raisons:

- les transmissions vidéo, qui sont analogiques, et nécessitent des commutateurs pour permuter un nombre limité de moniteurs sur un grand nombre de caméras. On voit apparaître maintenant des multiplexeurs incorporant codage-décodage et commutation et une nouvelle technique allouant la bande passante aux moniteurs plutôt qu'aux caméras, ce qui permet des gains sur la largeur de bande
- la nécessité d'intégrer les réseaux locaux (LAN) Ethernet, qui exige un module spécifique pour chaque LAN à connecter. Il existe maintenant des multiplexeurs multipoints qui évitent de multiplier ces modules.

L'article décrit le système de la Hada expressway en Chine, organisé autour d'un réseau SONET de 130 km comprenant 7 nœuds.

(399)- B.C. ABERNETHY- *An ITS for Houston Metro- TTI 95*

Description du réseau de transmission de la région d'Houston desservant sur 1800 sq.miles:

- 6000 contrôleurs avec leurs capteurs
- 1000 contrôleurs associés aux transports en commun
- 1500 véhicules de TC

Ce réseau est du type SONET et comprend:

- un anneau principal de niveau OC -48
- 6 anneaux extérieurs de niveau OC-12

(400)- Digital solutions for remote intelligent surveillance- TTI 95

Cet article de la société israélienne MAVIX évoque les évolutions des liaisons ITS, qui tendent vers l'utilisation de réseaux ouverts de type « peer to peer » connectant LAN (local area networks) et MAN (medium area networks), et de protocoles à commutation de paquets TCP/IP. Les solutions techniques suivent le standard FDDI (fiber distribution data interface), et bientôt le standard ATM.

L'article présente un module d'échange MAVIX (multimedia audio visual info exchange) qui a été installé sur le périphérique de Bruxelles.

(401)- P. BELL et al.- NTCIP for ITS integration- TTI June-July 97

Article sur NTCIP: National Transportation Committee for ITS protocol (www.ntcip.org)

Il s'agit d'une famille de protocoles de communication fondés sur le modèle OSI à 7 couches.

Au départ les travaux se sont concentrés sur la norme X25 et les 3 premières couches. Cependant pour les applications ITS il faut des protocoles pour les couches supérieures, et le comité s'est orienté vers le standard TCP/IP. Les calculateurs, routeurs et leurs interfaces sont gérés par un protocole commun SNMP (Simple Network Management Protocol).

(402)- I. BARLOW- Fiber optic transmission go full speed ahead- TTI Déc.96-Jan.97

Présentation d'un réseau PrimNet de transmission en anneau avec des nœuds reliés par 2 câbles de fibres optiques, et permettant des connexions à grand débit avec des réseaux locaux Ethernet ou en anneau à jetons (token ring). Les nœuds peuvent être distants de 50 km. Deux applications sont citées: autoroute A14 et tunnel du Fréjus.

(403)- R.P. COULOMBE- Video multiplexing- Alternatives to SONET- TTI Déc.96- Jan.97

L'auteur rappelle qu'une solution classique pour la transmission d'images vidéo est de les numériser et d'utiliser un support type SONET OC3 à 51 Mbits/s, mais que cette solution coûte quelques dizaines de milliers de £/canal.

Il décrit un module SH 9000 de Fiber Options qui permet de multiplexer des images analogiques sur 32 canaux. Dans la bande de 1 à 2 GHz on module la vidéo sur des porteuses ayant une largeur de bande de 12 MHz. Le coût est de l'ordre de 3000\$/canal.

D'autres solutions moins coûteuses existent, consistant en des multiplexeurs de 4 à 8 canaux, sachant qu'on a rarement à visualiser toutes les images d'une zone à la fois dans un PC.

(404)- G. AGNEW- Codec for video surveillance- TTI Déc.96- Jan. 97

Présentation d'un codec (compresseur/décompresseur) permettant la transmission d'images vidéo sur lignes RNIS (ISDN) à 56 kbits/s.

Il est possible d'utiliser des réseaux commerciaux, sachant qu'un appel coûte environ 2 fois le prix d'une communication téléphonique, et que le coût de la transmission est proportionnel à la durée. Cette solution est bien appropriée à la transmission non continue, sur alarmes, d'images vidéo.

(405)- M.A. VAN HOUTERT et al.- VIC Net- A nationwide digital highway for traffic and transportation applications- Congrès mondial ITS 98- Seoul

Aux Pays-Bas il existe de nombreux systèmes de gestion de trafic avec leurs réseaux et protocoles propres.

Un réseau unifié VIC Net est à l'étude pour le futur, qui apportera un certain nombre d'avantages:

- facilités de gestion
- facilités d'échange entre applications
- ouverture à l'innovation, grâce à l'utilisation de couches standard permettant d'intégrer des technologies nouvelles
- indépendance vis-à-vis des fournisseurs en raison du caractère standardisé du réseau
- ouverture à de nouvelles applications
- meilleure fiabilité

L'article présente un schéma d'ensemble de ce système, organisé autour de 2 réseaux nationaux WAN: (wide area network) faisant appel à différents protocoles, et sur lesquels se connecteront des réseaux locaux de différents types:

- LAN1, pour la connexion des capteurs, PMV et autres acteurs
- LAN2, réseau de connexion interne aux PC
- LAN3, connectant les routeurs et passerelles entre les 2 WAN.

Pour la réalisation et la gestion de ces réseaux il est prévu de faire appel à un fournisseur de services.

(419)- Services de télécommunications dans le domaine de l'exploitation de la route- Rapport CERTU – SETRA- Août 97

Ce document présente sous forme de fiches les caractéristiques des principaux services de télécommunication disponibles. Document de base, il précise le domaine d'utilisation de chaque technique, donne des exemples et des éléments de tarification.

(420)- L'offre de service des opérateurs de télécommunications-Rapport CERTU - fin 98, janvier 99

La première partie du rapport analyse les stratégies d'implantation et de services des différents opérateurs (extraite pour partie de l'ouvrage CERTU : Collectivités locales et communications, nouveaux services, nouveaux réseaux) la deuxième partie inventorie les caractéristiques de ces services et compare leur tarification selon les débits. La dernière partie donne des éléments de cahier des charges et des recommandations.

(422)- Le sans-fil pour la voie pour les données- Rapport CERTU - juillet 96

Ce document recense les services existants dans le domaine des transmissions sans fil, qu'ils utilisent les services de radiotéléphonie, de radiomessagerie ou de transmission de données. Le cadre normatif et institutionnel sont rappelés en début de document ainsi que les principes techniques. Les usages et les applications sont ensuite décrit et des tableaux comparatifs présentent les débits, les applications, les fréquences utilisées et les coûts.

2.4 Analyse des fonctions impliquant du recueil de données

2.4.1 Régulation de trafic

(179)- Y.S. HONG- Artificial traffic light using fuzzy rules and neural network- IVHS 98 (4019)

Cet article d'une Université coréenne traite de la commande adaptative d'un carrefour à partir de la reconnaissance par un réseau neuronal de la **classe des véhicules** qui approchent; cette reconnaissance est fondée sur la longueur et le poids des essieux des véhicules et repose sur un ensemble de 2 boucles et d'un capteur piézo. La commande adaptative s'appuie sur la logique floue. La comparaison en simulation de cette commande avec une méthode conventionnelle a montré qu'elle permettait des gains de 15% sur les temps d'attente.

(193)- D. AUBERT- Usefulness of image processing in urban traffic control- IFAC 97- p. 534-539

Cet article traite des capteurs liés à la commande adaptative des feux de carrefours et aux programmes de commande en temps réel de réseaux urbains: SCOOT, PROLYN, etc.

Il rappelle les défauts des capteurs à boucles pour ces commandes:

- taux d'erreur pouvant aller jusqu'à 20%
- taux d'indisponibilité pouvant aller jusqu'à 50%

Il souligne l'intérêt de **capteurs vidéo** et présente le mode de traitement développé à l'INRETS, conçu pour des matériels relativement économiques: PC 486DX2 et carte de numérisation OFG de Imaging. Les différentes phases du traitement sont:

- compression de l'information
- extraction de primitives
- mise à jour de l'arrière plan (background)
- détection de configurations (patterns)
- mesures des paramètres du trafic: **T.O et longueurs de queues.**

Les performances moyennes, évaluée sur des scènes enregistrées sur vidéocassettes sont les suivantes:

- taux de non-détection de queues: 1,5%
- taux de fausses alarmes: 2,4%
- erreur sur la longueur des queues: 10,9%

Beaucoup d'erreurs proviennent des effets d'ombre, et il est encore possible d'améliorer le traitement.

L'article contient de nombreuses références.

(211)- R. JOHNSON- Opticom priority control system - TTI 95

Cet article de 3M présente un dispositif destiné à donner la priorité aux feux à certains véhicules, et fondé sur la transmission d'informations codées entre véhicules et sol; il relève plus de la catégorie « transpondeur » que de la catégorie « capteur ».

(414)- Jean-Paul MIZZI - La régulation des accès- CERTU 1997

Un outil pour l'exploitation des voies rapides urbaines

Ce document a pour objectif de faire le tour du sujet, en présentant des techniques anciennes et éprouvées, des techniques plus récentes issues de la recherche, des problèmes concrets de mise en œuvre, le tout illustré d'exemples de dispositifs opérationnels tant en France qu'à l'étranger.

(415)- Serge CARE-COLIN, Patrick GENDRE- Régulation des vitesses sur voies rapides urbaines CERTU 1999

Ce rapport vient à la suite d'un rapport d'étude traitant de la régulation des accès daté de décembre 97, pour lequel il constitue une suite et un complément. Après une analyse bibliographique de toutes les expérimentations de régulation / modulation des vitesses, l'éventail des situations d'emplois de la régulation des vitesses relativement étendu à travers le

monde. Depuis une simple information non contraignante à Marseille jusqu'à un enregistrement vidéo des véhicules en infraction à Londres, la richesse des informations recueillies sur ce sujet est suffisante pour en dégager des idées maîtresses et terminer sur des conseils. En annexe du document est présenté le contenu du projet Européen MASTER donnant des recommandations en matière de stratégies de gestion des vitesses.

Nota: sur ce thème, voir aussi (102), (233).

2.4.2 Gestion de Tunnels

(30) K. SAKAI - Improvement of vehicle detecting algorithm in tunnel using image processing algorithm - IVHS 95

L'auteur indique que des systèmes de **traitement d'image** ont été implantés dans plusieurs tunnels japonais de plus de 3 km de long.

Ces systèmes sont destinés à déclencher des dispositifs d'alerte concernant les **vitesses** et **intervalles intervéhiculaires**, ainsi qu'à la **DAI**.

2 méthodes ont été testées, l'une reposant sur la détection des phares des véhicules, l'autre sur la détection des ombres. Chacune de ces méthodes a ses défauts.

Les caméras, situées à 3,5m de hauteur, sont espacées de 200m et ont une portée de 200 m. Cette faible hauteur entraîne des effets de masquage, qui doivent être traités en gardant la trace des véhicules momentanément cachés.

Un algorithme amélioré intégrant les 2 méthodes et mettant en outre en œuvre un marquage spécifique de la chaussée par un quadrillage de points a été développé. Les performances du système sont sensiblement améliorées, et l'on arrive à des taux de détection de véhicules de l'ordre de 94 à 98%.

(175)- Q. ZHOU-Intelligent monitoring and management system for highway tunnel- IVHS 98 (3002)

L'auteur décrit un système de surveillance centralisée implanté dans 2 tunnels du sud-est de la Chine, et portant sur le trafic, avec mesure de Q, V, T.O par cycles de 1 minute, la pollution, la ventilation, le feu. Ces tunnels sont équipés d'un réseau de CCTV et de téléphones d'appel d'urgence.

(145)- A study of sensing technology using optical fibers on the Metropolitan expressway- IVHS 98 (3042)

Les systèmes de détection d'incendie actuels dans les tunnels reposent sur des capteurs discrets couvrant des zones de 25m. L'auteur présente un système continu de détection fondé sur l'utilisation d'une fibre optique. Une émission lumineuse à une extrémité est dispersée par effet Rayleigh, la dispersion étant fonction de la température de la fibre. La mesure du temps que met une émission ainsi dispersée à revenir au point de départ permet de déterminer la distance de la perturbation. Il est possible de faire des mesures de température sur 30 km.

On peut ainsi détecter:

- le déclenchement d'un incendie
- la présence de verglas localement
- des glissements de terrain.

On peut aussi détecter des véhicules surchargés, et surveiller la température d'équipements situés au voisinage de la fibre.

Des tests ont été réalisés en allumant localement des feux dans des récipients remplis de fuel. Des élévations de température de 0-15° ont été détectées avec un retard de 10 à 15s.

Nota: sur ce thème, voir aussi: (192), (216).

2.4.3 Lutte contre les infractions

(154)- R. CALTABIANO- An advanced system for the automatic identification and alert of vandalism against motorway traffic- IVHS 98 (2099)

En Italie les cas de vandalisme, consistant à jeter des objets à partir de passages supérieurs sur autoroutes, sont relativement fréquents et ont causé la mort de 2 personnes en 1997.

Plusieurs techniques de détection ont été envisagées - traitement d'image, laser, infrarouge thermique (IRIS)- et des tests ont été réalisés en vraie grandeur avec le procédé infrarouge thermique. Le passage supérieur était surveillé par 2 capteurs à 8 éléments espacés de 1,5m. L'ensemble était relié à un ordinateur standard PC 104, lui-même relié à un poste central par une liaison GSM/SMS.

Les essais ont montré que les performances du système étaient indépendantes de l'éclairage et de l'environnement, et satisfaisait aux exigences de sensibilité du cahier des charges.

(155)- A. WIGGINS- A review of bus lane enforcement technologies in UK- IVHS 98 (2130)

Cet exposé de Golden River rappelle le coût des retards dus à un usage illicite des voies réservées aux autobus à Londres est de 15 M£/an. Le Road Traffic Act de 91 autorise l'emploi de moyens automatiques pour lutter contre ces infractions.

4 systèmes sont actuellement expérimentés en Grande Bretagne, l'un à Birmingham et 3 à Londres.

A Birmingham le système, exploité par Golden River, repose sur une prise de vues par caméra à partir des autobus ou à partir du sol. Le système comprend en outre un lecteur automatique de plaques et un éclairage infrarouge. Les photos numérisées des véhicules roulant dans la voie réservée sont traitées et leur numéro minéralogique est affiché sur un PMV situé à l'extrémité de la voie et relié par radio au PC. Les numéros saisis sont comparés préalablement à une « liste blanche » correspondant aux véhicules autorisés à circuler dans la voie réservée.

A Londres/Heathrow un système du même type est installé sur 1,4km de la M4 et exploité par l'Aéroport. Les véhicules sont discriminés par leur longueur à l'aide d'une caméra couleur.

A Londres 2 types de systèmes fonctionnent, l'un monté sur autobus, l'autre au sol. Il n'y a pas de traitement numérique, et les vues sont stockées sur enregistreur vidéo.

Le système embarqué comporte un dispositif automatique de localisation de l'autobus fondé sur la lecture par émetteurs/récepteurs au sol d'étiquettes micro-ondes portées par le véhicule.

Dans le système fixe on enregistre les vues de façon continue à 5 images/s et le dépouillement est manuel.

Pour l'instant seul le procédé embarqué fonctionnant en analogique est agréé.

(156)- J.G. KANG- A study on the effect of automated speed enforcement systems on traffic flow characteristics- IVHS 98 (4076)

Depuis 1997 la police coréenne a implanté 32 stations de détection des **infractions de vitesse** reliés à 5 PC locaux. Ce nombre doit passer à 145 en 1998, 500 en 1999 et 5000 en 2003. Chaque

Il existe des dispositifs mobiles, mais les fixes sont plus répandus. Ils comportent 2 capteurs à boucles pour la mesure de vitesse, une caméra numérique de résolution 1024x1024, un **lecteur automatique de plaques** minéralogiques, et un moyen de communication avec un PC. Le taux de reconnaissance exigé du lecteur est de 90%.

Sur un an, au voisinage des 32 premières stations on a observé une réduction de 28% sur le nombre d'accidents et de 60% sur le nombre de tués. Les 32 systèmes ont été à l'origine de 500 000 PV sur un an.

Le système a par ailleurs des effets sur le trafic: réduction des écarts de vitesse et augmentation des intervalles intervéhiculaires au droit des caméras.

(157)- J. MALENSTEIN- Automated video speed enforcement and trajectory control combined with fully automated processing- IVHS 98 (2022)

Ce papier hollandais décrit un système expérimental implanté sur l'autoroute A2 entre Utrecht et Amsterdam, sur 3 km et 3 voies. Il comporte 3 points de mesure équipés de 3 caméras chacun pour la **lecture de plaques minéralogiques** et la mesure des **vitesse**s.

Un prétraitement local réduit le nombre de pixels: partant de 768 pixels sur 584 lignes, on traite une ligne sur 2, et on se limite au niveau de la plaque minéralogique à 140x40 pixels. La lecture se fait au PC; les plaques non lisibles automatiquement sont lues visuellement par les opérateurs. Les spécifications de performances imposées au système sont:

- précision de mesure de vitesse: 1% (3% suffisent)
- taux d'identification (automatique+manuel): 99,75%
- lecture automatique de plaque correcte: 778% (85% serait souhaitable)
- vitesse maximale des véhicules: 200 km/h

D'autres exigences à caractère économique avaient été fixées au projet, dont coût < 1M\$ et délai de réalisation/évaluation: 8 mois. Il était prévu également que l'expérimentation conduise à une certification du système, et comporte à cet effet le suivi d'un cas réel jusque dans les tribunaux pour mettre en place une jurisprudence.

Durant l'expérience on a observé une diminution de la vitesse moyenne des véhicules de 72 à 66mph, et une diminution du nombre des infractions de 90%. On a observé également une réduction de la congestion et du nombre d'accidents. 80% des infractions ont pu être traitées automatiquement.

(158)- M. EVERTSE- Development and implementation of a system for travel time based speed enforcement using video technology- IVHS 98 (2088)

Ce papier traite du même sujet que le papier (157). Il donne quelques précisions utiles sur la mesure des vitesses dans ce système: celles-ci sont évaluées en reconstituant la trajectoire des véhicules, reconnus par leur plaque, entre les 3 postes de mesure. ce travail est fait dans un PC où l'on procède également à une classification des véhicules. Il confirme que le nombre d'infractions a été réduit de 90% (4200 à 420/jour sur 70 000 véhicules/jour). La précision obtenue sur la mesure de vitesse est de 1%.

(170)- B. PANI- A multisensor system for remote surveillance of a motorway operation- IVHS 98 (2046)

Comme la référence (157), cet exposé évoque le **vandalisme** par jet de pierres à partir des passages supérieurs d'autoroute.

Il passe en revue les études qui ont abordé des sujets comparables:

- VIEWS (ESPRIT II) portant sur la surveillance d'aéroports et du trafic
- PASSWORD (ESPRIT) portant sur la détection de situations dangereuses dans le Métro.

Le système présenté a pour objet la détection de stationnements prolongés de véhicules ou de personnes sur un passage supérieur. Il repose sur la collecte et le traitement d'images noir et blanc et infrarouge par caméras dominant la scène à surveiller. le traitement comporte les modules suivants:

- détection de changements, pour la mise en évidence d'objets entrant sur la scène
- mise à jour de l'arrière-plan (background)
- suivi de mouvements (tracking), fondé sur un filtre de Kalman étendu
- classification des objets par un perceptron 3 couches avec propagation arrière pour l'apprentissage. 5 classes sont prévues: VP, camionnette, camion, car, piéton.

Les résultats obtenus avec caméra normale et caméra infrarouge ont fait apparaître des taux de reconnaissance de 87% des VP, 95% des camionnettes, 90% des camions, 75% des motocyclettes, 64% des piétons. Le traitement se faisait à 2 images/s.

(221)- G. HILL- SVDD progress: from trial to law enforcement- TTI 95

L'auteur présente un système de détection **d'excès de vitesse** reposant sur 3 caméras et un **traitement d'image**: 2 caméras noir et blanc forment une base de vitesse, avec détection des véhicules et lecture automatique de plaques; une caméra couleur sert pour une prise de vues des contrevenants; enfin un PMV permet l'affichage du numéro du véhicule.

Ce système a été développé par Travers Morgan (UK) en association avec CRS Ltd, et Control Systems Ltd . Il a été testé sur l'autoroute britannique M20, puis pendant 36 jours dans une zone de travaux limitée à 50 km/h de la M1. les résultats observés ont été une nette diminution des excès de vitesse, et une réduction de 16% du nombre des blessés.

(222)- W. FREUDENHAMMER- New methods of speed enforcement- TTI 95

Présentation du produit Traffiphot S de la société allemande Traffipax, comprenant un appareil photographique pouvant stocker 800 vues, et dans lequel la vitesse est mesurée par 3 capteurs piézo espacés de 1m. Plus de 1000 sites sont en exploitation.

Il existe également un appareil portable avec mesure de vitesse par le dispositif laser LAVEG. Ce dispositif mesure les distances des véhicules à +/- 25cm près.

(223)- R. GERBERT- Speed and red light violator detection systems- TTI 95

Il s'agit d'un lecteur/visualisateur de négatifs, commercialisé par Truvelo (Afrique du Sud). Ces négatifs sont la seule preuve acceptée par la Justice. Le lecteur saisit automatiquement les données intéressant le véhicule: V, t, date, code du lieu. Les vues sont numérisées et peuvent être imprimées sur imprimante laser. On peut y masquer la face du conducteur et du passager.

(229)- G. ERIKSON- Digital traffic cameras for violation enforcement- TTI 96

Description de caméras de type NTSC d'Eastman Kodak bien adaptées à la lecture de plaques minéralogiques.

Il s'agit de caméras haute résolution 760x480 pixels fonctionnant à 30 images secondes avec entrelacement des lignes qui sont scrutées au 1/60ème de seconde.

(243)- S. KEDMI- Marom: integrated speed and headway enforcement- TTI 96

Marom est un système développé par Driver safety Systems (Israël). Il met en œuvre un **capteur de vitesse** utilisant **2 lasers** visant des réflecteurs sur la route. Apparemment le système mesure également les **accélérations** (sans doute en doublant les appareils). On peut en déduire la longueur des véhicules et les **intervalles intervéhiculaires** (headways).

Les infractions sur v et sur ces intervalles provoquent une prise de vue du véhicule concernée, qui peut ensuite être dépouillée manuellement ou automatiquement.

Ce produit s'insère dans le projet SAALEM de surveillance et d'amélioration de la sécurité du réseau routier israélien.

Les premiers résultats opérationnels en Israël et en Amérique latine font apparaître des diminutions du nombre de collisions arrière pouvant atteindre 40%, ainsi qu'une diminution des cas d'accidents mortels.

(244)- Speed cameras for advanced traffic management- (interview)-TTI 96

Cet interview de la Ministre des Transports de la Colombie Britannique (Canada), évoque un projet de cet Etat de doter sa Police du système portable Autopatrol PR 100 « mobile radar speed caméra » développé par ATS Canada. Ce système associe une caméra à un radar d'ouverture de faisceau 5° et travaillant par tous temps. L'objectif est d'éviter en un an 9000 collisions sur 97000.

(256)- J. WROBEL- Community traffic monitoring- Taking the pressure off the police- TTI 97

Cet article de la Société Traffipax, qui s'occupe de surveillance de feux et de vitesses depuis 40 ans, cite une ville allemande de 370 000 habitants qui s'est équipée:

- de 18 postes de surveillance fixes et de 2 équipements de mesure nomades pour la surveillance des feux

- de 40 postes fixes et de 7 équipements nomades pour le contrôle de vitesse.

On a observé sur un an une diminution de 110 00 à 80 000 du nombre d'infractions, et une réduction du nombre d'accidents.

(257)- M. SCHAUFELBERG- Safer roads through high-tech enforcement- TTI 97

l'article décrit le système suisse Multanova de prises de vues pour la surveillance des feux et des vitesses. Les films peuvent être analysés automatiquement off-line par un dispositif de lecture automatique.

Un exemple d'exploitation est cité sur San Francisco où les violations de feux rouges provoquent 1000 accidents/an; une réduction de 9% des accidents et de 20% du nombre des blessés a pu être obtenue, représentant un coût de 21M\$.

(258)- J. MAXTON- Speed enforcement with laser precision- TTI 97

Article de Kustom Signals (USA) sur un pistolet laser , le PROLASER II pour la police.

La largeur du faisceau est de 1,2m à 300 m.

la mesure de V se fait par différenciation des mesures de distance.

(270)- T. ELLIS- Deterring bus lane bandits- TTI 98

Article de Golden River sur la détection des infractions concernant les voies réservées aux autobus. Le dispositif décrit est fondé sur une caméra embarquée dont les vues sont transmises numériquement vers un PC:

- la plaque en format Windows bitmap

- la photo du véhicule en format JPEG

Le traitement se fait au PC où le numéro du véhicule en infraction est comparé avec ceux d'une liste « blanche » de véhicules autorisés. Un PMV est activé en bout de voie pour signaler au conducteur que son numéro a été repéré.

Le dispositif a fait l'objet d'expérimentations, mais n'est pas encore approuvé.

(272)- B. COULSTOCK- Redflex traffic system- Queensland puts technology to work for road safety- TTI 98

Ce système Australien a pour objet de traiter 600000 infractions de vitesse et 300000 violations de feux rouges par an.

Il comporte un appareil photographique appelé Smart Camred pour les feux, et un radar Gatso pour les mesures de vitesse.

Les films sont numérisés au Centre d'opération à raison de 3072x2048 pixels de 24 bits par image, et traités par un système automatique assurant la localisation et **la lecture des plaques**.

(273)- R. GEBERT- Three into one- TTI 98

Evocation du système Truvelo Combi développé par Truvelo (Afrique du Sud) et destiné à la répression des infractions sur la vitesse et les feux.

Il comporte un appareil photographique déclenché par des capteurs:

-3 capteurs piézo pour les mesures de vitesse

- 2 boucles pour la détection des infractions aux feux rouges.

(283)- P. DEMPEN- A new focus for enforcement cameras- TTI- juin-juillet 97

Cet article discute les avantages respectifs des caméras avec film et des caméras numériques. Pour des raisons juridiques le film reste encore le support principal des prises de vue destinées à la répression d'infractions.

Au Royaume-Uni et aux USA 90% des prises de vues se font sur film, et aboutissent à 60% de cas de paiement d'amendes sans contestation.

(287)- L.Y. FELTH- From red light to tailgate- Evolution of radar enforcement technology- TTI- Fév. Mars 98

Cet article de Sensys Technologies (Suède) décrit un programme de développement d'un radar « intelligent » pour la police suédoise, mené de 1987 à 1990 pour un coût de 3 M£.

Ce radar mesure la vitesse, la distance et le sens de marche d'un véhicule sur une zone située entre 10 et 75 m de l'antenne, et poursuit les véhicules dans cette zone avec une périodicité de 32 ms.

Un projet pilote est en cours avec l'administration suédoise pour monter un système de surveillance du trafic et de répression des infractions dans des zones critiques et sur les carrefours.

(310)- D.J. ROBERTSON- Speed violation detection deterrent systems- 7th Conf. IEE- 1994

Cet article de Travers Morgan Ltd présente une expérience d'un dispositif destiné renforcer le respect des limitations de vitesse dans les zones de travaux limitées à 50 km/h. Ce dispositif, qui a été utilisé sur la M20, repose sur la **lecture de plaques minéralogiques** par caméras. 13 à 48 caméras ont été employées selon la période, la vitesse étant mesurée en corrélant les informations de 2 caméras successives. Il s'agit d'un système « réactif » dans lequel les numéros des véhicules contrevenants sont affichés en sortie de zone sur un PMV.

Le taux de reconnaissance des numéros était de 70%.

(342)- G. HILL- Machine vision applied to a speed violation system- TTI 1994

Même système que celui décrit dans la référence (310) précédente.

(353)- T. WAGNER- Violation enforcement system- TTI 94

Cet article de Tecnicon décrit une caméra numérique permettant une prise de vues de véhicules en infraction.

(365)- B. COULSTOCK- Digital clicks- Smart way to stop speeding traffic- TTI 99

Présentation de la caméra numérique Smartcamred de Redflex dont une application est prévue à San Jose.

(368)- M. SCHAUFELBERGER- Capture to live- TTI 99

Article sur les radars de la société Multanova, et les caméras associées.

2.4.4 Gestion de péages

(35)- N.X. JONES- Automatic vehicle recognition toll system from research to reality- IVHS 95- p. 1451-1455

L'auteur évoque les travaux menés par l'administration en charge de la Orlando/Orange County Expressway sur les systèmes de péages. Ces systèmes utilisent des transpondeurs de type Mark IV fonctionnant à 915 MHz. Un des problèmes rencontrés a été celui de la séparation de véhicules proches détectés dans une voie de péage. La solution adoptée a été l'installation de « rideaux lumineux » fondé sur des cellules émettrices et réceptrices situées de part et d'autre de la voie. Un autre problème a concerné l'exactitude du comptage des essieux pour chaque véhicule: il s'agissait d'éviter d'attribuer à un véhicule un essieu appartenant au véhicule voisin.

(153)- M.D. HARMELINK- The Highway 407 ETCS: System performance monitoring-IVHS 98 (1065)

Cet exposé canadien décrit le système de péage électronique implanté sur la Highway 407, qui comporte des lecteurs de badges (AVI), des détecteurs de véhicules, et des **lecteurs automatiques de plaques** minéralogiques.

Il présente le processus de facturation fondé sur les différents modes de reconnaissance des véhicules, et précise les spécifications de performances du système:

- reconnaissance de badges: 99,995%
- exactitude de la classification des véhicules: 90%
- lecture de plaques de l'Ontario: lectures correctes>78%- lectures incorrectes<5%
- exactitude sur la lecture visuelle des prises de vues: 95%
- facturations sur vidéo: correctes: 97,5%- incorrectes: 0,15%.

(224)- R. ZIMMERMANN- Tolling: creating a violator- proof system in Germany- TTI 95

L'auteur décrit un dispositif développé par Dornier, le RIC (range image camera) destiné à détecter les véhicules et à déterminer leur **classe** à un poste de péage.

Le RIC est constitué d'un **laser** à impulsions et à balayage permettant de déterminer le profil du véhicule. Il est complété par une caméra destinée à prendre des vues des véhicules et un système d'enregistrement stockant la photo du véhicule, le code de classe transmis par son badge et son profil mesuré par le laser.

(239)- S. DUNSTAN- IDRIS and loop based tolling- TTI 96

Cet article de WS Atkins évoque les perspectives de systèmes de « shadow-tolling » consistant à faire financer une infrastructure privée par l'Etat au prorata du trafic qui l'emprunte, l'Etat se substituant en quelque sorte aux automobilistes.

Un tel mode de péage suppose une mesure très précise du trafic.

Le système IDRIS, travaillant sur des stations de 2x2 boucles sur 2 voies avec une analyse fine du signal des boucles permet d'obtenir des taux d'erreur de +/- 0,05%. Le traitement du signal a été mis au point à partir d'une analyse des différentes situations pouvant produire des erreurs de comptage, et comporte une demi-douzaine de tests.

(253)- B. ADAWAY- Image capture for electronic toll collection systems- TTI 97

Cet article de Computer Recognition systems (UK) traite de la détection et de la reconnaissance de véhicules non équipés de badges et passant dans des péages électroniques, et notamment des péages multivoies.

La détection se fait par le système VDS (vehicle detection system) comportant 2 barrières de photo détecteurs situés à la verticale des voies. les détecteurs sont espacés de 50 cm et les lignes de détecteur sont placées à 2m l'une de l'autre.

La **classification** se fait sur la mesure des longueurs et largeurs de véhicules avec le dispositif VDS dont la résolution est de 3cm. On peut ajouter d'autres capteurs si on a besoin d'autres paramètres.

l'identification se fait par un dispositif de **lecture de plaques** CRS/LPR.. Les images de véhicules sont numérisées et stockées en format JPEG dans un dispositif ICS (image capture system). En cas d'infraction l'image est transmise au lecteur où elle est décompressée et lue.

Le taux de reconnaissance est de 85 à 95% en moyenne, et peut atteindre 97% par beau temps.

(261)- K. GRÜNER- Accelerating the flow- TTI 98

Cet article de MBB Sens Tech aborde la question de la **détection/classification** de véhicules aux **péages** monovoie ou multivoies.

Pour les péages monovoie les exigences courantes sont les suivantes:

- $V < 80$ km/h
- séparation longitudinale: 30 cm
- taux de détection: 99,95%
- taux de classifications correctes: 99,9%
- temps de réponse: 10 ms

MBB propose le dispositif TOM-E (traffic observation module- enhanced version) fondé sur des **lasers pulsés**, ayant une fréquence de répétition de 10 kHz, et situés au-dessus de la route.

Ce dispositif est constitué de 2 rangées de capteurs espacées de 30 cm longitudinalement, à raison d'un capteur par voie. Les capteurs frontaux ont un faisceau en éventail, d'une largeur angulaire de 10°, et les capteurs arrière ont un faisceau très fin couvrant une surface au sol de 10x0,5 cm². Cet ensemble de capteurs permet la mesure de la vitesse des véhicules, de leur profil en hauteur, de leur longueur et de leur largeur.

Pour les péages multivoies les exigences courantes sont les suivantes:

- $V < 250$ km/h
- séparation entre véhicules: longitudinale: 30 cm- latérale: 20 cm

- taux de détection et de classification: id^o monovoie
- temps de réponse: 5 ms

MBB propose le système SAM (Sensing and activating module) employant un ou plusieurs TOM par voie.

(265)- S. DUNSTAN et al.- Finger on the trigger- IDRIS targets the toll evaders- TTI 98

Article de WS Atkins et de Peek sur l'application de l'algorithme IDRIS de traitement de données de boucles aux **péages**.

Des expériences sur 2 sites ont mis en évidence les performances suivantes:

- taux de détection: 99,77% , montant à 99,9% après ajustement
- capacité de séparation de véhicules remorqués ou roulant très près(tailgating): 99,9%
- précision de déclenchement d'une caméra: +/- 3m
- précision sur V: +/- 3%
- précision sur longueur: +/- 3%

(269)- S. GOETTSCH- California's ETC assurance- No free rides for violators- TTI 98

Article de Pulnix (USA) sur un système ATCAS associé à des péages en Californie et comportant:

- AVI
- AVC (automatic vehicle classification) permettant une classification des véhicules en 20 classes avec des capteurs variés (barrières optiques, piézo, mesure de hauteur)
- VDS (violation detection system) utilisant 2 caméras l'une noir et blanc, l'autre en couleurs. les caméras noir et blanc servent à la **lecture automatique de plaques**. Leur taux de reconnaissance de véhicules est de 95%.

(276)- N. PURDOM- Measuring up to classification and WIM- TTI- Summer 95

Cet article décrit le système de détection/classification pour péages de la CGA fondé sur une barrière lumineuse horizontale, et des capteurs de pression détectant le nombre d'essieux, leur écartement, et la présence d'essieux jumelés.

(319)- E.A.MIERZEJEWSKI- Analysis of automatic vehicle identification technologies- ASCE Conf. Application of advanced technologies in traffic engineering- 1991

Présentation des études menées pour la sélection de dispositifs d'identification automatique de véhicules pour le Florida Turnpike.

Les véhicules sont coopératifs, et les systèmes examinés reposent sur différents principes: infrarouge, boucles, radio, ondes de surface.

Nota: sur ce sujet voir aussi: (10), (11), (318).

2.4.5 Gestion de parkings

(227)- S. JORDAN- Digital image inventories for parking- TTI 96

L'article présente un produit de la société Imaging Systems (USA) destiné à éviter les **fraudes** et les **vols de véhicules** sur parking, et comportant une caméra associée à un enregistreur numérique et un système de reconnaissance automatique de caractères. Les prises de vues sont déclenchées par un capteur à boucle.

A la sortie d'un véhicule on affiche au caissier la photo du véhicule et du numéro minéralogique correspondant au ticket reçu à l'entrée, ainsi que l'heure d'entrée.

Nota: sur ce sujet, voir aussi (297).

2.4.6 Protection des passages à niveau

(162)- K. THIRUMALAI- ITS advances for upgrading railroad crossings safety for highspeed trains- IVHS 98 (1005)

Aux Etats-Unis il existe 273000 km de voies ferrées traversée 280500 fois par des voies publiques ou privées, avec 4500 passages à niveau équipés. Sur 5 ans on a compté 4960 accidents et 602 morts sur l'ensemble de ces croisements. Avec l'augmentation des vitesses des trains la situation va s'aggraver, et l'on est à la recherche d'idées pour améliorer la sécurité dans ces zones. Dans le cadre du programme IDEAS, des propositions ont été faites par différents industriels:

- détection d'approche d'un train par radar FMCW à 24 GHz, d'une portée de 1,6 km. Des miroirs plans métalliques sont prévus dans les courbes pour y améliorer la portée.
- détection de véhicules ou autres objets coincés sur le passage à niveau par un radar à 76,5 GHz, avec antenne tournante constituée d'un tambour diélectrique recouverte d'une grille diffractant le faisceau.
- envoi d'information sur l'arrivée d'un train par liaison infrarouge avec des véhicules approchant du PN.

2.4.7 Autoroute automatique (AHS)

(176)- M. OZAKI- Cruising vehicle detecting system for AHS- IVHS 98 (3167)

Cet exposé japonais examine les cas où, sur une autoroute automatique, les capteurs embarqués ne sont pas suffisants pour surveiller tout l'environnement du véhicule, et qui pourraient justifier une assistance par des capteurs au sol. Ces cas concernent notamment les véhicules masqués ou hors de portée, les courbes, les hauts de côtes, les jonctions et intersections.

Il définit les spécifications de ces capteurs au sol dont les fonctions seraient:

- la détection et le suivi de véhicules
- la mesure de position et de vitesse des véhicules
- la détermination des dimensions des véhicules
- l'identification d'anomalies.

Il passe en revue les différentes technologies envisageables et en fait un classement en fonction de leurs performances. Seules les caméras avec traitement d'image permettent de satisfaire à l'ensemble des besoins, mais l'auteur recommande de combiner plusieurs capteurs et d'intégrer leurs données.

(421) - La route intelligente – Les communications dédiées à courtes distance DSRC : Dedicated Short Range Communication - Rapport CERTU- juillet 98

Ce document présente un examen de la norme DSRC ainsi qu'une analyse des applications et des expérimentations actuellement en service. Un panorama des applications envisageables est également établi.

(424)- La route automatisée - Rapport INRETS -1996

Document prospectif, rédigé par un groupe d'expert appartenant à l'INRETS, la DSCR, le LCPC, l'INRIA, la DAFAG et l'ENSMP, il envisage six scénarios possible pour l'avenir sur le thème de la route automatisée. Auparavant et avant de développer plus en détail ces futurs possibles, ce document rappelle les enjeux, les principes et les concepts techniques. Les annexes décrivent les projets en cours à travers le monde.

2.4.8 Etudes et recherches

(161)- J.T. HUGHES- Traffic data collection for AIMSUN2 simulation of an Auckland motorway- IVHS 98 (3166)

Cet exposé néo-zélandais présente une campagne de mesures qui a été menée sur 9,7 km d'une autoroute urbaine de la région d'Auckland pendant une semaine en vue d'alimenter une simulation sur le modèle AIMSUN II et de calibrer et valider ce modèle.

Les techniques de recueil mises en œuvre étaient les suivantes:

- dispositifs de classification par traitement vidéo Traficon: ce traitement consiste à émuler 2 séries de boucles sur les voies de l'autoroute, et à détecter les véhicules passant dans ces « boucles ». Ce dispositif, implanté sur 5 sites, permet de mesurer la vitesse et la longueur des véhicules. Les performances sont moyennes en comptage (-2 à -10%), mais pas très bonnes sur les vitesses.
- compteurs simple boucle sur 17 rampes d'entrée et de sortie
- mesure de « profils de vitesse » par laser à main, permettant l'observation des trajectoires et des accélérations sur les rampes et dans les zones d'entrecroisement (weaving)
- photos aériennes couleur: 2 passages
- données des capteurs à boucles de carrefours (commandés par SCATS)

Un des résultats de ces mesures a été le constat que les conditions de trafic sont plus « rudes » que la moyenne en Nouvelle-Zélande: des débits de 2652 véhicules/voie ont été observés, ainsi qu'une proportion importante d'intervalles intervéhiculaires <1s (28% sur la voie 3), et de nombreux changements de voies: 200 à 800 changements/km/h.

(196)- D. GATTUSO- Behavioural models of traffic flow on motorways supported automatic image processing- IFAC 97- p. 1016-1022

L'auteur s'intéresse au comportement des automobilistes en matière de changements de voies sur autoroute. 2 modèles existent pour calculer les probabilités de ces manœuvres: un modèle markovien, de Rohrbech, et un modèle d'Ahmed fondé sur la notion d'acceptation de créneaux (gap acceptance).

On a besoin de données d'observation pour valider de tels modèles, et un algorithme de traitement d'image a été mis au point pour discriminer les véhicules sur une image et suivre leur trajectoire. Le système utilise 2 caméras surveillant une même zone d'environ 200 m, dont on fusionne les données. Il a permis d'observer la relation entre taux d'acceptation de créneaux et débit.

(352)- D.H. SIEDMANN et al- Remote sensing of automobiles emissions- TTI 94

Ce système destiné à des études sur site comporte des détecteurs d'émissions de polluants par les véhicules: détection de NO par UV, mesure de l'opacité des gaz par absorption d'infrarouge. Il comporte en outre un système vidéo de lecture de plaques permettant de retrouver la marque et les caractéristiques du véhicule dont les émissions sont mesurées.

(377)- FRAO- un nouvel outil d'analyse du trafic et du comportement des usagers de la route- Notice CETE de l'Est.

Le CETE de l'Est a mis au point un dispositif d'analyse des trajectoires des véhicules pour aider les études de conception des infrastructures, de positionnement des équipements d'exploitation. Cet outil met en œuvre des télémètres à ultrasons et des cellules optiques, reliés à une chaîne d'acquisition.

Nota: sur ce sujet, voir aussi (82).

3 Fiches « MESURES »

Les fiche « mesures » sont structurées selon les rubriques suivantes :

- Objectif:
- Fonctions intéressées
- Performances attendues
- Moyens utilisables
- Performances obtenues
- Avantages/inconvénients/difficultés
- Besoins de R&D

Ces fiches sont classées dans l'ordre des mesures décrites dans le tableau du chapitre 2.1 du document principale.

3.1 Présence/passage de véhicule

Objectifs

Détecter, en général à l'approche d'un carrefour à feux, qu'un ou plusieurs véhicules sont présents et demandent le passage.

Fonctions intéressées

Régulation de trafic urbain- commande adaptative de carrefour: cette détection de présence permet notamment de faire passer au vert des voies secondaires dont la phase verte est sinon escamotée.
Contrôle d'accès sur rampe d'autoroute

Performances attendues

Le taux de détection doit être proche de 100 %.

Moyens utilisables

La plupart des capteurs - boucles, US, infrarouge passif ou actif- permettent d'assurer ce type de mesure qui ne sert pas à assurer un comptage de véhicules.

Performances obtenues

Les performances obtenues semblent conformes aux besoins.

Avantages/ inconvénients/ difficultés

Besoins de R&D

3.2 Mesure du débit

Objectif:

Compter les véhicules passant sur une section de la chaussée pendant un intervalle de temps donné.

Fonctions intéressées

- ◆ détection de bouchons
- ◆ information/guidage
- ◆ détection/gestion des incidents
- ◆ péages
- ◆ études
- ◆ maintenance de la chaussée

Performances attendues

Les performances attendues dépendent de l'utilisation.

Pour les besoins des fonctions de régulation ou d'information, des taux d'erreur de l'ordre de 5 à 10% sont acceptables

Pour les péages une grande précision, de l'ordre de 99,95% au minimum, est nécessaire.

Moyens utilisables

La plupart des détecteurs existants permettent des mesures de débit

- ◆ tubes pneumatiques
- ◆ boucles inductives, US, infrarouge, magnétomètres
- ◆ capteurs piézo
- ◆ caméras TV
- ◆ radars

Performances obtenues

Les boucles, qui sont le moyen le plus couramment utilisé pour les mesures de débit, permettent d'obtenir une précision moyenne de l'ordre de 2 à 3%. Certaines erreurs proviennent du fait que des véhicules peuvent occuper 2 voies adjacentes et exciter 2 capteurs simultanément. Il est possible de remédier à cette difficulté et d'améliorer la précision en faisant appel à des configurations à 2n-1 boucles pour n voies, associées à une logique de comptage. Cette solution n'est cependant pas appliquée dans la pratique en raison de son coût.

Un autre concept, IDRIS, de WS Atkins, a été développé pour obtenir une mesure de haute précision avec des stations de 2x2 boucles sur 2 voies.

Les capteurs US et infrarouge semblent avoir des performances du même ordre de grandeur.

Les tubes pneumatiques et détecteurs piézo comptent les essieux avec une très bonne précision; pour en déduire le débit des véhicules il faut avoir une bonne connaissance de la répartition moyenne du trafic en VL et PL.

Les caméras et radars ne sont généralement pas utilisés dans le seul but de compter les véhicules mais la mesure des débits peut constituer un service annexe fourni par ces capteurs.

Les caméras ont de bonnes performances en comptage. Les radars Doppler ont une précision médiocre en matière de débits; les radars dotés d'une capacité de mesure des distances et des vitesses ont de meilleures performances.

Avantages/inconvénients/difficultés

Les boucles ont le défaut de nécessiter des travaux sur la chaussée pour leur implantation et pour leur entretien. Les capteurs aériens n'ont pas ce défaut, mais ils nécessitent des supports d'une certaine hauteur - portiques, poteaux- qui ne sont pas forcément disponibles partout où on en a besoin.

Besoins de R&D

Evaluation approfondie des types de capteurs peu utilisés en France: US, infrarouge, magnétomètres

3.3 Taux d'occupation

Objectif:

Mesure du pourcentage de temps pendant lequel une courte portion de la chaussée est occupée par des véhicules. Le taux d'occupation reflète le caractère plus ou moins dense de la circulation. Sa mesure se substitue à celle de la densité, plus difficile à acquérir. Elle complète généralement la mesure du débit pour qualifier la situation du trafic.

Fonctions intéressées

- ◆ régulation de trafic
- ◆ information/guidage
- ◆ détection/gestion des incidents

Performances attendues

Des taux d'erreur de l'ordre de 10% sont acceptables pour ces différentes fonctions.

Moyens utilisables

Tous les capteurs de type « ponctuel » et sensibles au passage d'un véhicule (et pas seulement aux essieux) conviennent pour mesurer un T.O.: boucles, ultrasons, infrarouge, magnétomètres.

Performances obtenues

Les performances obtenues avec ces capteurs répondent aux besoins.

Avantages/inconvénients/difficultés

Il faut prendre garde que le taux mesuré est fonction de l'étendue en longueur de la zone couverte par le capteur, et qu'un calibrage est nécessaire.

Besoins de R&D

3.4 Mesure de vitesse

Objectif:

Evaluer la vitesse instantanée de chaque véhicule ou la vitesse moyenne d'un ensemble de véhicules passant en un point donné de la chaussée.

Fonctions intéressées

- ◆ Sécurité des usagers automobilistes et piétons notamment en traverse d'agglomération
- ◆ Sécurité à l'approche de points singuliers en rase campagne
- ◆ Stratégies de régulation en zone urbaine (par exemple : zone 30)
- ◆ Régulation / modulation des vitesses sur voie rapide avec un objectif de fluidité
- ◆ Répression des infractions
- ◆ Alimentation d'observatoires de vitesses en données statistiques (évaluation de renforcement des contrôles ou de changements de réglementation)
- ◆ Détection automatique d'incidents sur voie rapide
- ◆ Information /guidage

Performances attendues

Pour la répression, la précision doit être mieux que 1%.

Pour toutes les autres fonctions, une précision de 5% est suffisante.

Moyens utilisables

On peut ranger les moyens utilisables en quatre catégories

- ◆ paires de détecteurs de présence/passage: boucles, capteurs US, infrarouge, magnétomètres, tubes pneumatiques, piézo Les matériels de visée très précis utilisés pour la répression ou pour étalonner les autres matériels : Radar et laser
- ◆ L'utilisation d'une paire de capteurs espacés d'une certaine distance (1 à 2m) qui permettent de mesurer un l'intervalle de temps séparant les signaux issus de chacun des capteurs. Ces capteurs peuvent être des boucles, des piézos, des capteurs magnétiques, des cellules I.R. ou des émetteurs à ultrasons
- ◆ Les caméras vidéo associées à un traitement d'image pour en extraite le paramètre vitesse
- ◆ La mesure des vitesses moyennes sur une certaine distance par identification des véhicules : lecture automatique de plaque d'immatriculation ou informations fournies par des véhicules traçeurs.

Performances obtenues

Les moyens actuellement employés par les forces de l'ordre dans un but répressif, Radar MESTA 208 ou jumelles à visée laser, permettent une précision de 1%

Les moyens utilisant la coupure de deux rayons très fins (infrarouge ou laser) atteignent également ce niveau de précision.

Les capteurs non linéaires (boucles) ou les faisceaux moins directifs (U.S.) permettent une précision de 5%

Les caméras T.V. offrent une précision un peu moins bonne, qui varie avec la distance du véhicule par rapport à la caméra.

Avantages/inconvénients/difficultés

cf. fiche « débit »

Besoins de R&D

Obtention de vitesses moyennes par tronçon

3.5 Intervalle intervéhiculaire

Objectifs

Mesurer l'intervalle de temps (« headway ») ou la distance séparant 2 véhicules

Fonctions intéressées

- ◆ sécurité- prévention des collisions surtout par conditions météo dégradées
- ◆ études
- ◆ lutte contre les infractions
- ◆ régulation des flux, optimisation des débits

Performances attendues

On trouve peu de renseignements sur les performances attendues pour cette mesure.

Moyens utilisables

La plupart des capteurs de comptage permettent de mesurer les intervalles intervéhiculaires, dès lors que le détecteur associé possède une horloge.

Performances obtenues

On trouve peu d'informations sur ce sujet. A priori la précision obtenue à partir des capteurs courants doit être du même ordre de grandeur que celle obtenue sur la mesure des vitesses, de l'ordre de 3-5%.

Avantages/ inconvénients/ difficultés

L'intérêt de tels dispositifs est d'alerter les conducteurs qui ne respectent pas des T.I.V. ou des D.I.V. minimum : problème d'adressage du message au véhicule vraiment concerné et risque d'accoutumance.

Besoins de R&D

3.6 Densité du trafic

Objectif

Mesurer le nombre de véhicules par unité de longueur de la chaussée. La densité, ou concentration, caractérise bien le niveau de la demande, et est un paramètre essentiel des lois fondamentales du trafic.

Fonctions intéressées

- ◆ information routière
- ◆ études et recherches

Performances attendues

Comme pour le taux d'occupation des valeurs de taux d'erreur de l'ordre de 10% sont acceptables.

Moyens utilisables

La mesure de la densité pourrait se faire éventuellement avec des capteurs ponctuels en mesurant les débits à l'entrée et à la sortie de la section intéressée, mais les erreurs sur le nombre de véhicules présents s'intégrant avec le temps, un tel procédé impliquerait un taux d'erreur nul sur les capteurs, ce qui n'est pratiquement pas réalisable. La mesure de la densité ne peut par conséquent se faire que par des capteurs « surfaciques », couvrant une longueur significative de chaussée, comme les caméras TV et certains radars.

Performances obtenues

L'analyse d'images TV permet de satisfaire aux performances attendues.

Avantages/inconvénients/difficultés

Besoins de R&D

3.7 Mesures de gabarit des véhicules

Objectif

Cette mesure est un sous-ensemble de la classification des véhicules. On s'intéresse tout particulièrement à la hauteur pour la protection des tunnels à petit gabarit.

Fonctions intéressées

- ◆ sécurité
- ◆ protection des ouvrages d'art
- ◆ péages

Performances attendues

Pour la protection des tunnels, les hauteurs de véhicules doivent être déterminées avec une précision de l'ordre du décimètre.

Moyens utilisables

Le moyen le plus simple et le plus utilisé consiste à disposer d'un ou plusieurs rayons infrarouge placés à une hauteur inférieure à celle de l'ouvrage. Ensuite, le problème consiste à alerter suffisamment tôt le chauffeur, et éventuellement à placer physiquement un obstacle à la hauteur correspondant au gabarit de l'ouvrage à protéger, en amont de celui-ci.

Il est possible d'envisager des moyens plus sophistiqués, consistant à mesurer la hauteur à l'aide de détecteurs US ou infrarouge pulsés et de déclencher une alerte sur un PMV.

Une autre possibilité consiste à faire appel à des équipements entièrement embarqués, comportant un moyen de localisation précis et une BD géographique contenant des renseignements sur les zones à gabarit limité.

Performances obtenues

Pour l'instant, les moyens les plus simples donnent satisfaction et la demande est donc restreinte

Avantages/inconvénients/difficultés

Besoins de R&D

3.8 Pesage dynamique

Objectif

Déterminer le poids de chaque essieu et le poids total des poids lourds sans avoir à les arrêter.

Fonctions intéressées

- ◆ Appréhender l'agressivité des trafics sur les chaussées pour mieux définir les structures
- ◆ Prolonger la durée de vie des chaussées en évitant les dégradations occasionnées par des essieux en surcharge
- ◆ Protéger la structure des ouvrages d'art
- ◆ Assurer la sécurité en freinage
- ◆ Assurer les règles de compétitivité entre les entreprises de transport
- ◆ Améliorer l'efficacité des contrôles répressifs
- ◆ Obtenir des statistiques sur les poids roulants
- ◆ Classification en péage

Performances attendues

- ◆ Peser tous les véhicules lourds à vitesse normale
- ◆ Sélection des véhicules qui sont supposés être en surcharge
- ◆ Orientation des actions de contrôle répressifs
- ◆ Automatiser le contrôle répressif

Moyens utilisables

On s'orienter vers deux type de pesée : les systèmes de pesage à vitesse normale en pleine voie, avec un seul capteur ou multicapteur et les systèmes de pesage à basse vitesse (entre 5 et 15km./h.). Pour ces derniers systèmes, les véhicules passent lentement sur une voie spéciale instrumentée en conséquence.

Performances obtenues

Les performances obtenues jusqu'à présent ont permis d'avoir une bonne connaissance des charges roulantes et de réaliser les calculs d'agressivité. Mais l'aspect répressif est toujours obtenu par pesage en statique essieu par essieu après avoir intercepté le véhicule. Toute la difficulté réside dans le choix des véhicules à peser et le faible échantillonnage des véhicules pesés. De plus avec les moyens d'informations actuels, la durée des contrôles se trouve très réduite.

Avantages/inconvénients/difficultés

La difficulté pour obtenir une mesure précise provient des oscillations des véhicules occasionnées par les défauts d'uni de la chaussée. Ces oscillations dépendent également du type de suspension. Sur des essieux jumelés, il apparaît également des transferts de charge d'un essieu sur l'autre. En cas de présélection le problème consiste à trouver le meilleur compromis entre le taux de "non détection" et le taux de "fausses détection". Une difficulté provient également de la grande variété du parc et aux information sur les poids maximum autorisés au niveau européen.

Besoins de R&D

- ◆ Recherche d'une meilleure précision des mesures grâce au pesage multicapteur par exemple
- ◆ Obtenir le même niveau de précision en vitesse normale que celui obtenu à basse vitesse
- ◆ Obtenir la surface de contact pneumatique / chaussée
- ◆ Intégration de système de pesage en marche par instrumentation des structures de ponts
- ◆ Prise en compte des charges transportées dans les tarifications aux péages
- ◆ Identification des véhicules en infraction et enregistrement vidéo des véhicules en surcharge
- ◆ Poursuivre les études sur le pesage à basse vitesse
- ◆ Utilisation de transpondeur pour accéder aux caractéristiques des véhicules et pour identifier les véhicules en infraction.

3.9 Classification des véhicules

Objectifs

Distinguer les différentes classes de véhicules passant sur une section donnée du réseau routier.

Cette notion de « classe » est variable selon la fonction intéressée. Pour certains besoins on peut se contenter de 3 ou 4 classes: VL, camionnettes, PL, 2 roues, par exemple.

Pour d'autres on doit procéder à une classification plus fine et distinguer différents types de PL.

Fonctions intéressées

- | | |
|---|---|
| <ul style="list-style-type: none"> ◆ péages autoroutiers ◆ définition des structures de chaussée ◆ calculs d'ouvrages d'art ◆ maintenance des chaussées | <ul style="list-style-type: none"> ◆ répression des infractions ◆ calculs de niveau de nuisances : bruit ◆ études de nouveaux tracés, de déviations ◆ statistiques régionales et nationales |
|---|---|

Performances attendues

- ◆ le minimum que l'on puisse demander pour les besoins statistiques, ou ceux de la fonction « répression » est de distinguer VL et PL
- ◆ on n'utilise pas spécialement la classification des véhicules pour reconnaître les autobus dans la circulation générale. Même dans un couloir réservé on préférera garder les principes par hyper ou I.R. pour identifier un véhicule de transport en commun et surtout savoir s'il est en retard.
- ◆ dans chaque pays l'administration impose en général une classification relativement détaillée pour ses besoins statistiques: 14 classes en France, 13 classes aux Etats-Unis p.ex.. Ces classifications impliquent généralement une détection des essieux de PL et de leur configuration la norme NFP 99-300 de novembre 1997 définit 47 catégories de véhicules
- ◆ les Sociétés d'autoroute emploient différentes sortes de classification selon la société et le pays. Au minimum elles cherchent à distinguer motos, VL, caravanes, PL et PL avec remorques.
- ◆ pour les besoins de la maintenance des chaussées on s'intéresse en plus aux charges à l'essieu

Moyens utilisables

- ◆ pour la majorité des besoins courants, la simple mesure de la longueur des véhicules (voir fiche « mesure de longueur ») suffit pour distinguer les VL des PL
- ◆ certains capteurs (US, infrarouge) déterminent le profil en hauteur du véhicule et permettent de distinguer VL, camionnettes, PL
- ◆ la mesure du nombre et de la disposition des essieux suppose que l'on combine au moins deux types de capteur par exemple boucle étroite et boucles classiques ou boucles classiques et capteurs piézo. Cette dernière configuration permet d'accéder au poids de chaque essieu et à fortiori à la classification des véhicules. Les configurations classiques comportent soit 2 piézos et une boucle, soit 2 boucles et un piézo
- ◆ l'analyse de la taille d'un véhicule sur image vidéo permet de distinguer les PL des VL.
- ◆ Des boucles étroites peuvent également être utilisées.

Performances obtenues

Avantages/ inconvénients/ difficultés

Les capteurs existants satisfont aux exigences des besoins des études statistiques ou du recueil nécessaire à la maintenance des routes. Une difficulté dans les péages est de bien discriminer les véhicules qui se suivent de près, et de repérer les véhicules avec remorque ou caravane. Pour surmonter cette difficulté des capteurs spécifiques utilisant des cellules photoélectriques engendrant un « rideau » lumineux vertical sont parfois utilisés. Un tel rideau permet de déterminer le profil en hauteur d'un véhicule, de détecter ses essieux et de reconnaître la présence d'un attelage. Par ailleurs la question de la détection des classes de véhicules dans des péages multivoies ne semble pas entièrement résolue.

Besoins de R&D

3.10 Mouvements directionnels aux carrefours

Objectifs

Pour chacune des entrées d'un carrefour, évaluer la répartition des flux selon les destinations possibles. Dans le cas le plus classique : tout droit, tourne-à-droite, tourne-à-gauche. Cet objectif peut aussi être extrapolé aux carrefours giratoires.

Fonctions intéressées

Diagnostic de fonctionnement

Régulation du trafic urbain : microrégulation, antisaturation

Performances attendues

Moyens utilisables

- ◆ Il est possible de mesurer les mouvements directionnels à partir de capteurs de type « boucles inductives » aux différentes entrées et sorties d'un carrefour, mais ce moyen n'est pratiquement pas utilisé.
- ◆ Cependant la méthode automatique qui paraît la mieux adaptée consiste à utiliser des caméras avec analyse vidéo. On pourrait envisager d'installer la caméra sur un ballon captif.

Performances obtenues

Avantages/ inconvénients/ difficultés

Il est souvent difficile de trouver sur un carrefour un emplacement bien situé et suffisamment élevé pour ce type de mesure. Une bonne précision est difficile à obtenir et ces enquêtes sont d'un coût élevé

Besoins de R&D

3.11 Changements de voies sur autoroute

Objectif:

Il s'agit de détecter la fréquence des changements de voies et les conditions de changement de voie(qui double qui ? comment se comporte les poids-lourds ...) sur un tronçon donné de chaussée On s'intéresse aux zones propices à ce type de manœuvres : convergents, divergents, zones de péages, zones de rétrécissement, présentant des risques accidentogènes.

Fonctions intéressées

- ◆ DAI
- ◆ études de marquages par peinture ou à protubérances
- ◆ études en vue de mieux définir la configuration des zones où ces changements de voie se produisent à une fréquence trop élevée.

Performances attendues

Il n'y a pas de données dans la littérature sur les performances attendues pour de telles mesures.

Moyens utilisables

Les moyens les plus appropriés sont l'analyse d'images video et l'utilisation de l'outil FRAO.

Performances obtenues

Avantages/inconvénients/difficultés

Ce type d'analyse est relativement coûteux soit à cause du déploiement de matériels sur le terrain, soit à cause du coût de l'exploitation d'images vidéo.

Besoins de R&D

Logiciel spécifique de traitement d'image

3.12 Matrices O/D

Objectifs

Etant donné un réseau routier à N entrées E1, E2,.....En, et M sorties S1, S2, ...Sm, déterminer les pourcentages de la demande sur chaque entrée Ei qui vont vers chacune des sorties Sj.

Fonctions intéressées

- ◆ Régulation de réseaux urbains
- ◆ Régulation d'accès autoroutiers
- ◆ Etudes

Performances attendues

Une précision de l'ordre de 10% est suffisante pour les applications envisagées.

Moyens utilisables

- ◆ enquêtes manuelles: lecture de plaques, collage d'étiquettes aux arrêts
- ◆ utilisation de systèmes de lecture automatique de plaques minéralogiques
- ◆ identification de véhicules par badges AVI
- ◆ détermination indirecte de la matrice O/D à partir de mesures de débits aux entrées et aux sorties en utilisant des capteurs de trafic usuels

Performances obtenues

Avantages/ inconvénients/ difficultés

Les 3 premières méthodes ne permettent pas de capter la totalité des véhicules et il reste une incertitude sur la matrice O/D observée.

La 4^{ème} méthode ne fournit pas directement les O/D, et une estimation est nécessaire pour déduire la matrice O/D de ces mesures de débit.

Besoins de R&D

Ce sujet a donné lieu déjà à de nombreuses recherches et publications.

Il serait intéressant d'approfondir les possibilités des systèmes de lecture automatique de plaques pour cette mesure.

3.13 Détection Automatique d'Incident

Objectif

Détecter l'occurrence d'un accident/incident susceptible de provoquer une gêne ou un risque pour le trafic. Les premiers systèmes de DAI, apparus dans les années 60 reposaient sur le traitement des données de débit, T.O, vitesses fournies par des stations de détection à boucles. La notion d'incident était alors assez restrictive et ne recouvrait que les événements ayant des conséquences sensibles sur l'écoulement du trafic et par conséquent sur ces données. L'apparition de systèmes plus performants, tels que la vidéo a conduit à élargir la notion d'incident, et à y inclure notamment:

- ◆ les véhicules arrêtés, sur une voie ou sur le bas côté
- ◆ les véhicules roulant à une allure anormalement lente
- ◆ les objets tombés sur la chaussée

Fonctions intéressées

- ◆ Gestion des incidents- alerte
- ◆ Régulation de trafic
- ◆ Information/guidage
- ◆ Sécurité anticollision

Performances attendues

Elles sont définies par les critères suivants; les valeurs citées, sans être normalisées, se rencontrent couramment dans la littérature.

- ◆ probabilité de détection: > 95%
- ◆ probabilité de fausse alarme: <1 FA/semaine/point de mesure
- ◆ délai de détection: <10sec à 20sec

Moyens utilisables

- ◆ détecteurs ponctuels au sol (boucles) ou aériens (US, infrarouge) régulièrement espacés, à des intervalles pouvant varier de 300m à 1500 m, et associés avec des algorithmes de DAI
- ◆ détecteurs à large zone de surveillance: vidéo, radars
- ◆ téléphones d'urgence (RAU)
- ◆ véhicules actifs, avec communication véhicule-sol

Performances obtenues

Avec les détecteurs ponctuels (boucles p.ex.) les taux de détection atteints sont de l'ordre de 75%. L'analyse d'image vidéo permet des performances proches de celles qui sont attendues par les exploitants, notamment en matière de détection de véhicules arrêtés.

Temps de réaction obtenu avec des boucles = 2 minutes

Avantages/inconvénients/difficultés

- ◆ boucles et autres détecteurs ponctuels: les algorithmes de DAI sont au point et relativement performants, sauf en cas de trafic fluide ; dans ce cas en effet certains incidents n'ont pas d'impact suffisant sur les caractéristiques fondamentales du trafic et ne peuvent être détectés.
- ◆ caméras TV: bons résultats, même de nuit- problèmes en mauvaises conditions de visibilité
- ◆ radars: en cours de développement
- ◆ RAU: impose une action des conducteurs, et demande des délais plus importants
- ◆ véhicules actifs: exige un équipement dans le véhicule (CB, GSM ou autre)- risque de fausses alertes

Besoins de R&D

- ◆ poursuite des développements sur radars
- ◆ amélioration des performances de la vidéo: utilisation de la stéréovision(?)
- ◆ fusion de données de différents types de capteurs(?)

3.14 Détection de bouchons et de queues

Objectif

Cette détection peut avoir 2 objectifs:

- ◆ sécurité des véhicules
- ◆ fluidité du trafic

Fonctions intéressées

- ◆ régulation de feux de carrefours ou de feux sur rampe d'accès : on s'intéresse à la fois à la présence et à la longueur d'une file d'attente
- ◆ régulation d'autoroute: la présence de bouchons peut déclencher l'affichage de panneaux d'information et de vitesses recommandées qui contribuent à la fois à la régularité et à la sécurité du trafic
- ◆ information et guidage routier: les files d'attente interviennent dans les évaluations de temps de trajet sur des réseaux urbains ou suburbains.
- ◆ péages autoroutiers: les exploitants commencent à s'intéresser la surveillance des longueurs de queues aux péages afin de pouvoir diminuer les temps d'attente des clients.

Performances attendues

On trouve peu de renseignements sur les performances demandées par les exploitants. On peut noter que si cette mesure sert à l'information routière sur route ou autoroute, il paraît important, pour des raisons de sécurité, d'avoir une très bonne fiabilité à la fois dans la détection d'un bouchon, et dans la mesure de la position de sa queue.

Moyens utilisables

- ◆ sur autoroute: stations de mesures avec détecteurs « ponctuels » régulièrement espacés comme pour la DAI: voir par exemple le système de DAB (détection automatique de bouchon) de SIRIUS-Est.
- ◆ sur carrefour il est possible de détecter la présence de queues par l'analyse des données de T.O sur des détecteurs placés en amont. On peut également évaluer une longueur de queue par modélisation, à partir de données de débit mesurées sur un capteur amont, et de données sur les phases du feu.
- ◆ analyse d'images vidéo

Performances obtenues

Les mesures faites à partir de détecteurs « ponctuels » ont une précision qui dépend de l'écartement des stations de mesure: plus celles-ci sont rapprochées, et plus on peut déterminer avec précision la position et la longueur d'un bouchon.

L'analyse d'image vidéo permet des mesures assez précises allant de quelques mètres à quelques dizaines de mètres selon la position de la queue du bouchon par rapport à la caméra.

Avantages/inconvénients/difficultés

Besoins de R&D

L'information sur la présence de bouchons et la position de la queue de ces bouchons peut induire, en cas d'erreur, des risques pour les conducteurs, particulièrement dans des zones de visibilité réduite, et il existe un besoin de recherche sur la sécurité de la détection de ces queues de bouchons.

3.15 Temps de trajet

Objectif: Mesure et prédiction à court terme du temps moyen mis par les véhicules pour aller d'un point à un autre sur un itinéraire routier

Fonctions intéressées:

- ◆ Information routière
- ◆ Guidage dynamique
- ◆ Etudes- évaluation de stratégies de gestion du trafic- diagnostics trafic
- ◆ Intermodalité

Performances attendues

- ◆ Prévisions sur des horizons pouvant aller jusqu'à 45/60 minutes
- ◆ Précision: une précision de l'ordre de 10% est jugée satisfaisante par les exploitants.

Moyens utilisables

- ◆ Détecteurs fixes (au sol ou aériens): mesure de vitesse par tronçons, permettant de déduire un temps de trajet/tronçon et addition sur tous les tronçons constituant l'itinéraire
- ◆ Détecteurs fixes (boucles, US, infrarouge): reconnaissance par analyse du signal de véhicules isolés ou de groupes (patterns) de véhicules que l'on essaie de suivre d'une station de détection à la suivante
- ◆ Lecture de plaques minéralogiques (LPM ou LPR: license plate reading)
- ◆ Utilisation de véhicules actifs/pilotes équipés de GPS avec liaisons numériques sol-véhicules, ou avec transpondeurs AVI interrogés en différents points de l'itinéraire

Performances obtenues

On obtient actuellement une précision de l'ordre de 10 à 15% sur autoroute urbaine, et même sur des trajets de longueur importante sur autoroutes interurbaines. Les résultats sont cependant moins bons en milieu urbain.

Avantages/inconvénients/difficultés

- ◆ mesures de vitesse par détecteurs fixes: précision moins bonne, car on travaille sur des vitesses moyennes par tronçon
- ◆ reconnaissance de véhicules ou de groupes de véhicules: moyen peu coûteux et qui semble donner des résultats intéressants
- ◆ LPM: système encore assez coûteux- la lecture de plaques se fait avec une fiabilité de l'ordre de 90%, suffisante pour déterminer des moyennes de temps de trajet
- ◆ véhicules « traceurs » actifs: nécessite du matériel sur les véhicules - GPS/GSM par exemple, ou AVI (les systèmes de péage électronique peuvent convenir).
- ◆ Pour les fonctions information/guidage une difficulté importante consiste à prédire un temps de trajet sur un horizon donné à partir de mesures faites à un instant donné ou de mesures passées.

Besoins de R&D

- ◆ amélioration des performances et réduction des coûts des systèmes LPM
- ◆ définition du nombre optimal de véhicules équipés dont on aurait besoin pour obtenir des données fiables de temps de trajet avec des véhicules traceurs
- ◆ méthodes de prévision de temps de trajet, notamment sur de longues distances, à partir de données courantes ou historiques
- ◆ estimation des temps de trajet sur des parcours urbains.

3.16 Niveaux de service

Objectifs

Qualifier la situation du trafic à l'aide d'un indicateur standard permettant de faciliter les échanges entre services concernés, et entre l'exploitant et l'utilisateur.

On utilise généralement une échelle comprenant de 3 à 5 niveaux, entre « très fluide » et « saturé ».

Fonctions intéressées

- ◆ information routière
- ◆ gestion des incidents
- ◆ maintenance de la chaussée
- ◆ études

Performances attendues

Moyens utilisables

Tous les capteurs classiques de trafic, ainsi que la vidéo permettent des mesures d'un tel indicateur, qui peut reposer sur des données de débit, de T.O., de densité, de vitesse, de présence de congestion, voire de temps de trajet.

Performances obtenues

Avantages/ inconvénients/ difficultés

La difficulté principale est de qualifier le trafic lorsqu'on se trouve aux frontières entre 2 niveaux.

Besoins de R&D

Des études, à l'échelle nationale, sont actuellement en cours pour redéfinir les niveaux de service sur voies rapides.

3.17 Détection de piétons

Objectifs

Détecter la présence de piétons et les comptabiliser soit pour améliorer leur sécurité, soit pour les prendre en compte dans la régulation du trafic.

Fonctions intéressées

- ◆ régulation du trafic
- ◆ sécurité
- ◆ études

Performances attendues

Moyens utilisables

Différents capteurs peuvent être envisagés pour détecter des piétons : : on retrouve en fait tous les principes de base utilisés pour détecter les véhicules

- ◆ tapis sensibles, résistifs ou piézoélectriques plutôt utilisables dans les zones d'attente, sur les trottoirs, qu'en pleine voie
- ◆ radars ou lasers
- ◆ capteurs infrarouge passifs
- ◆ ultrasons
- ◆ capteurs vidéo

Performances obtenues

Avec un système d'analyse d'images vidéo il semble possible d'obtenir, de jour, un taux de détection de l'ordre de 90%.

Avantages/ inconvénients/ difficultés

Besoins de R&D

Ce sujet a été relativement peu exploré jusqu'à présent sauf pour les usagers des transports en commun. Une demande émerge cependant de plus en plus concernant les piétons sur trottoir ou dans des zones piétonnes.

3.18 Détection des 2 roues

Objectifs

Cette mesure, citée pour mémoire, ne semble pas répondre à une préoccupation importante des exploitants, sauf des sociétés d'autoroutes pour les péages.

Il peut être intéressant de pouvoir discriminer les 2-roues par rapport aux autres véhicules pour améliorer la précision des comptages: certains capteurs, comme les boucles détectent les 2-roues de façon aléatoire, selon la trajectoire du 2-roues par rapport à la boucle.

Fonctions intéressées

- ◆ Prise en compte aux feux pour les vélos
- ◆ sécurité des 2-roues
- ◆ péages
- ◆ études

Performances attendues

Moyens utilisables

Le moyen le plus approprié pour cette mesure est l'analyse d'images video.

Performances obtenues

Avantages/ inconvénients/ difficultés

Besoins de R&D

Sujet peu exploré, n'apparaît pas comme prioritaire actuellement.

3.19 Occupation des véhicules

Objectifs

Mesurer le nombre de personnes se trouvant à bord d'une voiture.

Fonctions intéressées

- ◆ lutte contre les infractions: circulation illicite sur voie réservée aux véhicules à taux d'occupation élevé (HOV lanes)
- ◆ études
- ◆ lutte contre la pollution

Performances attendues

Moyens utilisables

Aucune solution ne semble avoir été proposée pour traiter cette mesure avec des capteurs au sol. Peut-être pourrait-on l'aborder avec l'analyse d'images vidéo.

Performances obtenues

Avantages/ inconvénients/ difficultés

Besoins de R&D

Domaine encore inexploré, mais cependant peu prioritaire, les perspectives de mise en service en France et en Europe de voies réservées aux véhicules à taux d'occupation élevé paraissant lointaines.

3.20 Mesure des nuisances du trafic

Objectifs

Evaluer les nuisances - bruit, pollutions diverses- liées à la circulation automobile.

Fonctions intéressées

- ◆ régulation de trafic
- ◆ information/guidage
- ◆ gestion de la demande
- ◆ études

Performances attendues

Moyens utilisables

- ◆ sonomètres pour le bruit
- ◆ analyseurs de CO, CO₂, NO_x

Performances obtenues

Avantages/ inconvénients/ difficultés

Utilisé pour la gestion des situations de crises, l'utilisation en situation « normale » est marginale.

Besoins de R&D

3.21 Conditions météorologiques

Objectif

Connaître et prévoir les éléments météorologiques perturbateurs (neige, verglas, brouillard, orages et vents violents) et les mettre à disposition des responsables d'exploitation

Fonctions intéressées

- ◆ Maintien de la viabilité en condition hivernale - aide à la décision pour la prise de mesures d'exploitation et le maintien d'un niveau de service
- ◆ Optimisation de l'épandage des fondants.
- ◆ Sécurité de la circulation
- ◆ Information des usagers par différents médias

Performances attendues

Connaître les conditions météo de la route à un pas relativement fin de l'ordre de 20km, plus suivre l'évolution de points singuliers

Prévoir l'apparition du verglas avec une bonne fiabilité

Moyens utilisables

Les prévisions de la météorologie nationale et les informations fournies par les stations météo routières

Performances obtenues

Bonnes mesure des températures, de l'hygrométrie et des distances de visibilité

Avantages/inconvénients/difficultés

Les stations de météo routières donnent des informations pour un endroit précis et très limité de surface de chaussée. Il est ainsi difficile d'extrapoler pour un linéaire important et le coût de telles stations en limite leur diffusion. La détection du verglas reste difficile

Besoins de R&D

- ◆ Relier les données fournies par des station météo à des diagnostic plus globaux de type thermoroute.
- ◆ Détection des températures de chaussée par fibre optique
- ◆ Développer des appareils portables, fiables et suffisamment précis
- ◆ Recherche d'un compromis entre l'utilisation de stations fixes et de moyens mobiles
- ◆ Mieux utiliser les prévisions météo atmosphériques pour prévoir l'état de la route et améliorer les modèles de prévision

3.22 Position latérale

Objectif

La mesure de la position latérale n'est jamais une mesure permanente. Elle fait partie de la panoplie des mesures possibles pour analyser le comportement des usagers, toujours dans le même but d'améliorer leur sécurité. Du moins, à travers ce type de mesure, à connotation méthodologique très marquée, il est recherché le meilleur rapport efficacité/coût au niveau du dimensionnement des infrastructures, des équipements terminaux et de leur positionnement.

Fonctions intéressées

- ◆ Gestion des incidents- alerte
- ◆ Régulation de trafic
- ◆ Information/guidage
- ◆ Sécurité anticollision

Performances attendues

Moyens utilisables

Pour ce types de mesures, comme pour la mesure de hauteur, on retrouvera le même capteur, généralement à ultrason.

Performances obtenues

A titre d'exemples, citons:

- ◆ L'étude des effets de parois entre glissière métallique et glissière béton
- ◆ Les études relatives au guidage des véhicules induit par différents types de marquage à protubérances ou non.

Avantages/ inconvénients/ difficultés

Besoins de R&D

Des travaux importants devront être réalisés pour améliorer le traitement du signal adapté à ce compteur.

La pose du capteur devra être améliorée pour qu'il n'y ait aucun danger pour l'installateur sur le site, ou pour les motocyclistes qui circulent à proximité des capteurs

La liaison radio devra être plus performante et plus robuste

4 Fiches « FONCTIONS »

Les fiche « fonctions » sont structurées selon les rubriques suivantes :

- Objectif
- Principes de réalisation
- Recueil de données
- Performances demandées
- Besoins non satisfaits en matière de recueil

Ces fiches sont classées dans l'ordre des fonctions décrites dans le tableau du chapitre 2.1 du document principale.

4.1 Régulation adaptative de carrefour

Objectif

Régler les feux d'un carrefour isolé, ou d'un carrefour commandé par ailleurs par un plan fixe de régulation sur un réseau, de façon à optimiser la capacité du carrefour, et à minimiser les temps d'attente des véhicules.

Principes de réalisation

Il existe un grand nombre de formules de commande adaptative, depuis la simple ouverture au vert sur détection de présence d'un véhicule d'une voie secondaire d'un itinéraire principal, jusqu'au « carrefour intelligent » développé récemment à l'INRETS.

Ces formules tiennent généralement compte des capacités de détection dont on dispose: les plus courantes reposent sur des mesures de la demande sous forme de débits et de T.O sur les différentes branches du carrefour, à des distances variables de celui-ci.

Les plus récentes tirent parti des possibilités des caméras TV qui permettent la mesure de queues et de mouvements tournants.

Ces méthodes évoluent aussi bien entendu avec les outils mathématiques, et elles font appel maintenant à la logique floue, aux réseaux neuronaux, ou aux systèmes experts.

Recueil de données

Comme on vient de le voir les données qui peuvent servir à la commande adaptative des carrefours sont les caractéristiques fondamentales du trafic -Q, T.O., voire V- les longueurs de queues, les mouvements tournants.

Performances demandées

Besoins non satisfaits en matière de recueil

4.2 Régulation de réseaux urbains par plans de feux fixes

Objectif

Définir les meilleurs plans de feux correspondant aux diverses configurations de trafic observées sur le réseau, et choisir à chaque instant le plan le mieux adapté à la situation instantanée du trafic.

On se contente généralement d'un nombre assez limité de plans correspondant aux grandes périodes de la journée.

Principes de réalisation

Les systèmes de régulation les plus simples travaillent avec une horloge et déclenchent les différents plans préétablis en fonction de l'heure et de la période pour laquelle ils ont été calculés. Les systèmes plus complexes font appel à un recueil de données simplifié sur les axes principaux, portant par exemple sur des mesures de Q et T.O., qui permet d'évaluer la situation générale du trafic. On choisit à un instant donné le plan de feux qui correspond aux conditions les plus proches de celles observées, en prenant garde toutefois de ne pas opérer de permutations trop fréquentes qui pourraient perturber le trafic.

Recueil de données

On peut se contenter d'un recueil de mesures de Q et T.O. par des capteurs classiques tels que boucles inductives, ultrasons, infrarouge.

Performances demandées

Pas très sévères, et compatibles avec les performances des capteurs usuels.

Besoins non satisfaits en matière de recueil

4.3 Régulation de réseaux urbains en temps réel

Objectif

Optimiser en temps réel le réglage des feux de façon à minimiser des critères tels que: temps de trajet sur le réseau, temps d'attente aux feux, étendue des zones de congestion.

Principes de réalisation

Il existe de nombreuses méthodes de régulation en temps réel à travers le monde:

- SCOOT: la plus ancienne et la plus répandue
- PRODYN
- SCATS
- UTOPIA
- MOTION
- ...etc..

Recueil de données

Mesures des caractéristiques du trafic: Q, V, T.O

Mesures de longueurs de queues

Détection des mouvements tournants

Performances demandées

Besoins non satisfaits en matière de recueil

4.4 Régulation d'autoroute en ligne

Objectif

Maintenir un certain niveau de service, prédéfini, en fonction des événements qui peuvent se produire : accidents, incidents, ondes de choc. Cette régulation doit prendre en compte autant que possible l'augmentation des trafics.

Principes de réalisation

- Information des usagers à distance sur les incidents et bouchons, et éventuellement sur les temps de trajet
- Régulation de vitesse par affichage de vitesses recommandées sur PMV
- Guidage des conducteurs vers d'autres itinéraires en cas de forte congestion

Recueil de données

- Surveillance du niveau de trafic à partir des paramètres fondamentaux: Q, V, T.O; mesurés à intervalles réguliers
- DAI
- Mesures de temps de trajet

Performances demandées

Les performances demandées par les exploitants semblent compatibles avec les capacités des capteurs disponibles sur le marché.

Besoins non satisfaits en matière de recueil

4.5 Régulation d'accès sur autoroute

Objectif

Maintenir la fluidité du trafic sur l'autoroute en réglant les débits admis au niveau des rampes d'accès, et en incitant éventuellement les conducteurs à emprunter des itinéraires de substitution.

Principes de réalisation

- information des usagers en amont de la rampe par PMV ou radio sur les conditions de trafic sur l'autoroute, les incidents éventuels, les temps de trajet ..etc..
- régulation des entrées sur l'autoroute à l'aide de feux de signalisation

Recueil de données

- mesure des conditions générales de trafic -Q, V, T.O.- sur l'autoroute en amont et en aval des rampes d'accès
- éventuellement mesure des temps de trajet
- reconstitution des matrices O/D
- DAI et détection des bouchons (DAB) sur l'autoroute en aval des rampes à contrôler
- mesure de la demande au niveau des rampes d'accès
- mesure des longueurs de queues sur les rampes

Performances demandées

Besoins non satisfaits en matière de recueil

La détermination des matrices O/D est une opération relativement lourde pour laquelle il serait intéressant de trouver des solutions plus faciles à mettre en œuvre.

4.6 Exploitation de voies à sens alternés

Objectifs

Tirer parti des déséquilibres de trafic pouvant survenir dans la journée, notamment entre heures de pointe du matin et du soir, et adapter au mieux la capacité d'une artère donnée en affectant l'une de ses voies alternativement à chacun des sens de circulation.

Principes de réalisation

Généralement le sens de circulation est indiqué par des panneaux d'affectation de voies affichant l'ouverture ou la fermeture de la voie tantôt dans un sens, tantôt dans l'autre. Il convient de passer par une phase de fermeture dans les 2 sens, le passage de la fermeture à l'ouverture se faisant quand on est assuré que la voie est vide.

Dans d'autres cas, notamment quand il s'agit d'autoroutes, il est nécessaire de mettre en œuvre des barrières matérielles amovibles pour bien protéger le sens de circulation autorisé.

Recueil de données employé

L'observation de l'état d'occupation de la voie en exploitation alternée peut se faire visuellement par caméras TV. L'automatisation du processus supposerait que l'on atteigne un niveau très élevé de sécurité dans la détection de présence de véhicules, qui est loin d'être garanti actuellement.

Performances demandées

Taux de détection très élevé de la présence de véhicules dans la voie concernée.

Besoins non satisfaits

Sécurité des procédés d'analyse d'image.

4.7 Sécurité de la circulation en tunnel

Objectifs

Eviter de mettre en péril les conducteurs dans les tunnels. Le risque principal à éviter est l'incendie.

Principes de réalisation

Détection systématique de l'apparition de feux ou de fumées.

Attention particulière apportée à la prévention des collisions ou autres accidents qui peuvent être générateurs d'incendies.

Recueil de données employé

Voir fiche « Sécurité anticollision ». Le recueil de données pour la DAI et la détection de bouchons est particulièrement dense dans les tunnels.

Différents moyens peuvent être employés pour la détection de feux ou de fumées. Outre les détecteurs classiques employés couramment dans le bâtiment, quelques dispositifs innovants sont à l'étude:

- surveillance de la température le long du tunnel par fibre optique
- détection de fumées par caméra vidéo

Performances demandées

Taux de détection de bouchons ou de DAI voisin de 100%.

Besoins non satisfaits

4.8 Répression des infractions

Objectifs

Il existe de nombreuses infractions au code de la route qu'il peut être utile de pouvoir détecter automatiquement pour pouvoir faciliter leur répression et surtout dissuader les conducteurs de récidiver.

Principes de réalisation

Il convient d'abord de détecter l'infraction. Cette détection peut aboutir:

- à une prise de vues du véhicule et de sa plaque minéralogique pour poursuite ultérieure
- à une alerte adressée au conducteur intéressé par l'affichage d'un message sur un PMV. Avec le développement des systèmes de lecture automatique de plaques cette alerte peut même être personnalisée.

Les différentes classes d'infractions pour lesquelles on peut envisager des moyens de détection au sol sont:

- dépassement des vitesses maximales réglementaires
- violation de feu rouge
- violation de stop
- intervalle trop réduit avec le véhicule précédent
- franchissement de lignes continues
- circulation illicite dans une voie réservée
- stationnement illicite
- dépassement des temps réglementaires de conduite pour les PL
- défaut d'éclairage
- défaut de gonflage des pneus
- dépassement de la charge autorisée à l'essieu

Recueil de données employé

Les moyens de détection varient avec le type d'infraction considéré.

- vitesse: la plupart des moyens évoqués dans la fiche « mesure de vitesse » peuvent être et sont employés: double boucle, radar Doppler, lecture automatique de plaques p.ex. Il existe par ailleurs des équipements portables fondés sur des mesures radar ou laser, qui sont mis à la disposition de la police. Ils sont soumis à des contraintes spécifiques de précision: celle-ci doit rester dans des limites convenables, de l'ordre de 5% au maximum, et ces limites doivent être rigoureusement contrôlées et homologuées pour ne pas donner lieu à contestation.
- violation de feu rouge: sa détection repose en général sur la mise en place d'un dispositif à 2 boucles ou d'un radar au droit de la ligne d'arrêt permettant la détection du passage d'un véhicule et de sa vitesse; si celle-ci excède un certain seuil le véhicule est censé franchir le feu rouge et une photo est prise pour confirmer l'infraction et identifier le véhicule.
- violation de stop: sa détection est délicate car il faut reconnaître l'arrêt complet d'un véhicule dans la zone précédent le feu. Il n'existe pas à notre connaissance de réalisation opérationnelle. L'IRT avait réalisé une maquette dans les années 80, reposant sur une mesure de présence et de vitesse sur 2 boucles placées en amont de la ligne de stop.
- intervalle trop faible entre véhicules: voir fiche « mesure d'intervalles intervéhiculaire ».
- franchissement de ligne continue: pas de réalisation opérationnelle. Un dispositif expérimental avait été réalisé par l'IRT dans les années 70, fondé sur l'utilisation de séries de boucles le long de la ligne continue permettant de détecter la présence et le sens de marche du véhicule.
- circulation illicite dans une voie réservée: cette infraction intéresse particulièrement les voies pour bus. Plusieurs expériences sont menées en Grande Bretagne par la société Golden River avec utilisation de dispositifs vidéo, soit fixes, soit embarqués. La détection d'un VL dans la voie entraîne une prise de vues transmise à un système de lecture automatique de plaques. Après vérification que le

numéro du véhicule ne figure pas dans une liste « blanche » de véhicules autorisés, ce numéro est affiché avec un message d'alerte en extrémité de voie réservée.

- stationnement illicite: sous cette rubrique on peut distinguer plusieurs cas. Le premier et le moins grave est le stationnement sur un emplacement licite, mais au-delà de la durée autorisée. Il n'existe pas de dispositif automatique de relevé de cette infraction, bien que la Ville de Paris ait fait quelques recherches sur ce thème dans les années 70. La tendance semble maintenant plutôt de développer dans les villes la présence d'agents chargés autant de conseiller et d'accueillir les usagers que de sanctionner les infractions.

Le 2ème cas concerne le stationnement en zone interdite, et notamment le stationnement en pleine voie qui peut avoir des répercussions aussi bien sur la capacité de la voirie que sur la sécurité. La détection peut être réalisée par vidéo, mais il ne semble pas que des réalisations opérationnelles aient vu le jour jusqu'à présent.

- Dépassement du temps réglementaire de conduite pour les PL: cette infraction est normalement relevée sur les enregistreurs de bord (chronotachygraphes). Il est possible cependant de la détecter par des moyens au sol: utilisation des données de péages autoroutiers, dispositifs vidéo de reconnaissance de PL et de lecture automatique de plaques. Ce dernier dispositif est mis en œuvre en Australie, sur le réseau autoroutier de Nouvelles Galles du Sud, et permet d'attirer l'attention des forces de police sur les PL à contrôler.

- défaut d'éclairage: personne ne semble avoir envisagé de détecter automatiquement ce type de défaut, mais cette détection pourrait sans doute être réalisée par analyse vidéo.

- défaut de gonflage: quelques études ont été faites à l'INRETS dans les années 80 sur la possibilité de réaliser un dispositif « mains libres » permettant de signaler aux automobilistes lors d'un arrêt dans une station service que leurs pneus sont insuffisamment gonflés. Il n'existe pas de réalisation opérationnelle pour l'instant, et il est probable qu'une solution embarquée prendra le pas sur une tel équipement fixe.

- dépassement de la charge à l'essieu: voir fiche « pesage ».

Performances demandées

Pour l'instant les seuls dispositifs opérationnels concernent la vitesse et le franchissement de feux au rouge. Les performances exigées ne sont pas clairement explicitées. Nous avons vu que pour la vitesse il s'agit surtout de garantir une limite d'erreur maximale. Dans le cas des feux rouges la prise de vues permet de confirmer l'existence de l'infraction.

Besoins non satisfaits

Les principales demandes concernent la vitesse, les feux rouges et la distance intervéhiculaire. Il existe des dispositifs de recueil pour chacune de ces infractions, et il ne semble pas qu'il y ait de gros besoins de recherche dans ce domaine.

Le seul problème parfois évoqué est le coût des équipements qui constitue un frein à leur utilisation.

4.9 Péage autoroutier

Objectif

Prélèvement de redevances pour la circulation sur un trajet autoroutier. Ces redevances sont en général fonction de la distance parcourue, de la classe du véhicule intéressé, et parfois de la période.

Principes de réalisation

Le système de péage peut être de type ouvert ou fermé.

Il peut être manuel ou automatique.

Les péages automatiques peuvent être de type monovoie ou multivoies.

D'autres principes de péage sont également envisagés:

- péages fondés sur une localisation des véhicules par GPS, et communication véhicules-sol par GSM
- « péage fantôme » (« shadow tolling ») dans lequel la société privée qui gère l'autoroute se fait payer directement par l'Etat en fonction du trafic enregistré, et non par les automobilistes.

Recueil de données

Quel que soit le type de péage, il existe généralement un recueil de données destiné à éviter les fraudes les plus courantes des usagers ou des péagistes:

- détection de passage des véhicules
- détermination de la classe du véhicule.

Selon les pays il existe différents modes de classification qui peuvent exiger des moyens de recueil différents.

Dans les péages automatiques les principales fraudes à éviter sont:

- le passage d'un véhicule non muni de badge
- le passage d'un véhicule muni d'un badge ne correspondant pas à sa catégorie.

Dans les systèmes monovoie le mode de vérification est peu différent de celui rencontré dans les péages manuels.

Il est un peu plus complexe dans le cas des péages multivoies.

Enfin les péages « fantômes » exigent un comptage et une classification très précise des véhicules qui empruntent l'autoroute.

Performances demandées

- Détection > 99 %
- Classification > 95 %
- Temps de réponse : 10 s

Besoins non satisfaits en matière de recueil

La surveillance des fraudes dans les péages automatiques multivoies n'est pas résolue.

4.10 Gestion du stationnement

Objectifs

Faciliter pour les conducteurs l'accès à des places de stationnement, et limiter les fraudes.

Principes de réalisation

Cette fonction recouvre différents aspects:

- ◆ guidage des usagers vers les parkings urbains, impliquant une surveillance de l'état de remplissage de ces parkings
- ◆ surveillance du stationnement sur la voirie
- ◆ aide à la perception des taxes de stationnement.

Recueil de données employé (voir fiche « mesure d'infractions »)

- ◆ le taux de remplissage des parkings peut se mesurer de différentes façons. On peut procéder à des comptages/décomptages aux entrées/sorties à l'aide de capteurs classiques de comptage: boucles, cellules photoélectriques p.ex.: c'est le moyen le plus couramment employé dans les parkings couverts disposant de voies d'accès bien délimitées. On peut également observer directement l'occupation des places à l'aide de caméras TV et de systèmes d'analyse d'images: ce procédé est plutôt envisageable pour les parkings en plein air qui permettent l'implantation de caméras sur des points élevés.
- ◆ la surveillance du stationnement sur la voirie vise plutôt le stationnement interdit et le stationnement pleine voie qui peuvent avoir des répercussions sur le trafic et sa sécurité. Cette surveillance peut être assurée par des dispositifs d'analyse d'images vidéo.
- ◆ la lutte contre les fraudes et les vols de véhicules dans les parkings peut-être favorisée par l'utilisation de dispositifs de lecture automatique de plaques aux entrées-sorties.

Performances demandées

Besoins non satisfaits

4.11 Sécurité des passages à niveaux

Objectifs

Détecter, ou éviter, la présence de véhicules bloqués, ou d'autres obstacles sur un passage à niveau (PN) à l'approche d'un train.

Principes de réalisation

La méthode la plus courante pour protéger les passages à niveau consiste à interdire physiquement le franchissement à l'aide de barrières. Le feu rouge clignotant ou le signal sonore sont des signaux de présignalisation qui pourraient se suffire à eux-mêmes..

Ces moyens n'empêchent cependant pas toujours un véhicule de rester bloqué sur le PN au passage d'un train. Pour éviter une collision la solution consiste à détecter la présence de cet obstacle et de déclencher en urgence de façon automatique ou manuelle un arrêt du train.

Recueil de données employé

Des expériences ont été menées par des réseaux de chemin de fer sur différents moyens de détection utilisables:

- ◆ radars
- ◆ vidéo
- ◆ boucles inductives

Performances demandées

- ◆ délai de détection aussi rapide que possible, de l'ordre de la seconde
- ◆ taux de détection à 100 %
- ◆ taux de fausses alarmes draconien de l'ordre de 10^E-5 à 10^E-6

Besoins non satisfaits

Les sociétés de chemin de fer sont intéressées par une telle protection, mais sont très soucieuses des fausses alarmes qui pourraient perturber gravement leur exploitation. Il semble qu'actuellement aucun système ne soit réellement opérationnel, et que les recherches doivent se poursuivre sur ce thème.

4.12 AICC et Autoroute automatique

Objectifs

Ces 2 fonctions ont pour objet d'apporter une aide à la conduite:

- ◆ - l'AICC s'intéresse à la conduite en file, et vise à réduire les risques de collision par l'arrière en donnant au conducteur le moyen de mieux apprécier la distance et la vitesse relative du véhicule qui le précède. La détection d'un risque peut soit commander une alarme, le conducteur gardant l'entière responsabilité de la conduite, soit commander automatiquement une action de freinage du véhicule. Dans tous les cas le conducteur doit assurer le maintien du suivi de la voie.
- ◆ - dans l'autoroute automatique les 2 fonctions de suivi de la voie, et de prévention des collisions avec les véhicules précédents sont assurées automatiquement, et le conducteur n'a rien à faire, au moins tant qu'il reste sur la même voie.

Principes de réalisation

Il existe de nombreuses variantes dans la réalisation de ces fonctions, et notamment de l'autoroute automatique.

Les 2 fonctions ont en commun de mettre en œuvre des dispositifs de type radar pour la mesure des interdistances et des vitesses relatives des véhicules dans une file.

Recueil de données employé

En principe ces 2 fonctions reposent essentiellement sur du matériel embarqué. Toutefois les radars, ou les lasers, ont une limitation liée à la propagation des ondes électromagnétiques hyperfréquences en ligne droite: ils ne peuvent, pas plus d'ailleurs que l'œil humain, détecter des obstacles dans les zones sans visibilité - courbes à fort rayon de courbure ou hauts de côtes- et leur portée est par conséquent limitée dans ces zones.

Deux solutions sont envisageables pour remédier à cette situation:

- ◆ - réduire la vitesse des véhicules dans ces zones, comme il est d'ailleurs conseillé de le faire dans le code, pour qu'elle soit compatible avec les conditions de visibilité. Ceci suppose l'existence de liaisons sol-véhicules, ou des dispositifs de navigation embarqués dotés d'une capacité de localisation très précise.
- ◆ - disposer des équipements de détection dans la zone sans visibilité, et avertir les conducteurs en aval de la présence d'un obstacle éventuel: ce sujet est traité dans la fiche «détection de queues et bouchons ».

Performances demandées

Une très grande précision du dispositif de détection n'est pas nécessaire, mais il est essentiel de connaître la valeur maximale des erreurs qu'il peut commettre, de façon à prévoir une marge de sécurité appropriée.

La sécurité de la détection est également essentielle.

Besoins non satisfaits

Peu de travaux ont été menés jusqu'à présent sur le thème de la sécurité de la détection. Dans la mesure où celle-ci interviendrait dans des systèmes complètement automatiques, dans lesquels la responsabilité du gestionnaire d'infrastructure est totalement engagée, cette question ne peut pas être esquivée, et devrait faire l'objet d'une étude approfondie.

4.13 Sécurité anticollision

Objectifs

Eviter les collisions entre véhicules dans les zones et circonstances où elles se produisent le plus fréquemment: circulation en file, zones sans visibilité, carrefours.

Principes de réalisation

Ils dépendent de l'application envisagée:

- ◆ circulation en file: il s'agit d'inciter les conducteurs à respecter des intervalles convenables. L'utilisation de moyens au sol est possible, sur la base de mesures évoquées dans la fiche « Mesure d'intervalles intervéhiculaires » et de messages d'alerte affichés sur des PMV, mais ne peut être que limitée à des zones particulièrement critiques. Une surveillance continue des intervalles pratiqués par les conducteurs ne peut s'envisager qu'avec des équipements embarqués (AICC).
- ◆ protection de zones sans visibilité, telles que courbes ou sommets de côtes: ce sujet est évoqué dans la fiche « mesure de longueurs de queues et de bouchons ». Une telle protection est appliquée sur le réseau autoroutier de Tokyo (..).
- ◆ anticollision aux carrefours: jusqu'à nouvel ordre les meilleures protections que l'on ait trouvées sont les feux, les ronds-points et les stops, assorties éventuellement de dispositifs de détection d'infractions. Plusieurs grands programmes, tels que PROMETHEUS, ont envisagé l'éventualité de développer des moyens fondés sur une communication sol-véhicules. Ces moyens supposent cependant que l'on puisse détecter à coup sûr l'arrivée d'un ou plusieurs véhicules sur un carrefour et soulèvent la question de la sécurité de la détection qui ne semble pas avoir été abordée jusqu'à présent dans le domaine routier. Il n'est pas sûr que de telles solutions soient supérieures aux solutions traditionnelles sur le plan du coût et de l'efficacité.

Recueil de données employé

La 1^{ère} application peut faire appel à n'importe quel type de capteur de passage (boucle, US, infrarouge, etc.).

Pour la 2^{ème} application l'utilisation de caméras TV paraît plus appropriés, mais des capteurs « ponctuels » suffisamment rapprochés peuvent permettre de détecter avec une assez bonne précision la queue d'un bouchon.

La 3^{ème} application demanderait certainement une redondance de moyens de détection pour répondre aux exigences de sécurité évoquées ci-dessus.

Performances demandées

Besoins non satisfaits

4.14 Information routière

Objectif

Fournir aux conducteurs des informations sur la situation générale du trafic dans la zone dans laquelle ils circulent et sur les difficultés de circulation et obstacles éventuels qu'ils peuvent rencontrer

Principes de réalisation

L'information routière implique 3 sous-fonctions:

- le recueil de données sur le trafic
- le traitement de ces données localement ou dans un PC et l'élaboration des informations à fournir aux conducteurs
- la diffusion de ces informations qui peut se faire par divers moyens: téléphone, radio, PMV...etc...

Recueil de données

Il porte sur les divers aspects qui peuvent intéresser le conducteur

- niveau général de trafic, déterminé par des stations de mesure fournissant Q, V, T.O sur les principaux axes- zones de congestion
- incidents, accidents, DAI
- temps de trajet
- conditions météorologiques

Performances demandées

Besoins non satisfaits en matière de recueil

La principale difficulté est liée à la taille du réseau routier et autoroutier. Si les parties les plus fréquentées de ce réseau, situées en grande partie dans les zones urbaines et suburbaines, sont en général bien équipées, il serait difficile et coûteux d'implanter un réseau de capteurs sur l'ensemble des routes de rase campagne.

La surveillance de ce réseau nécessite des solutions adaptées: rôle actif des conducteurs, surveillance aérienne.

4.15 Guidage dynamique

Objectif

Fournir au conducteur des informations sur l'état de la circulation dans la zone qui l'intéresse, et lui donner des recommandations sur le meilleur itinéraire à suivre pour atteindre sa destination.

Principes de réalisation

Comme l'information routière, le guidage implique diverses sous fonctions:

- recueil de données sur le trafic
- traitement de ces données
- élaboration de l'itinéraire à conseiller
- diffusion de ces informations vers les conducteurs
- présentation de l'information au conducteur.

Il existe 2 formes de guidage:

- le guidage centralisé, dans lequel les calculs d'itinéraires optimaux sont faits dans un PC ou une station au sol et transmis aux conducteurs : c'était le principe du système ALI-SCOUT
- le guidage décentralisé, dans lequel le calcul du meilleur itinéraire se fait à bord: dans ce cas le sol ne transmet que des informations sur l'état du trafic sur les différents chaînons du réseau.

Recueil de données

Les données à recueillir sont les mêmes que pour la fonction « information ». Cependant comme elles doivent se traduire, au moins dans les systèmes centralisés, par des conseils aux conducteurs, elles nécessitent plus de fiabilité et de précision que pour l'information routière.

Les données essentielles à évaluer pour les calculs d'itinéraires sont les données «vitesse » ou « temps de trajet ».

Performances demandées

Une précision de l'ordre de 10% sur les mesures de temps de trajet semble satisfaire les exploitants;

Besoins non satisfaits en matière de recueil

Prédiction des temps de trajet en milieu urbain.

Prédiction à moyen terme des temps de trajet

4.16 Gestion de l'intermodalité

Objectifs:

Faciliter pour les usagers le choix du mode de transport optimal pour assurer les trajets désirés.

Favoriser l'usage des transports en commun et le renoncement à l'usage systématique de la voiture particulière.

Principes de réalisation

La gestion intermodale des transports suppose

- ◆ un accord entre les différents exploitants intéressés, de la voirie, et des différents modes de transport en commun disponibles, voire des compagnies de taxis
- ◆ la mise en commun entre ces exploitants de bases de données sur les conditions de circulation et de transport sur leurs réseaux respectifs: plans de réseaux, état du trafic routier, temps de trajet, horaires des TC, perturbations éventuelles, etc. et la mise en place d'un organisme de coordination chargé de gérer ces données
- ◆ la mise en place d'un système d'information aux usagers pouvant emprunter différents supports: panneaux ou tableaux d'annonces, kiosques d'information automatiques ou manuels, Internet, répondeurs vocaux, chaînes radio...etc..

Recueil de données employé

Du point de vue du trafic routier les données à recueillir sont les mêmes que celles servant pour la fonction information/guidage.

Performances demandées

Besoins non satisfaits

Ce besoin est avant tout un besoin collectif à long terme. Il est probablement difficile à définir et la rentabilité des opérations également difficile à démontrer. Quelques réticences existent au niveau de la mise en commun d'informations objectives qui pourraient être rediffusées vers les usagers, comme par exemple le vrai temps de trajet ou le coût exact d'utilisation d'un véhicule privé.

4.17 Sécurité des piétons

Objectifs

Eveiller l'attention des conducteurs quand un risque de collision avec des piétons se présente.
Prendre en compte la protection des piétons dans la régulation du trafic.

Principes de réalisation

La surveillance permanente des risques de collision avec des piétons en milieu urbain ou sur route relève davantage d'équipements embarqués de type radar que de capteurs au sol. Dans certaines zones sensibles, telles que les sorties d'écoles, la présence de piétons sur la chaussée pourrait être détectée, et signalée par des signaux d'alerte aux automobilistes.

La régulation du trafic prend déjà en compte la protection des piétons avec les feux qui leur sont spécifiques. Un allongement de la durée des feux piétons sur détection de présence pourrait être utile à certains usagers lents ou handicapés.

Recueil de données employé

Voir fiche « Mesure- détection de piétons ».

Performances demandées

Besoins non satisfaits

Pas de détecteur éprouvé actuellement

4.18 Protection d'ouvrages d'art

Objectifs

Eviter la dégradation d'ouvrages tels que ponts ou tunnels par des véhicules dont les caractéristiques excèdent celles admissibles par ces ouvrages.

Principes de réalisation

Les principales caractéristiques pouvant intervenir sont:

- ◆ la hauteur pour les tunnels
- ◆ la largeur pour certains ponts ou tunnels
- ◆ le poids pour les ponts

Recueil de données employé

Voir fiches « Mesure » sur le poids et le gabarit

Performances demandées

Besoins non satisfaits

4.19 Maintenance de la chaussée

Objectifs

Fournir aux services chargés de l'exploitation de la chaussée les données permettant d'assurer une planification optimale des opérations d'entretien, périodiques, ou épisodiques.

Principes de réalisation

- ◆ un élément important pour la prévision des besoins de réfection périodique des chaussées est la connaissance du trafic qui y circule, particulièrement du trafic PL
- ◆ un autre aspect important de la maintenance est l'entretien hivernal, et le déclenchement des opérations de salage, qui nécessite une bonne connaissance des risques de chutes de neige ou de formation de verglas. Il s'agit de faire le meilleur usage possible des moyens d'épandage, et des produits de salage qui sont coûteux et agressifs pour les carrosseries.
- ◆ enfin les services de maintenance peuvent être appelés suite à des dégradations locales et limitées de la chaussée.

Recueil de données employé

3 types de recueil peuvent être employés:

- ◆ des stations de mesure de Q, V, et de classification des véhicules qui fournissent l'appareil statistique pour la planification des opérations périodiques
- ◆ un recueil de données météorologiques par des capteurs fixes (voir fiche « mesure des conditions météorologiques »)
- ◆ un recueil de données par des véhicules de patrouille équipés de moyens de mesure: thermomètres infrarouge pour une cartographie thermique de la chaussée, analyseurs des propriétés réfléchissantes de la chaussée pour détecter neige ou verglas, analyse d'image pour détecter des dégradations, capteurs de vibrations ..etc..

Performances demandées

Pas très sévères

Besoins non satisfaits

4.20 Surveillance de l'état du conducteur

Objectifs

Déterminer des états anormaux du conducteur liés à la fatigue, à l'absorption d'alcool ou de barbituriques, ou à tout autre cause, et pouvant provoquer une conduite dangereuse pour lui-même ou pour les autres.

Principes de réalisation

Ce thème fait l'objet de nombreuses recherches portant sur la mise au point de dispositifs embarqués de surveillance du conducteur ou de son mode de conduite: seuls des dispositifs embarqués permettent une surveillance continue de l'état du conducteur.

Il est possible toutefois de détecter à partir de capteurs externes l'effet de ces états anormaux, lorsqu'ils se traduisent par un comportement anormal du véhicule.

Recueil de données employé

Un recueil de données au sol ne permet qu'une surveillance locale, ou par échantillonnage, et a moins d'efficacité qu'une surveillance embarquée. Parmi les comportements anormaux pouvant être observés à partir du sol, citons :

- les dépassements de vitesses limites, observables par des capteurs radars ou des paires de boucles,
- les changements de voies trop brusques, les intervalles intervéhiculaires trop faibles, les têtes-à-queues observables notamment grâce aux capteurs vidéo.

Performances demandées

Besoins non satisfaits

4.21 Etudes, Recherches, Evaluations, Statistiques

Objectifs

Les objectifs des études et recherches en matière d'exploitation de trafic sont par définition très changeants, et il est difficile d'établir une fiche sur les besoins qu'elles suscitent en matière de recueil de données. Nous nous limiterons par conséquent ici à considérer les besoins liés à l'alimentation des bases de données statistiques, qui ont un caractère plus permanent, avec notamment les objectifs suivants:

- Recherche d'une adéquation optimale entre offre et demande
- Programmation et hiérarchisation de nouveaux tracés
- Planification des opérations d'entretien
- Calcul du nombre total de km parcourus par type de réseau
- Calcul des indices d'évolution de la circulation routière
- Calculs des taux d'accidents
- Modélisation des nuisances bruit et pollution
- Suivi des politiques d'exploitation, de répression ...
- Base des études méthodologiques

Principes de réalisation

Dans l'ordre, ces bases de données portent d'abord sur les débits, puis sur les débits classifiés (VL/PL) et sur les vitesses.

Recueil de données employé

Ce recueil est fondé surtout sur des mesures réalisées de façon permanente par les stations SIREDO. Les sociétés concessionnaires d'autoroutes utilisent soit des stations SIREDO soit d'autres stations.

Performances demandées

Les performances demandées sont d'une façon générale compatibles avec celles des capteurs existants.

Besoins non satisfaits

On peut considérer que ces besoins spécifiques sont satisfaits.

5 Fiches d'enquêtes

5.1 Administration centrale

- Quelle est la politique générale en matière d'exploitation et de recueil de données ?
- Est-il prévu une intensification du recueil de données ?
- Qu'est-il envisagé après le schéma directeur actuel (quel horizon ?) , après CORALY, ERATO, MARIUS, ... ?
- En gestion de VRU, ou de réseau national, y aura-t-il une densification du recueil de données ?
- Quelles sont les fonctions qui sont à privilégier à court et moyen terme (maintien de viabilité, gestion des flux, aide au déplacement,) ?
- Quelle est l'évolution des budgets en matière d'exploitation de la route ?
- Quels sont les principaux projets pour les prochaines années ?
- Définir l'intérêt pour la recherche sur le recueil de données ?
- Quelles sont les perspectives en matière de partenariats public/privé ?
- Préciser l'évolution de la réglementation en matière de recueil privé de données ?
- Position en matière de répression et évolution de la réglementation ?
- Politique en matière de protection de l'environnement et de restrictions éventuelles de la demande ?
- Et après SIREDO ?
- Pour votre usage de recueil de données, qu'attendez-vous (que pensez-vous) de l'utilisation possible du matériel embarqué ?

5.2 Exploitants d'autoroutes

- Situation actuelle du recueil de données ?
- Perspectives d'évolution: va-t-on vers une plus forte densité des équipements de recueil ?
- Quelle est l'évolution des types de mesures pratiquées ?
- Fonctionnement des boucles : disponibilité ? maintenance ? fournisseurs ?
- Intérêt pour des systèmes non intrusifs, notamment la vidéo ?
- Intérêt pour la surveillance météo : indiquer la situation actuelle, définir les besoins ?
- Evolution des équipements de péage et du recueil associé.
- Utilisation du péage pour le recueil de données (OD, temps de parcours, etc.) ? et pour l'échange d'informations (information, etc.) ?
- Intérêt pour la lutte contre les infractions, le vandalisme ?
- Besoins en matière de nouveau moyens de recueil de données ; performances recherchées ?
- Problèmes spécifiques posés par les zones à risques (ponts, viaducs, tunnels) ?
- Besoin en matériel de recueil de données mobile ?
- Pour votre usage de recueil de données, qu'attendez-vous (que pensez-vous) de l'utilisation possible du matériel embarqué ?

5.3 Exploitants de la route; périurbain

- Quel est votre système de recueil de données actuel ?
- Perspectives d'évolution: va-t-on vers une plus forte densité des équipements de recueil ?
- Quelle est l'évolution des types de mesures pratiquées ?

- Fonctionnement des boucles : disponibilité ? maintenance ? fournisseurs ?
- Intérêt pour des systèmes non intrusifs, notamment la vidéo ?
- Intérêt pour la surveillance météo : indiquer la situation actuelle, définir les besoins ?
- Intérêt pour la lutte contre les infractions, le vandalisme ?
- Besoins en matière de nouveau moyens de recueil de données ; performances recherchées ?
- Problèmes spécifiques posés par les zones à risques (ponts, viaducs, tunnels) ?
- Besoin en matériel de recueil de données mobile ?
- Pour votre usage de recueil de données, qu'attendez-vous (que pensez-vous) de l'utilisation possible du matériel embarqué ?

5.4 Exploitants urbains

- Préciser la situation actuelle et les évolutions prévues en matière de recueil de données ?
- Quelles sont les tendances des systèmes de régulation de trafic ? Y a-t-il un intérêt pour le temps réel ?
- Sur le fonctionnement des boucles inductives : Indiquer les performances, le taux d'indisponibilité, les coûts d'installation et de maintenance, les fournisseurs ?
- Problèmes soulevés par les transmissions
- Intérêt pour les systèmes non intrusifs ?
- Usage des caméras vidéo: sans ou avec traitement d'image ? dans quel but ? pour quelle fonction ?
- Performances attendues des systèmes de recueil de données
- Intérêt pour les systèmes d'information/guidage ; Besoins particuliers en matière de recueil de données ?
- Politique en matière d'infractions : feux, stationnement, voies réservées ?
- Politique en matière de maîtrise de la demande ?
- Stratégie de gestion des nuisances (sonores, pollutions) ?
- Quels sont les besoins actuellement non ou mal couverts en matière de recueil ?
- Besoin en matériel de recueil de données mobile ?
- Traitement du vandalisme ?
- Pour votre usage de recueil de données, qu'attendez-vous (que pensez-vous) de l'utilisation possible du matériel embarqué ?

5.5 Constructeurs

- Description du catalogue en terme de recueil de données ?
- Part de marché actuel des équipements de recueil national ? à l'international ?
- Perspectives d'évolution de ce marché (national, international) ?
- Identification de la concurrence (national, international) ?
- Intérêt pour les systèmes non intrusifs ?
- Besoins de recherche et d'aide au développement ?
- Comment voyez-vous les besoins des exploitants ?

5.6 Services d'étude et de recherche

- Comment voyez-vous les besoins des exploitants en matière de recueil ?
- Projets de R&D en matière de recueil de données ? motivations ?
- Technologies innovantes ?
- Expérimentations et/ou évaluations récentes ou en cours ?

- Position sur l'ensemble des technologies de capteurs et sur le recueil de données pour les fonctions d'exploitation ?
- Pour votre usage de recueil de données, qu'attendez-vous (que pensez-vous) de l'utilisation possible du matériel embarqué ?

5.7 Opérateurs privés de système d'information

- Avec quelles données travaillez-vous actuellement ?, Quelles sont les sources de données ?
- Problèmes soulevés par les sources actuelles ?
- Envisagez-vous un recueil de données privé ? (type TrafficMaster)
- Avez-vous développé des capteurs spécifiques ?
- Pour votre usage de recueil de données, qu'attendez-vous (que pensez-vous) de l'utilisation possible du matériel embarqué ?
- Description du partenariat public / privé pour l'achat / vente des données ?

6 Comptes-rendus d'entretiens

S. COHEN - INRETS

J.C. SANTUCCI – DREIF/SIER

B. BRIET - Ville de Paris

G. LEMAITRE - CETE Méditerranée

Y. GUENIOT - DSCR

S. SELLAM - CITILOG

M. MAIQUES – CRICR de Marseille

M. BATES - SIAT

M. HEDDEBAUT – INRETS/LEOST

J.B. LESORT – INRETS/LICIT

E. VIOLETTE - CETE Normandie Centre

C. FRANCOISE - DDE 31

JL MELIQUE - ASF District de Toulouse

P. LAFFONT, S. MATHIEU, A. BLAQUIERE - Service Circulation Ville de Toulouse

M. JACQUEMIN - Communauté Urbaine du Grand Nancy

B. JACOB - LCPC

M. MAEDER - ECM

D. STANCZYK et A. METZELER - CETE de l'Est

Ch. TARPIN – Médiamobile

M. ESTIVAL – STERELA

J.M. BOISSEAU – COFIROUTE

M. DARME - SEMVAT

6.1 Entretien avec S. COHEN - INRETS- 5/05/99

1- Comment voit-il les besoins des exploitants?

S.C. connaît surtout les exploitants d'autoroutes. Ceux-ci recherchent la facilité et la simplicité d'exploitation: données fiables, faciles à traiter, suffisamment denses pour avoir une bonne idée de la situation sur leur réseau.

En interurbain le recueil porte sur Q, V, T.O. On n'y fait pas de DAI, mais certaines sociétés commencent à s'intéresser aux temps de trajet longue distance pour les périodes chargées. Il faut noter que les autoroutes interurbaines sont fluides la plus grande partie de l'année, et connaissent des problèmes 15 à 20 jours/an.

Leurs attitudes sont cependant différentes (en partie de propos délibéré, pour ne pas faire comme le voisin).

ASF a beaucoup étoffé son recueil de données, et dispose sur plusieurs centaines de km, sur A7 et A9, de stations tous les 4km, dont quelques stations de classification HESTIA. Des expériences auxquelles S.C a participé montrent qu'avec cet équipement il est possible de faire de bonnes évaluations de temps de trajet, avec une précision proche de 10%. On se sert uniquement de mesures moyennes sur V, toutes les 6 minutes, sans historique. (voir éventuellement B. Fère- ASF).

SAPRR se contente d'une densité minimale de stations, avec un espacement de l'ordre de 20 à 30 km, mais procède à des expériences sur des capteurs nouveaux: radar BEATRIX, analyse vidéo Traficon. Elle commence à s'intéresser à l'évaluation des temps de trajet longue distance, essentiellement à partir des données de stations de péage.

ESCOTA s'est équipée de façon hétérogène: boucles sur une partie du réseau, vidéo sur une autre, ce qui soulève d'importants problèmes de mise en conformité des données. S.C estime qu'il est préférable de disposer d'un recueil homogène.

Un besoin commun à toutes les sociétés est de disposer de véhicules équipés en « véhicule flottants », avec moyen de localisation, pour vérifier et calibrer les méthodes de calcul de temps de trajet.(cf véhicule MITAN du CERTU).

2- Tendances:

A priori la tendance est à la densification du recueil. C'est ainsi qu'en Grande Bretagne il est réglementaire pour toute infrastructure nouvelle de prévoir des stations tous les 500 m.

On doit noter aussi que l'idée de substituer de l'électronique à de l'infrastructure commence à se faire jour en France, par exemple en ouvrant les BAU à la circulation en périodes de congestion, ce qui suppose une diminution des largeurs de voies, et par conséquent des mesures d'exploitation efficaces.

3- Performances

Les performances des boucles sont suffisantes pour répondre aux besoins des exploitants, au moins en interurbain.

La vidéo marche également bien en section courante. Mais elle rencontre des difficultés dans des configurations plus complexe: zones de jonctions, d'échangeurs, à fort rayon de courbure.

4- Avis sur les différents aspects du recueil

- *capteurs non intrusifs*: intéressants, mais n'assurent pas toutes les mesures réalisées par les boucles. Ils ont des problèmes de disponibilité liés aux conditions météorologiques, ce qui est gênant pour la plupart des études qui demandent une continuité du recueil. Par ailleurs les exploitants craignent le vandalisme.

- *classification*: peu importante en urbain, bien qu'il serait intéressant pour le SIER d'avoir des informations sur les pourcentages de PL; par contre les PL jouent un rôle fondamental dans le trafic interurbain. On commence à envisager de discriminer les messages affichés selon les voies (voies PL et VL).

Les autoroutes concédées sont équipées d'un certain nombre de stations HESTIA, qui fournissent des données très fines (Q,V) pour chaque catégorie de véhicules. Ces stations étaient très chères mais leur prix baisse et se rapproche de 100 kF.

- *DAI*: les performances des stations à boucles sont limitées: taux de détection maximal de 60 à 70%. La vidéo donne de meilleurs résultats et a des temps de détection plus courts (20 s en moyenne, mais pouvant aller jusqu'à 2 minutes dans des situations chargées où un véhicule arrêté peut être masqué une grande partie du temps par des PL).

- *temps de trajet*: ils s'évaluent très bien en périurbain, avec des précisions de l'ordre de 10 à 12%. Le fait d'arrondir à la minute sur des temps de l'ordre de 10-15 minutes contribue d'ailleurs à améliorer cette précision. A noter que sur le BP certains temps affichés peuvent aller jusqu'à 45-60 minutes.

En interurbain bien équipé, type ASF, on obtient également de bons résultats, de l'ordre de 10 à 15%, même sur des distances allant jusqu'à 200 km. 3 méthodes sont utilisables: méthode japonaise, méthode par mesure de V moyen par section, méthode par modélisation. ASF utilise la 2ème méthode, et SAPRR la 3ème, ou « méthode de stocks » consistant à reconstituer les « stocks » de véhicules par section d'autoroute.

En urbain on fait peu de choses dans ce domaine, sauf à Paris pour alimenter les opérateurs privés, en raison de la difficulté d'afficher les temps de trajet sur un réseau complexe avec de multiples destinations. Une 1ère expérience d'affichage de temps de trajets sur PMV va débuter en mai sur le Cours de la Reine à Boulogne dans le cadre de SITER. En urbain on obtient de bons résultats avec des réseaux neuronaux ayant les T.O pour entrées.

- *lecture de plaques*: ce moyen est envisagé pour l'évaluation des temps de trajet. Une expérience était prévue dans SITER, mais a été abandonnée.

- *fusion de données*: c'est le sujet à la mode, mais personne ne sait encore le traiter dans le domaine du trafic et très peu de publications existent sur ce sujet. S.C. a fait une première tentative en fusionnant des algorithmes de DAI: il espérait des résultats meilleurs qu'avec chaque algorithme pris individuellement, mais il a obtenu des résultats moins bons. A l'INRETS - Lyon El Faouzi travaille depuis quelque temps sur la fusion d'estimateurs avec pour objectif de réduire les écarts types sur les mesures, ce qui est une approche intéressante.

Il s'agit d'un thème de recherche important compte tenu de l'accroissement du nombre de capteurs et de leur diversité (boucles, vidéo, véhicules équipés ..etc..), mais qui doit faire l'objet d'un programme de longue haleine. Ce programme devrait recenser les multiples applications possibles: temps de trajet boucles + véhicules équipés, DAI boucles+vidéo, niveaux de service boucles+véhicules équipés, diagnostic de pannes et reconstitution de données manquantes, etc. Il devrait débuter par quelques exercices sur ces différents thèmes pour mettre en évidence les difficultés. Il devrait mettre en œuvre des équipes comportant des spécialistes de la fusion et des spécialistes du trafic, ainsi que des exploitants.

5- Utilisation de véhicules équipés

C'est à coup sûr une perspective intéressante, mais qui demande du travail, notamment sur la fusion. Jusqu'à présent on l'a abordé en demandant des résultats à très court terme, et l'on a échoué: c'est le cas d'études menées récemment avec les sociétés de taxis. Il s'agit là aussi d'un programme long terme à mener progressivement et avec méthode.

6- Besoins des chercheurs

A priori les systèmes de recueil existants suffisent, au moins dans les domaines intéressant S.C. Le problème essentiel est celui de la fiabilité des données qui n'est pas toujours suffisante: les chercheurs ont besoin de séquences continues sur de longues périodes, et n'arrivent pas toujours à les obtenir.

7- Camion laboratoire:

S.C n'y voit pas trop d'intérêt, mise à part l'idée de disposer de quelques « véhicules flottants » déjà évoquée.

8- Conclusion- Thèmes de recherche à creuser

- fusion de données
- surveillance vidéo de zones hors section courante
- prise en compte des données fournies par des véhicules équipés dans les systèmes de recueil

6.2 Entretien avec J.C. SANTUCCI - SIER- 6/05/99

1- Evolutions SIRIUS-Est/ SIRIUS-Ouest

Consultation SIRIUS-Ouest lancée en 98- Les offres sont en cours de dépouillement et JCS ne peut pas en parler beaucoup. On peut par contre se référer aux spécifications, qui ont été plutôt centrées sur les performances que sur le matériel.

Mesures demandées:

- Q, V, T.O, qui sont à la base des traitements, comme dans SIRIUS-Est
- temps de trajet
- DAB
- DAI: n'a été traitée pour l'instant que sur un site pilote de SIRIUS-Est; elle n'est pas demandée en 1ère phase pour l'Ouest, mais pourra l'être ensuite sur certaines zones. Toutefois cette position pourrait évoluer, au moins pour les zones en tunnel.

En ce qui concerne la densité du recueil la DSCR poussait à des espacements de l'ordre de 2km entre stations; il a cependant été démontré qu'un espacement de 500 m est nécessaire pour une bonne mesure des temps de trajet et pour la détermination des queues de bouchon. Celles-ci sont annoncées à 500m près. Finalement il a été adopté un espacement de 500m en zone dense et 1km dans les zones moins chargées telles que la Francilienne.

Les données des boucles sont croisées avec une couverture vidéo, tous les km en zones denses et sur échangeurs en zones moins denses.

Les performances demandées ont été les mêmes que celles demandées pour l'Est (soit de l'ordre de 3-4% sur Q, 4-5% sur V).

Il n'y avait pas de station de classification sur l'Est, mais il en est prévu une sur chaque grand tronçon autoroutier de l'Ouest pour les besoins de la surveillance de la voirie.

Le recueil se fait par scrutation à partir du PC, avec un cycle de 10s; ce cycle a été adopté en prévision de la mise en place de dispositifs de régulation d'accès en temps réel. A noter que des tests d'ALINEA viennent de débiter sur 4 accès en Essonne sur A6, et que le contexte actuel des PDU est plutôt favorable à un tel contrôle.

A la suite d'un premier examen des offres, il est apparu que différentes solutions étaient proposées: boucles, magnétomètres (MAGSYS), vidéo. Un premier débat a porté sur le choix entre capteurs ponctuels (boucles ou magnétomètres) et « zonaux » (vidéo). Il a été décidé d'opter pour des équipements ponctuels pour des raisons de compatibilité avec l'Est, bien que l'analyse vidéo soit intéressante pour la mesure des temps de trajet. La question de combiner plusieurs technologies a également été soulevée, mais le SIER ne semble pas vouloir s'y hasarder. Dans les offres on trouve parfois un mixage de différentes technologies, mais plutôt sur la base d'une répartition géographique que dans l'optique d'une fusion de données.

En ce qui concerne les transmissions, on a supprimé un étage de concentration de données par rapport à SIRIUS-Est. Il n'y a plus qu'un étage de concentrateurs entre les stations de terrain et le PC. L'architecture est organisée autour d'un bus. Le langage LCR a été imposé, mais, semble-t-il, pas la norme TEDI.

Le contrat relatif à l'informatique et au traitement de données au PC est séparé de celui relatif aux équipements de terrain.

Il est prévu d'adapter la BD actuelle afin de pouvoir y intégrer davantage de données et notamment des données circonstancielles (météo, incidents) utiles pour compléter les variables fondamentales déjà stockées. Actuellement les incidents sont saisis, mais pas archivés au même endroit que les données de trafic. En ce qui concerne la météo il pourrait être intéressant de disposer d'un recueil spécifique plus localisé et pouvant donner des informations plus précises que Météo France.

2- Disponibilité des boucles sur SIRIUS-Est

Certains capteurs sont plus sensibles que d'autres et il existe des stations dont les données sont douteuses. Les boucles résistent mal aux travaux sur la chaussée. En outre il existe de grosses

contraintes pour engager des travaux de réparation, d'autant plus que le SIER n'est pas gestionnaire de la voirie. Le taux d'indisponibilité des boucles doit être de l'ordre de 15%.

La qualification des capteurs et le diagnostic de leurs pannes quand elles ne sont pas franches sont des questions encore mal résolues.

Le SIER a engagé une réflexion en vue de créer une hiérarchie entre zones sensibles, où il est primordial de maintenir le recueil à un haut niveau de qualité, et zones non sensibles.

Par ailleurs dans le cadre du projet DACCORD des expérimentations de méthodes de reconstitution de données de capteurs en panne ont été menées avec l'INRETS et ont donné des résultats encourageants.

3- Position par rapport aux capteurs non intrusifs

JCS n'est pas sûr qu'ils soient la panacée sur le plan de la disponibilité des mesures. Les caméras vidéo peuvent en effet bouger, et leur remise en place n'est pas toujours aisée, notamment sur les voûtes de tunnels. Les portiques existants, qui correspondent juste à la hauteur des camions, offrent un support très sensible aux masquages. Par ailleurs si l'on installe un capteur à une grande hauteur, sur un candélabre par exemple, il est nécessaire de disposer d'une nacelle pour l'entretenir, ce qui crée une contrainte importante.

4- Besoins pour les études

Le recueil actuel et la BD SIER suffisent à la plupart des études. Il y a plutôt un besoin d'aménagement de la BD pour la rendre plus facile à utiliser, par exemple pour trouver les valeurs des temps de trajet en même temps que les données trafic.

On peut se poser la question d'un archivage multimédia capable de stocker par exemple:

- les données de trafic
- les images relatives à un incident
- l'affichage des PMV
- les images SYTADIN

Parmi les données manquantes on peut citer les O/D, qui sont mal connues. Ceci peut avoir des conséquences sur la qualité des stratégies de régulation et d'affichage sur les PMV.

Le SIER vérifie régulièrement les temps de trajet et envisage une action « Qualité » sur ce thème. Cette vérification se fait à l'aide de véhicules flottants. Dans l'ensemble les temps affichés sont corrects, sauf en contexte très changeant, suite par exemple à un gros incident. En gros 85% des temps affichés sont exacts à 12% près.

5- Infractions et vandalisme

La lutte contre les infractions n'est pas particulièrement à l'ordre du jour. Toutefois sur A86 Ouest, dans les 2 tunnels COFIROUTE, il est demandé expressément que les limites de vitesse soient respectées et qu'il ne se crée pas de bouchons; ces exigences vont conduire probablement à réprimer les excès de vitesse.

Le SIER ne souffre pas trop du vandalisme, en dehors des graffiti sur ses sites techniques; les équipements les plus exposés sont les armoires de contrôle d'accès.

6- Relations avec les opérateurs privés

Il y en a actuellement 4 ou 5 en Région Parisienne, dont Skipper et Mediamobile. Ils ont tous des accords avec le SIER et la Ville de Paris pour accéder à leurs données. Mediamobile a en outre des accords avec des compagnies de taxis. Compte tenu de la densité des stations publiques de recueil, il ne semble pas qu'il y ait besoin d'un recueil par des stations privées.

Par contre la tendance est de plus en plus à développer une information multimodale, ce qui suppose de combiner des données sur les temps de trajet routiers avec des données sur les transports en commun. Pour l'instant les opérateurs de transport en commun se posent davantage en concurrents qu'en associés et la question est loin d'être résolue.

7- Potentialités des véhicules équipés

Les seuls véhicules équipés de moyens de localisation sont pour l'instant les taxis. Ceux-ci ne couvrent pas bien tous les trajets et sont particulièrement orientés vers la desserte des Aéroports. Le SIER n'a pas encore éprouvé le besoin de faire appel à leurs données.

8- Intérêt pour des équipements de recueil portables

Sur le réseau SIRIUS il n'apparaît pas de besoin particulier en matière d'équipements mobiles ou portables.

Il pourrait être intéressant par contre de disposer de capteurs aisément installables pour observer temporairement les frontières avec les réseaux adjacents.

De même un équipement mobile pourrait être utile pour procéder à des mesures « microscopiques » sur le comportement des véhicules (changements de voies p.ex.) dans une zone critique telle qu'un convergent.

Il existe enfin un besoin d'évaluation d'installations fixes nouvelles pour laquelle on ne dispose pas de recueil pour l'étude de la situation « avant »; même pour l'étude de la situation « après » il pourrait être utile de disposer d'un recueil indépendant de celui à évaluer.

9- Synthèse des besoins qui se dégagent de l'entretien:

- détermination de matrices O/D
- archivage et BD multimédia
- information multimodale
- qualification/diagnostic des capteurs et stations de mesure
- équipements pour l'évaluation ou la qualification d'un système

6.3 Entretien avec B. BRIET - Ville de Paris- 6/05/99

1- Situation actuelle

La ville de Paris intra-muros compte au total 6600 capteurs répartis en:

- 760 stations de mesure de débit avec une logique 2n-1.
- 2150 stations de mesure de T.O comportant une boucle sur la file la plus représentative. Ce chiffre inclut les 760 stations précédentes dans lesquelles une des boucles sert pour le T.O.
- 167 caméras

Le BP représente:

- 700 capteurs à boucle groupés dans 200 stations espacées de 500m, dont une sur deux est équipée pour une mesure de vitesse.
- 97 caméras

Les mesures portent sur

- Q et T.O en ville
- Q, V, T.O sur le BP

Quelques stations de classification ont été implantées pour les besoins de la Direction de la Voirie. Le BP n'en comporte pas mais cela pourrait être utile compte tenu de la densité de la circulation de PL.

Parmi les 6600 capteurs, 678 (boucles et radars) servent de capteurs d'antiblocage, en surveillant les remontées de queues, pour la microrégulation.

Les détecteurs à boucle sont fournis par CGA-CFEE, et les radars par SFIM.

La régulation de la Ville de Paris repose sur un découpage de la ville en zones (d'une cinquantaine de carrefours) et sous-zones. Chaque zone est gérée par des plans de feux fixes sélectionnés en fonction de l'heure ou à l'aide de la méthode du vecteur. En situation saturée cette méthode ne fonctionne pas bien et on bascule, en fonction de mesures de T.O sur des plans horaires.

Dans les zones, les sous-zones sont commandées par un système expert de type CLAIRE, qui réagit à partir de seuils sur les T.O.

La microrégulation classique n'agit que sur de petites voies à faible demande.

2- Disponibilité et performances des capteurs

Le taux de panne des capteurs est de 7% tous capteurs confondus, et en comprenant leurs liaisons. Il est de 8 à 10% sur les capteurs de débit.

Un capteur est décrété en panne par le système de régulation quand:

- il ne produit pas de détections
- il détecte tout le temps
- il surcompte au delà d'un seuil de débit irréaliste.

Certains capteurs disposent d'un autodiagnostic.

Compte tenu des contraintes de voirie, le délai moyen de réparation est de 5-6 mois (voire 1 an si on compte les pannes dues à des travaux de longue durée).

Le coût moyen de réparation d'un capteur est de 30 kF et de réparation d'une station de débit de 50 kF.

B.B considère que la question de la qualification des capteurs est essentielle.

Les performances demandées ne sont pas très sévères. B.B considère que les précisions suivantes sont suffisantes:

Q études: 15 %

Q régulation: 15 à 20 %

T.O. : 20 %

Temps de trajet: 20 % en ville- 10% sur le BP à partir des stations de vitesse. Actuellement on a 30 % d'erreur dans 5% des cas, pour des temps qui atteignent parfois 45-60 minutes.

En urbain l'évaluation des temps de trajet se fait à partir des mesures de T.O. par la formule BRP. Cette formule a beaucoup de biais, et donne une précision de l'ordre de 25 %.

Les données de temps de trajet ainsi que des informations plus qualitatives (travaux, incidents) sont vendues à 5 opérateurs privés. Noter par exemple Pass-Pass qui opère sur toute la région parisienne et fournit des indications de trajet entre 2 points codifiés par serveur vocal. La Ville de Paris a son serveur propre, aux normes RDS.

B.B ne voit pas d'impossibilité à ce que des opérateurs privés installent leurs propres capteurs, dans la mesure où la Ville de Paris loue déjà ses égouts pour la pose de câbles de réseaux privés. Cependant étant donnée la densité du réseau de recueil public, et les coûts d'installation et de maintenance à assurer, ils ne semblent pas en éprouver le besoin.

3- Perspectives d'évolution

B.B n'imagine pas une évolution vers une régulation temps réel à court ou moyen terme pour différentes raisons:

- actuellement on peut basculer d'un plan à un autre toutes les 3 minutes et donc s'adapter rapidement aux évolutions du trafic. Ces plans ne sont pas réactualisés très souvent, mais un système temps réel exige aussi des réglages qu'il faut revoir de temps en temps
- il n'est pas sûr que les systèmes temps réel prennent bien en compte les contraintes des piétons
- les ingénieurs de trafic ont la culture du diagramme classique de feux
- enfin les politiques en matière de circulation évoluent très vite: après celle des axes rouges, la tendance est plutôt à favoriser les voies cyclables. Lorsqu'on supprime 1/3 de capacité avec une voie cyclable il n'est peut-être pas essentiel de gagner quelques % avec une régulation optimisée.

4- Les besoins mal couverts

- la régulation de grands espaces tels que la place de l'Etoile: il est très difficile d'y implanter un système de recueil fiable, et on surveille seulement les entrées pour l'instant. Peut-être une solution vidéo?
- la détection des piétons pourrait être intéressante, d'une part dans des zones sensibles comme les sorties d'écoles, d'autre part pour réduire les phases piétons lorsque ceux-ci sont absents: les contraintes de vert piétons ont augmenté en sévérité et sont de plus en plus pénalisantes pour le trafic.
- les matrices O/D ne sont pas connues au niveau du réseau mais pourraient être utiles. Seuls les mouvements tournants aux carrefours font l'objet d'observations pour préparer les stratégies de régulation.

5- Position vis à vis des capteurs non intrusifs

B.B. a une attitude plutôt favorable à la vidéo, mais évoque les problèmes posés par ce type de capteur, outre la question classique des conditions météo:

- présence de nombreux arbres sur la voirie
- difficultés pour trouver des supports: il faut des accords avec des syndicats d'immeubles, ou trouver un candélabre bien situé. La maintenance d'une caméra à bonne hauteur sur candélabre implique un camion - nacelle et soulève d'importantes contraintes.

En tout état de cause ce type de capteur est à considérer plutôt comme un complément que comme un substitut aux boucles.

Une des applications pourrait être la détection piétons évoquée plus haut; les aspects relatifs à la sécurité de la détection seraient à examiner.

Des systèmes de DAI par analyse d'images sont en essais sur le BP et au SIER.

La Ville de Paris ne s'est jamais servie de lecteurs de plaques minéralogiques; cependant l'Observatoire de la circulation pourrait être intéressé.

6- Politique en matière d'information/guidage

La Ville de Paris n'envisage pas de se constituer son propre système de guidage par PMV, et joue plutôt sur les opérateurs privés.

A noter que ce sont les mêmes capteurs qui servent pour la régulation et l'information. Toutefois il a fallu augmenter de 20% le parc de capteurs pour assurer la couverture des temps de trajet.

7- Fusion de données

B.B en a peur et estime que mettre des données de sources diverses en cohérence est un problème « infernal ».

L'expérience de Mediamobile montre par exemple que les temps de trajet fournis par les taxis sont contestables, car on n'est pas sûrs qu'ils ne font pas d'arrêts inopinés; par ailleurs les données GPS ne sont pas toujours bonnes, notamment autour des zones militaires (Villacoublay) et d'aéroports.

8- Lutte contre les infractions

Elle relève de la PP qui a installé quelques stations de détection de franchissement de feux rouges. La tendance serait à réprimer les survitesses (150 km/h...) de motos sur le BP la nuit.

La Ville de Paris s'est intéressée autrefois à la détection automatique des stationnements illicites, mais rien n'a été fait concrètement.

9- Maîtrise de la demande

Actuellement la tendance est à restreindre l'espace offert aux voitures, et non à développer une gestion dynamique de la demande.

L'idée de restreindre les voies sur les rampes d'accès des autoroutes par barrières télescopiques refait surface et fait l'objet d'un projet d'expérience sur un accès d'A3.

Par ailleurs l'idée d'une information et de prévisions multimodales est à la mode mais il y a encore peu de concertations entre les différents opérateurs RATP, SNCF, etc. Quelques études ont lieu sur un serveur multimodal dans le cadre de projets européens. Un des aspects difficiles est la fusion des sources de données et la mise en place d'une codification commune.

L'efficacité des restrictions en cas de pollution massive dépend beaucoup de l'impact des campagnes médiatiques.

10- Besoins en matière d'équipements mobiles ou portables

Il pourrait être intéressant de disposer d'un véhicule avec mât télescopique et caméra pour observer les mouvements directionnels aux carrefours.

11- Synthèse

- le recueil actuel donne satisfaction
- intérêt pour des systèmes performants de qualification/diagnostic des capteurs
- besoins mal couverts: détection piétons, O/D
- problème de l'information multimodale, et de la fusion des données correspondantes
- intérêt pour un véhicule laboratoire avec caméra sur mât télescopique.

6.4 Entretien avec Gildas LEMAÎTRE - CETE DU SUD-EST- - 27/04/99

Gildas LEMAITRE (G.L) est responsable de MARIUS au sein de l'équipe « Systèmes » du CETE. Ses réponses sont fondées sur l'expérience qu'il a de ce système.

MARIUS est un système de régulation du trafic sur 120 km d'autoroutes de la région de Marseille. Il est équipé actuellement de 170 stations de mesure espacées de 500 m (1 km sur certaines zones peu chargées) et de 100 PMV.

Questions évoquées:

- exigences en matière de performances de capteurs: les exigences relatives aux stations SOL2 (SIREDO) figurent dans un cahier de spécifications du SETRA qui donne les taux maximaux d'erreur sur 95% des mesures:

- Q: 4 %

- V: 5%

- classification (14 classes) : taux variable en fonction de la classe concernée, de 10 à 60%

Ces taux correspondent à des performances réelles observées.

Elles correspondent aussi à la plupart des besoins des exploitants: par exemple la régulation de vitesse de MARIUS ne demande pas une très grande précision sur les mesures de V. Seuls les péages ont des besoins spécifiques en termes de précision.

- taux de défaillance des capteurs: G.L indique qu'il faut bien distinguer les défaillances électriques, rares, et celles dues à l'environnement (chocs, travaux ...etc..). Il faut également considérer toute la chaîne de la détection, du capteur au système de traitement. Les capteurs non intrusifs sont mieux protégés que les boucles des atteintes à la chaussée, mais pour la situation n'est pas très différente pour le reste de la chaîne (supports, armoires locales ...etc..) Environ 2 stations sur 15, soit à peu près 15 %, sont en permanence indisponibles dans MARIUS. Ce chiffre tombe à 2% environ si l'on ne considère que les défaillances internes des équipements.

- mesures intéressant l'exploitant: G.L estime que les capteurs à boucles répondent bien aux besoins de l'exploitation. Les paramètres intéressant l'exploitant sont Q et V. Le taux d'occupation n'est pas un paramètre très discriminant dans le contexte autoroutier, et il ne subit pas de variations très sensibles entre une situation fluide et un début de congestion: ces variations ne seraient réellement observables qu'en intégrant les mesures sur des intervalles de temps supérieurs à la minute, ce qui entraînerait un temps de réaction plus important du système. Le T.O est sans doute plus pertinent dans un contexte urbain.

Un paramètre utile est le temps d'occupation qui permet de déduire la longueur des véhicules.

Il n'est pas prévu d'affichage de temps de trajet dans MARIUS pour l'instant, en raison notamment de la difficulté de définir les points de références par rapport auxquels les afficher.

Le CETE utilise par contre plutôt la notion d'heure perdue (retard/véhicule x nb de véhicules), qui sert pour la définition des stratégies de régulation.

Il n'y a pas non plus de DAI proprement dite dans MARIUS, ou plutôt elle est implicite: MARIUS calcule les vitesses à afficher sur les PMV à partir des mesures de V et Q. L'occurrence d'un incident peut se déduire des commandes envoyées aux PMV.

- traitement des données: MARIUS se distingue par l'importance des traitements effectués sur les données de trafic, et aboutissant à des présentations graphiques. Ces graphiques permettent d'apprécier visuellement tant la situation du trafic que le fonctionnement de l'installation, et par exemple de faire apparaître les stations en panne.

Un graphique montrant en couleurs les valeurs du débit mesurées par périodes de 10 s par station et en fonction du temps fait par exemple apparaître clairement les vitesses moyennes des véhicules et les zones de congestion.

- perspectives d'augmentation de la densité des capteurs: G.L. estime que la densité des équipements dans un système d'exploitation varie à peu près linéairement avec le volume de trafic.

Plusieurs indicateurs devraient être considérés pour les investissements en équipements: MF /km, MF/PMV, et centimes/véh.xkm

- études d'autres types de capteurs: des tests de capteurs vidéo sont prévus avec CITILOG. Ils porteront sur la DAI et la mesure des temps de trajet. Une démonstration de CTRACKS de Traficon a été faite sur la mesure des mouvements tournants dans les giratoires.

G.L. estime que les capteurs magnétométriques type Numetrics devraient avoir de l'avenir. Attention cependant à la durée de vie réelle des batteries.

Concernant la lecture de plaques minéralogiques, il estime qu'il s'agit d'un procédé trop coûteux.

D'une façon générale il regrette qu'il n'y ait pas de banc d'essais de capteurs nouveaux en France, mais reconnaît qu'une telle opération serait coûteuse.

- besoins mal couverts: G.L. répond en technicien, et a tendance à évoquer des technologies plutôt que des besoins proprement dits:

- boîte noire pour PL permettant d'avoir directement la charge à l'essieu
- éventuellement boîte noire sur VL pour reconstituer les circonstances d'accidents
- détecteur de gabarit pour la protection d'ouvrages d'art
- utilisation des équipements de télépéage pour l'exploitation
- détection de sens de passage
- détection de voies vides pour systèmes de « tidal flow »
- mesures de temps de trajet à partir de localisations GSM

- répression des infractions: G.L. a participé au projet AUTOPOLIS sur ce thème. Rien de concret n'en est sorti. En pratique dans les pays du Sud seule la répression des franchissements de feux rouges est probablement sociologiquement acceptable.

- normalisation: la France est plutôt en avance dans ce domaine, la normalisation SIREDO ayant été un succès. Il existe plusieurs normes intéressant le recueil de données:

- NFP 99 301: capteurs magnétiques
- NFP 99 305: couvre la détection électromagnétique
- NFP 99 300: nature et précision des mesures
- NFP 99 304: format des données échangées
- NFP 99 340: langage LCR
- NFP 99 302: définition d'une couche protocolaire.

- l'après SIREDO (ou SOL 2): une version SOL 3 est à l'étude. Les évolutions concerneront surtout les capacités informatiques et tiendront compte des progrès dans ce domaine.

6.5 Entretien avec Y. GUENIOT - DSCR- 11/05/99

Participants: Y. GUENIOT- D. Colin- P. Rey

1- Politique générale de la DSCR

Fondée sur une hiérarchisation des voies fixée dans le Schéma Directeur, les opérations d'exploitation ont les objectifs suivants

- surveillance
- intervention
- gestion du trafic
- information des usagers avant et pendant le voyage.

La DSCR intervient sur le réseau routier et autoroutier national et les rocades des grandes villes, mais pas sur les réseaux urbains.

Le déploiement se fait par des opérations contractualisées avec des collectivités locales (plans Etat-Régions p.ex) à 50/50, ou non contractualisées.

Dans le 11ème Plan, qui se termine, les actions ont porté sur les rocades des agglomérations suivantes: Paris, Lyon, Marseille, Lille, Toulouse, Bordeaux, Nantes, et le sillon Mosellan.

Dans le 12ème Plan il est prévu la fin de ces opérations, et sans doute des actions sur Strasbourg, Nice, Rouen.

Outre ces opérations intéressant les grandes agglomérations, la DSCR soutient des projets d'exploitation menés par les DDE au niveau départemental, sur des tronçons d'autoroute, des RN ou des routes départementales.

Le budget consacré à l'exploitation était de 266 MF en 97, 318 MF en 98, et est de 307 MF en 99, soit une moyenne de 310 MF actuellement, qui se répartissent en:

- investissements: 160 MF, dont environ 30% vont sur SIRIUS
- fonctionnement, maintenance des équipements: 150 MF.

L'évolution est difficile à prévoir, mais pour équiper en 15 ans le réseau de niveau 1 (agglomérations, corridors, voies à fort trafic saisonnier), il faudrait un budget de 750 MF/an, dont 500 MF d'investissements.

2- Situation et évolution du réseau de recueil de données

Actuellement, hors SIRIUS et CORALY, on compte:

- 1700 stations SIREDO, dont environ 400 équipées pour la classification, et également un certain nombre pour la vitesse.
- 400 stations non SIREDO
- 700 stations de comptage mobiles pour les enquêtes
- 500 PMV
- 4400 PAU sur RN et 2200 sur autoroutes.

On peut considérer que, hors VRU, le niveau d'équipement en stations est satisfaisant. La cadence d'installation actuelle est de l'ordre d'une centaine de stations/an.

Sur les VRU le niveau minimum d'équipement est de 1 station par échangeur et 1 station en section courante.

3- Données intéressant la DSCR

Les mesures auxquelles on s'intéressait jusqu'à présent étaient: Q, T.O., ainsi que V ou la classe des véhicules sur certaines stations.

Les classes qui intéressent la DSCR sont: véhicules >7,5 t et véhicules <7,5 t. La DR est concernée particulièrement par les essieux AR tridems assez agressifs pour les chaussées.

Pour tout ce qui concerne les équipements de pesage, le CETE de l'Est, et notamment Care-Colin, est bien au courant.

On s'intéresse par ailleurs de plus en plus au temps de parcours, ce qui va donner de l'importance à la mesure de la vitesse. L'information « temps de parcours » est bien perçue par les usagers aussi bien en urbain qu'en interurbain, et contribue à réduire le stress.

La mesure de vitesse pourrait également intervenir dans des opérations consistant à moduler les limites réglementaires de vitesse en fonction du trafic.

Il existe enfin un besoin en matière de matrices O/D, très mal connues.

La DAI est importante dans les zones accidentogènes. L'objectif recherché est de raccourcir les temps d'intervention, ce qui peut permettre à la fois de sauver des vies humaines, et de réduire les temps perdus par les usagers.

Y.G est d'accord sur le chiffre de 15% auquel on évalue couramment le taux d'indisponibilité des capteurs. Les stations SIREDO ont de l'ordre de 1,7 panne/an/station toutes pannes comprises (boucles, liaisons, cartes électroniques). Leurs ennemis principaux sont: les travaux, les défauts d'étanchéité, la foudre et les surtensions.

Deux questions sont importantes à traiter:

- le remplacement des données manquantes, sur lequel l'INRETS fait un travail intéressant
- le lissage des données pour éviter les erreurs sur les évaluations de temps de parcours dans les périodes de changement rapide du niveau de trafic.

4- L'après-SIREDO

La DSCR n'a pas de projet en préparation sur ce sujet.

Pour l'instant elle s'intéresse à un banc de test pour contrôler la conformité des stations au langage LCR, et vérifier que les constructeurs respectent bien la norme.

2 remarques:

- SIREDO ne correspond pas toujours bien aux spécifications des opérations sur VRU
- TEDI est un protocole trop rigide.

5- Position par rapport aux capteurs non intrusifs

La DSCR ne connaît pas bien les performances de ces capteurs. Elle s'intéresse surtout à la vidéo qui devrait être un concurrent sérieux des boucles.

6- Position par rapport aux véhicules « traceurs »

Deux questions ont été évoquées:

- possibilité d'utiliser les potentialités du parc de PL, très bien équipé en dispositifs de localisation/communication, ces véhicules pouvant être des traceurs convenables en périodes de congestion.
- le suivi des matières dangereuses qui cause du souci à la DSCR.

7- Exploitation des tunnels

Le cas du tunnel de l'A86 Ouest a été évoqué. Dans ce tunnel au gabarit VL, une attention particulière est apportée au maintien de la fluidité, ainsi qu'aux possibilités d'accès des pompiers. Il est équipé de nombreux capteurs, particulièrement pour la détection des incendies, mais aussi pour la surveillance du trafic.

8- Politique en matière de répression des infractions

La loi qui va permettre de poursuivre le propriétaire du véhicule en cas d'infraction de conduite devrait changer favorablement le contexte. Il restera à trouver l'adresse du propriétaire à partir des indications de la carte grise, ce qui n'est pas toujours immédiat.

Les infractions les plus importantes concernent la vitesse, les feux rouges, mais aussi le respect de l'interdistance.

L'équipement de la police en radars devrait augmenter, et la lecture automatique de plaques pourrait également trouver des applications. Le plus gros problème dans ce domaine est le coût élevé des matériels.

9- Politique en matière de maîtrise de la demande

Y.G estime que le souci de diminuer le taux de pollution dans les grandes villes n'est pas une mode, mais persistera, ce qui peut amener un jour à l'idée du péage urbain. Pour l'instant la maîtrise de la demande s'appuie surtout sur le stationnement payant.

Ce qui arrive en ce moment au tunnel du Fréjus - et la grogne des riverains - pourrait également pousser les pouvoirs publics à inciter les transporteurs à se tourner vers des solutions qui ne soient plus « tout routier ». Le fait que la Suisse ait interdit la circulation des PL de plus de 28 t sur son territoire entraîne un trafic supplémentaire dans les pays voisins, qui pourrait soulever des contestations dans les régions traversées.

10- Collaboration public/privé

La DSCR souhaite que l'information se développe pour peser sur la demande et est prête à collaborer avec des opérateurs.

Toutefois le marché de l'information routière n'est pas très solvable, et la solution est sans doute de la commercialiser avec un bouquet d'autres services.

En ce qui concerne le recueil de données Y.G estime que pour l'exploitant ce recueil a un caractère stratégique, et que les sociétés d'autoroutes, pas plus que les opérateurs publics comme le SIER, ne sont prêts à accepter l'implantation d'un recueil privé. Le moins qu'on puisse dire est qu'un tel recueil ne serait pas encouragé en France.

Pour l'instant aucune demande n'a été formulée, et on peut se demander si, compte tenu du faible succès des premières tentatives dans ce domaine, les opérateurs privés pourront avoir les moyens de se payer un réseau de recueil coûteux à implanter et à maintenir, et s'ils ne continueront pas à s'appuyer sur les réseaux de recueil publics, qui offrent une bonne qualité d'information.

Dans le cadre des PDU il est prévu la mise en place d'une procédure d'agrément des opérateurs désireux d'avoir accès aux données publiques, qui devront s'engager à respecter la politique de déplacement de la collectivité en cause. Il n'existe pas encore de texte officiel, mais un cahier des charges a déjà été mis au point entre DSCR, SIER et Ville de Paris fixant certaines contraintes à l'opérateur.

11- Information multimodale

la DSCR y est favorable, dans la mesure où cette information peut contribuer à agir sur la demande. Cependant sa mise en place, qui suppose une concertation avec la RATP et la SNCF, n'est pas facile. Le SIER envisage de monter une BD multimodale sur Internet.

6.6 Entretien avec S. SELLAM - CITILOG- 12/05/99

1- Besoins des exploitants

Selon S.S les exploitants ont une attitude un peu ambiguë, en ce sens qu'ils expriment de l'intérêt pour les capteurs non intrusifs, mais se déclarent en même temps satisfaits des boucles. Pour eux le représentant essentiel des capteurs non intrusifs est la caméra.

Ils sont demandeurs de données dans les buts suivants:

- information de l'utilisateur, en termes d'événements et de temps de trajet
- meilleure gestion de l'infrastructure, et interventions plus rapides en cas de d'incident
- meilleure gestion des travaux: leur responsabilité est engagée et ils veulent éviter les risques aussi bien pour les ouvriers que pour les usagers.

Ils sont intéressés par la classification des véhicules pour les statistiques, et pour l'entretien des chaussées.

Concernant la mesure des temps de trajet, S.S est sceptique sur les performances des méthodes reposant sur des BD historiques. Aucune de ces BD n'est encore assez complète et ne contient de données assez fines pour traiter tous les cas, d'autant plus qu'il y a de plus en plus de « jours non moyens ». Par ailleurs l'information routière se concentre de plus en plus sur l'événement plutôt que sur le récurrent. On peut noter que la DAI par boucles sur le BP ne marche pas bien car on manque de données historiques pour régler les paramètres des algorithmes.

2- Place de CITILOG sur le marché

CITILOG vend 2 produits:

- un produit autoroutier MEDIA 4, assurant principalement la DAI, mais faisant également des mesures de Q, V, T.O en vue notamment d'estimer les temps de trajet.

Ce matériel a été vendu à 200 exemplaires pour l'instant.

- un produit urbain INDIA 4, moins répandu actuellement, qui travaille sur la longueur des queues ou la présence/absence de véhicules.

La DAI en urbain, qui porte notamment sur les véhicules arrêtés en pleine voie, est un concept encore un peu flou; les exploitants ne savent pas très bien ce qu'ils en feront, étant donné qu'il leur est difficile d'intervenir chaque fois qu'un véhicule s'arrête en double file.

Ils s'intéressent aux temps de trajet, qui exige une connaissance de V et des longueurs de queues, mais les modèles ne sont pas très au point actuellement. En particulier l'algorithme BRP, conçu pour le BP, ne fonctionne pas très bien en ville.

CITILOG a actuellement un effectif de 13 personnes pour un C.A de 10 MF.

Il faut noter que la part de la R&D est élevée, de l'ordre de 30 à 40% du C.A. La R&D porte sur l'amélioration des performances, et la recherche de fonctions nouvelles.

Prix des produits:

- MEDIA 4: 35 kF installé, 25 kF sans l'installation

- INDIA 4: moins cher, de l'ordre de 15 à 20 kF, car bénéficiant d'une architecture plus moderne. Par ailleurs le marché pousse à pratiquer des prix relativement peu élevés.

Une baisse significative de ces prix n'est pas impossible, mais suppose un développement important de la taille du marché.

Le principal concurrent en France et en Europe est Traficon, représenté par SIAT en France. Les autres concurrents, ELIOP, Siemens, les anglais et les américains ne sont pas très menaçants pour l'instant.

3- Performances

- Portées:

La DAI peut s'effectuer avec une caméra fixe ou orientable; dans ce dernier cas il est recommandé d'avoir un mécanisme de prépositionnement permettant de revenir automatiquement à la position pour laquelle les algorithmes sont réglés.

Avec des caméras orientables on se limite généralement à des portées de 150 à 200 m compte tenu de la précision du prépositionnement.

Avec des caméras fixes sur mât standard on peut aller à 300 m; pour aller au-delà il faut des supports spéciaux d'une grande rigidité. le coût d'un mât standard est de l'ordre de 10 kF; ce coût est nettement plus élevé pour un mât rigide.

- Précision:

La mesure de V s'accorde bien avec la DAI, et n'est pas affectée par les perturbations dues aux masquages. La précision est de l'ordre de 5% sur chaque voie

La mesure du T.O n'est pas l'application préférée des caméras; on peut cependant l'approcher à partir des mesures de concentration.

La mesure de Q s'accorde mal avec la DAI: celle-ci fonctionne au mieux avec des caméras en bord de chaussée permettant d'observer les arrêts qui sont le plus souvent sur voie de droite ou BAU. Dans cette position l'observation des autres voies est sujette à de nombreux masquages qui rend difficile un comptage. La précision sur Q peut être de 5% sur la 1ère voie, mais de 15 à 25% sur les autres voies.

Si l'on souhaite un comptage précis, il faut installer la caméra au dessus de la voie médiane, avec un objectif suffisamment plongeant; on atteint dans ce cas des précisions de l'ordre de 2 à 3%, mais on peut perdre par masquage des véhicules arrêtés sur la BAU.

- Disponibilité des mesures

Pas de différence sensible jour/nuit, les phares se détectent bien; la seule difficulté de nuit porte sur la distinction de la classe des véhicules -PL ou VL.

Les intempéries altèrent peu la disponibilité des mesures. De très fortes pluies ou brouillards, rares dans nos contrées, peuvent influencer sur la DAI qui travaille à relativement longue portée, mais pas sur les mesures de Q et V qui se pratiquent près de la caméra.

Il faut prendre garde à la qualité et à une installation correcte de la caméra, et s'assurer qu'elle est bien protégée par des capots ad hoc de la pluie et de la lumière rasante. dans ces conditions les exigences de nettoyage n'ont rien de contraignant.

Pour une bonne caméra avec son boîtier il faut compter un prix de l'ordre de 7 kF.

- Surveillance de zones complexes: celle-ci soulève des difficultés quel que soit le capteur utilisé. Des tentatives ont été faites par l'INRETS et la Ville de Paris sur Bastille et l'Etoile. D'une façon générale les exploitants ne sont pas disposés à mettre beaucoup d'argent dans cette application qui demanderait la mise au point d'algorithmes spécifiques.

4- Evolution vers des caméras intelligentes

S.S n'en voit pas l'intérêt pour les raisons suivantes:

- dans ce domaine où les séries sont faibles il est préférable de faire appel à des solutions logicielles plutôt que matérielles. Le fournisseur de traitement d'image doit en effet pouvoir s'adapter à n'importe quelle caméra, car c'est l'exploitant qui choisit celle-ci

- l'apparition de caméras « intelligentes » ne pourrait qu'introduire des rigidités et compliquer cette adaptation.

5- Les transmissions de données

Les transmissions ne soulèvent pas de difficultés particulières car on trouve toujours des fibres optiques le long des autoroutes, et car la capacité de celles-ci ne cesse d'augmenter.

Dans les systèmes CITILOG l'équipement de traitement est au pied du mât ou dans un local technique voisin. Cet équipement assure la numérisation et l'analyse, et envoie vers le PC sous forme numérique l'image et les données résultant du traitement. L'image est convertie en analogique à l'arrivée pour une présentation aux opérateurs.

6- Besoins de R&D

CITILOG a actuellement un contrat du PREDIT avec la ville de Toulouse sur les points suivants:

- validation des capteurs vidéo
- réflexion sur les fonctions nouvelles liées à ce type de capteur.

Les efforts de R&D devraient avoir pour objet d'aider les exploitants

- à mener avec les constructeurs des réflexions sur les potentialités et les modes d'exploitation de la vidéo
- à mener des expérimentations sur site.

Pour les développements techniques S.S est plus réticent à faire appel au PREDIT et préférerait des soutiens de l'ANVAR garantissant davantage la confidentialité, et les droits de l'industriel.

6.7 Entretien avec M. MAÏQUES - CRICR- 20/05/99

Rappel des missions du CRICR

Le CRICR Marseille couvre 3 Région: Languedoc-Roussillon, PACA et Corse. Il coordonne également la collecte des statistiques de la Réunion.

Trois missions:

- une mission nationale de participation à la collecte des données statistiques sur le trafic
- information des usagers
- coordination des moyens d'exploitation et d'intervention. Cette coordination joue:
 - entre réseaux concédés et non concédés
 - entre Départements
 - entre CRICR
 - un peu avec les grandes villes, qui sont en dehors du champ du CRICR.

Il faut bien noter que le CRICR n'est pas un exploitant ; il n'agit pas sur les dispositifs de régulation, et n'intervient pas lui-même.

Recueil de données:

Ce recueil a différentes composantes :

- un réseau propre au CRICR, mais à la charge des DDE, de 320 stations SIREDO essentiellement sur les RN. Il s'agit de stations simples Q et T.O. pour la grande majorité, 50 d'entre elles étant équipées pour la mesure de V. Il existe quelques stations dites « silhouettes » équipées pour la classification, et quelques stations de pesage. 120 stations sont reliées au CRICR par radio: une liaison locale à 150 MHz entre stations et des postes relais; ceux-ci sont reliés entre eux par faisceaux hertziens à 400 MHz. Les 200 autres stations sont reliées par le réseau téléphonique commuté.

Les stations reliées par des liaisons radio sont interrogées toutes les 6 minutes et fournissent des données Q et T.O, éventuellement V.

Les stations reliées par le réseau commuté ne sont interrogées qu'une fois par jour, alternativement par le CRICR et les DDE.

- le réseau MARIUS sur l'autoroute Nord et Est de Marseille
- le réseau ASF, qui comporte des stations MISTRAL (non SIREDO) tous les 5 km environ. la liaison se fait entre concentrateurs ASF et CRICR.
- le réseau ESCOTA n'est pas encore relié pour des raisons de compatibilité entre concentrateurs. Ce réseau, équipé de stations tous les 20 km environ à l'origine devrait se densifier et passer à un intervalle de l'ordre de 5 km, ESCOTA ayant l'intention de lancer une information sur les temps de trajet. Le CRICR étudie la possibilité de se relier par radio à 20 ou 25 stations de ce réseau. Il faut noter qu'ESCOTA a à la fois des stations SIREDO avec des boucles, et des stations avec analyse d'images.

Traitement des données au CRICR

Le mode opératoire est le suivant:

- détection d'une perturbation sur la base des paramètres Q et T.O
- contact avec les équipes locales choisies en fonction de leurs compétences territoriales pour obtenir confirmation de la perturbation, et pour coordonner l'intervention éventuelle
- si l'information est confirmée, le CRICR informe les autorités administratives, et les usagers.

L'information des usagers se fait par divers canaux:

- par téléphone: ce sont des opérateurs qui répondent, et non des répondeurs vocaux
- par radio ou TV: les chaînes reçoivent les informations par télécopie. Certaines chaînes, Europe 1, Monte Carlo, France Inter, peuvent avoir des journalistes sur place à certaines périodes chargées (Monte Carlo déléguant quelqu'un plutôt au CRICR de Lyon).
- par Minitel et répondeur vocal Routetel

Rien n'est encore fait sur Internet.

Nombre d'appels téléphoniques: 60 000/an, dont environ 10% par GSM.

Les données météo

Elles sont fournies par Météo France dans le cadre d'une convention avec le CRICR, sur la base d'un bulletin de prévision par jour, et de bulletins déclenchés sur perturbations (pluie, vent, neige).

Bien que certaines DDE se soient équipées de stations de mesures météo pour leurs besoins en matière de viabilité hivernale, ces stations ne sont pas reliées au CRICR. Il n'existe pas dans le domaine de la météo de standardisation analogue à celle qui a été établie dans le domaine du recueil de données trafic avec SIREDO. les DDE envoient cependant au CRICR des renseignements sur les barrières de dégel.

L'information sur les travaux

Elle est fournie par les CDES des DDE sous la forme de bulletins hebdomadaires. Cette information n'est pas très précise, certains travaux pouvant être différés en fonction des circonstances, sans qu'une remise à jour de l'information soit assurée.

Disponibilité des stations de mesure

Elle est satisfaisante, et se situe aux environs de 96-98%. M. Maïques estime que ce chiffre est valable pour l'ensemble des 1700 stations SIREDO du réseau de recueil national.

La disponibilité exigée pour le recensement permanent national, auxquels sont associées les 320 stations évoquées ci-dessus, est de 92%, et les DDE se sentent responsables de cet objectif.

La règle est:

- réparation des disjonctions et des défauts de lignes téléphoniques sous 48 heures. les disjonctions peuvent provenir de la foudre, mais le plus souvent de surtensions EDF.
- réparation des cartes électroniques sous 96 heures
- réparation de boucles cassées sous 1 mois

Position par rapport aux capteurs vidéo

Le CRICR n'a que peu de caméras en propre en sus des stations à boucles: il en dispose d'une dizaine, et d'un moniteur au PC. Ces caméras sont reliées au PC par le réseau téléphonique commuté: l'image est jugée satisfaisante malgré les performances modestes de ce support.

M. Maïques n'estime pas les caméras très utiles pour les missions du CRICR, et estime qu'elles correspondent mieux aux besoins des exploitants.

Besoins non satisfaits

Le recueil actuel répond aux besoins du CRICR, et lui fournit une connaissance suffisante de la situation générale du trafic sur le réseau. Cependant lorsque les stations sont espacées d'une vingtaine de kilomètres, des événements peuvent passer inaperçus.

Pour améliorer son recueil le CRICR est en discussion avec le Syndicat des transports en commun de la région PACA, pour examiner s'il pourrait bénéficier des informations envoyées par les cars à leurs gares routières en cas de perturbations.

Position par rapport à la prévention des infractions et du vandalisme

Le CRICR n'a aucune compétence en matière d'infractions, et le vandalisme ne soulève pas de gros problèmes. Quelques stations situées trop près de la chaussée sont abîmées accidentellement: 4 sur 300 en 1998.

Nota: un élément de prix donné au cours de la discussion: l'ensemble des 1700 stations SIREDO du réseau national de recueil avec leurs concentrateurs aurait coûté 1,2 MdF, prix hors transmissions qui sont assurées par le réseau France Telecom.

6.8 Entretien avec Michel BATES -SIAT - 3/05/99

M. BATES est Directeur commercial chez SIAT.

- La SIAT -30 personnes, 30 MF de C.A- est une société du groupe Colas ayant une activité importante dans le recueil de données:

- détecteurs à boucles
- stations de mesure: SIREDO et SCC 100
- commercialisation sous licence des produits d'analyse d'images vidéo de Traficon.

- Concurrence:

Sur les boucles et stations SIREDO: STERELA, LACROIX-EVR, SERMO (groupe SIGNATURE); on trouve en outre CS Routes avec ses détecteurs Sarasota.

Sur la vidéo le principal concurrent en France est Citilog. D'autres sociétés s'intéressent à cette technologie en Europe: ATIS (à Fuveau, près d'Aix, filiale de Boshung Environnement), INFEX en Suisse rachetée par ASCOM, qui a travaillé sur la surveillance des prisons. Citilog a l'avantage de traiter les images au PC, ce qui permet aux opérateurs d'en disposer. Les détecteurs Traficon travaillent au niveau du terrain, et font remonter au PC des mesures au des alarmes; pour répondre à la demande d'images des opérateurs Traficon a dû développer une carte de transmission spécialisée VICCOM.

En ce qui concerne les magnétomètres, M.B cite MAGSYS, rachetée par SIGNATURE, qui commercialise un magnétomètre avec liaisons filaires.

- Marché national:

M.B n'a pas d'informations sur le marché des capteurs urbains, qui ne sont pas liés à des stations de mesure.

Il évalue la demande en stations de comptage pour autoroutes à environ 300/an.

La tendance des Sociétés d'autoroute est à densifier le réseau de recueil de données sous l'effet de la demande. Pendant longtemps elles se sont contentées des informations recueillies aux péages et dans quelques stations très espacées. Actuellement ASF équipe A7 sur quelques centaines de km de stations tous les 2,5 km et SAPRR a des projets allant dans le même sens. Cette tendance s'observe également sur le réseau des grandes nationales.

Prix:

- . station SIREDO : 25 000 F
- . station SCC 100: un peu plus chère, mais le rack peut couvrir jusqu'à 64 boucles contre 16 chez SIREDO. Au delà de 16 boucles SCC 100 est compétitive avec SIREDO.
- . détecteur à boucles: 600F/boucle (un détecteur est en général à 2 ou 4 voies)
- . vidéo: 25 000 F par fonction (comptage, DAI p.ex.)

- Performances des capteurs:

Les boucles sont les capteurs qui répondent le mieux aux performances exigées par les exploitants, avec des précisions de l'ordre de 2% en comptage et de 5% sur les mesures de vitesse. Elles sont cependant difficiles à installer dans un contexte de croissance du trafic. Elles sont fragiles et subissent des ruptures par suite des déformations de la chaussée liées au passage des PL, et également lors des opérations de rechargement de la chaussée. SIAT étudie actuellement le fonctionnement de boucles à 18 cm de profondeur pour les mettre à l'abri de ces travaux de rechargement.

La vidéo donne de bons résultats, mais les clients ne réalisent pas toujours qu'une même caméra ne peut assurer toutes les fonctions demandées: mesure des paramètres du trafic, qui exige de viser une zone proche de la caméra, et DAI, qui exige de viser une zone assez longue, de l'ordre de 300m; ils réalisent également difficilement que la portée utile d'un système d'analyse d'image est moins grande que celle de l'œil. La portée d'une caméra à la hauteur h est de l'ordre de 20.h. Les caméras sont sensibles aux conditions météo, aux changements brutaux de luminosité, aux salissures, aux

masquages et ont des performances inférieures aux boucles pour la mesure de Q et V; par contre elles sont meilleures pour la DAI et la détection rapide des véhicules lents ou arrêtés.

SIAT a testé le magnétomètre MAGSYS mais n'a pas eu de résultats convaincants: appareil délicat, difficile à régler, avec des problèmes de fiabilité; l'anti chevauchement (véhicules à cheval sur 2 voies) doit être traité en utilisant 3 capteurs par voie.

SIAT n'a pas une grande expérience d'autres capteurs non intrusifs, mais a eu l'occasion de faire quelques essais avec des capteurs infrarouge et US à l'occasion d'études sur le TOP (tunnel Ouest parisien); aucun d'eux ne fournit la totalité des données fournies par les boucles, chaque capteur ayant sa spécificité: mesure de Q, de V, de T.O; il faudrait sans doute 2 capteurs différents pour bien mesurer tous les paramètres de trafic. Par ailleurs il n'est pas toujours facile de trouver un support adéquat, bien placé par rapport à la zone à surveiller, et à l'abri des effets de masquage.

M.B pense que les nouveaux radars, BEATRICES, ARMADA, peuvent trouver un marché, du fait qu'ils sont moins sensibles que la vidéo aux conditions météo. Cependant ARMADA coûte cher (500 kF) et il faudrait que les prix baissent.

- La demande des exploitants:

Dans l'ensemble il y a un rejet certain des boucles en raison de leurs difficultés d'installation et de maintenance. Les exploitants souhaiteraient cependant un capteur non intrusif ayant les mêmes performances que les boucles. Leur rêve est en fait un capteur qu'on puisse installer facilement en bord de route, sans perturber le trafic, et avec un support aussi peu coûteux et intrusif que possible, et d'excellentes performances.

On peut noter que la tendance à augmenter la densité des PMV peut faciliter l'apparition de capteurs « aériens ».

En tout état de cause la vidéo fait actuellement une percée sur le marché et est demandée dans de nombreux appels d'offres.

M.B fait remarquer que les exploitants sont prisonniers d'une certaine idée de l'exploitation de la route, imposée par la façon dont travaillent actuellement les stations de mesure et les PC et par les données que ceux-ci traitent; cette idée est que l'exploitation impose de connaître en permanence et avec une bonne précision. les paramètres fondamentaux Q, V, T.O, voire la classification des véhicules.

L'apparition de l'analyse d'images vidéo montre que l'on peut exploiter une autoroute avec une vue plus qualitative, plus « floue » du trafic, exprimée en termes de flux ou de niveaux. Une telle approche n'est cependant pas intégrée par les exploitants, et pas compatible avec les équipements de PC actuels.

- Les transmissions

Actuellement le recueil de données dans les systèmes d'exploitation est fondé sur le protocole TEDI-LCR qui impose un recueil par scrutation périodique (polling) coûteux en capacité de transmission.

Or les exploitants, quand ils ont de grandes capacités disponibles, ont tendance à les louer à des opérateurs de télécommunications. Ils n'en ont d'ailleurs pas toujours, un exploitant comme SANEF ayant développé toutes ses transmissions, y compris le recueil de données, sur un réseau radio 3RP, avec priorité aux transmissions type RAU.

Beaucoup d'exploitants se demandent s'il ne conviendrait pas d'opter pour des protocoles de transmission moins coûteux en capacité, dans lequel la transmission serait déclenchée par le détecteur quand il a quelque chose à signaler.

- Besoins de R&D:

- recherche du capteur « idéal »
- protection des boucles contre les cisaillements et ruptures
- méthodes de transmission et détecteurs intelligents
- on peut noter que SIAT a fait des études sur l'analyse du signal des boucles pour éviter des surcomptages en cas de chevauchement de 2 capteurs par un même véhicule.

6.9 Entretien avec M. HEDDEBAUT INRETS-LEOST(2/05/99)

Points évoqués:

1- Recherches INRETS sur un capteur micro-onde passif

Cette recherche est menée avec l'IEMN de l'Université de Lille. Le phénomène physique mis en jeu est l'émission naturelle d'ondes radio par les objets, et par les véhicules en particulier. On se place dans une bande peu bruitée: 80 GHz. L'objectif à long terme est de développer un système d'imagerie analogue à ce qu'on obtient avec un capteur optique.

l'avantage des micro-ondes sur les ondes lumineuses est leur insensibilité aux conditions météo.

2- Liaisons radio au sol (fixe à fixe)

Les liaisons en étalement de spectre sont soumises en France à l'autorisation des P&T.

La bande où il sera vraisemblablement le plus facile d'obtenir des autorisations est celle de 5,7 GHz.

La SANEF utilise des faisceaux hertziens pour des liaisons entre certaines stations au sol.

Autres possibilités de liaisons: réseaux 3RP, le futur réseau TETRA (sorte de GSM industriel).

3- Liaisons filaires à haut débit

Des liaisons de type ADSL vont commencer à être commercialisées, car les composants arrivent sur le marché. Elles passent sur fils téléphoniques non pupinisés.

4- Liaisons numériques sol-véhicules par GSM

Le GSM actuel ne se prête pas à l'interrogation/réponse de véhicules « traceurs ».

Un nouveau standard à l'étude, le GATS, devrait permettre ce type d'application.

6.10 Entretien avec J.B. LESORT -INRETS-LICIT- 4/06/99

L'entretien a porté sur les conclusions provisoires du rapport DATAPLUS.

1- J.B.L. n'est pas totalement d'accord avec l'affirmation selon laquelle les capteurs existants répondent à la majorité des besoins. Il estime que la question de qualité des mesures qui n'est pas bien réglée.

2- Mesure des temps de trajet: OK sur l'intérêt de mener des recherches sur leur évaluation en contexte urbain.

3- Lecture de plaques: sujet intéressant. Outre les aspects techniques il serait essentiel de clarifier les problèmes de type « informatique et liberté ».

4- Véhicules traceurs: thème très actuel et important. Il y a déjà des réalisations (Skipper), et celles-ci devraient se développer. Il est favorable à l'idée d'un programme de recherche, qui est déjà dans les préoccupations du PREDIT.

Outre la question du taux minimal de véhicules équipés nécessaire, il y a celle de la maîtrise de ces véhicules, qui peuvent tous se trouver au même endroit en même temps par exemple.

5- Fusion de données : OK sur l'intérêt de ce thème.

La fusion de capteurs est déjà bien maîtrisée, au moins dans d'autres domaines que le trafic, et devrait pouvoir se régler facilement.

Il est plus difficile de réaliser la fusion de données hétérogènes, non synchrones, et pas toujours quantifiées avec précision.

6.11 Eric VIOLETTE - Cete Normandie-Centre - 21 juin 1999

Le C.E.T.E. Normandie-Centre et plus particulièrement la Division Exploitation-Sécurité-Gestion des Infrastructures, est très intéressé par les comportements individuels dans le cadre d'études liées à la sécurité. Cela se retrouve dans les tentatives d'explication des causes d'accidents réalisées tant dans des études méthodologiques que dans la participation à des projets européens.

Projets antérieurs

Cette idée d'enregistrer les quelques secondes précédant un accident a déjà été mise en œuvre dans le produit EUREKA. Une caméra enregistre une scène en continu et ne garde ces séquences que si un capteur a détecté un événement particulier : sortie de chaussée, seuil de vitesse trop bas ou trop haut. Le capteur utilisé initialement était un tube pneumatique. Actuellement, pour des événements en relation avec la vitesse, on utilise un capteur hyperfréquence. Le passage à la technologie numérique devrait permettre une indexation et une recherche plus rapides des séquences présentant de l'intérêt.

Projets actuels

Toujours dans l'objectif de recherche de variables explicatives des accidents, le C.E.T.E. Normandie-Centre a en projet le couplage d'un pluviomètre à une station SIREDO. L'objectif est d'analyser la variation des vitesses véhicule par véhicule en fonction de l'intensité des précipitations : pluie fine, pluie moyenne, orage. Cette analyse du comportement par temps de pluie doit permettre dans un premier temps d'expliquer les accidents par temps de pluie. Cette étude doit ensuite être poursuivie par l'étude des comportements en virage en comparant l'offre d'adhérence et la demande (toujours sur chaussée mouillée et grâce à l'analyse des vitesses véhicule par véhicule).

Sur le thème "Virages", des travaux ont été faits dans le cadre d'un projet européen (IV PCRD), l'objectif étant de constituer une banque de données "virages" et d'aboutir à une modélisation des comportements en virage. Ensuite, des améliorations au niveau de la signalisation pouvaient être proposées.

Technologies innovantes

La vidéo et le radar multi-zones sont des capteurs d'une extrême richesse.

En plus des améliorations de traitement des signaux, il serait intéressant d'améliorer les techniques de DAI-Vidéo en conservant les images antérieures à une alerte d'incidents (quelques secondes ou dizaines de secondes). Cela fournirait des éléments d'explications indéniables.

Evaluations récentes

Beaucoup d'espoir était mis dans le dernier capteur apparu sur le marché : le capteur magnétique. Mais pour l'instant, les résultats ne sont pas assez probants, surtout en classification des véhicules.

Recueils de données et exploitation

Les stations au standard SIREDO et les traitements associés offrent de multiples possibilités. Ces outils répondent bien aux besoins courants s'ils sont bien étalonnés. Mais chaque demande nouvelle est spécifique, souvent dictée par l'actualité. Dans ces cas, le système SIREDO se révèle assez fermé et ne permet pas assez d'enregistrement véhicule par véhicule.

Utilisation de matériel embarqué

Toujours dans le même esprit de mieux appréhender les causes d'accidents, le CETE Normandie-Centre verrait bien un enregistrement des dernières minutes précédant l'accident (type boîte noire).

L'équipement de véhicules "traceurs" en capteurs de différents types est certainement une solution d'avenir. Les informations seraient transmises à des balises implantées le long de l'infrastructure. La norme existe, et les expérimentations de télépéage pourraient jouer un effet d'entraînement (expérience AIDA de COFIROUTE).

Mais faut-il envisager une large diffusion type "grand public" ? L'utilisateur aurait à payer ces équipements et le retour de l'information traitée ne serait peut-être pas gratuit. D'autre part, la masse

d'informations à traiter risque d'être colossale. Aussi faut-il rechercher une solution intermédiaire avec l'équipement de seulement certains types de véhicules : flottes ...

6.12 Entretien avec Christian FRANCOISE (DDE 31)

Système de recueil de données actuel

Le réseau est constitué des routes nationales (RN) et routes départementales (RD) de la Haute-Garonne.

Des patrouilles DDE sont effectuées sur RN et RD, sauf VRU, avec une fréquence très variable, et de manière non homogène. Des patrouilles de Police sont permanentes sur les VRU.

Sur toutes les RN et sur 300 km de RD, les chantiers sont informés par les subdivisions territoriales et une réunion par mois est organisée avec la Ville de Toulouse et la Police.

Les incidents sur les VRU sont détectés par visualisation (caméras de vidéo surveillance) ou RAU ; en dehors des VRU ils sont détectés par la gendarmerie, les subdivisions ou les usagers.

Les usagers appellent pour signaler les problèmes (rarement : environ 10/an) ; pour demander des informations (95% des demandes sont pour des longues distances > 500 km) ; souvent demande d'information générale (tarifs péages, etc.)

Les contacts de la part de opérateurs voisins se limitent à la Ville lorsqu'il y a un événement proche des VRU.

Le système de recueil de données des voies rapides urbaines de Toulouse est constitué de :

- ◆ stations de comptages de type SIREDO (boucles électromagnétiques). Elles envoient des données 6 minutes sur les VRU, et des données horaires ou journalières ailleurs. Elles couvrent l'ensemble du périphérique (ERATO) et les voies d'accès ;
- ◆ caméras vidéos : utilisées uniquement pour la surveillance depuis le PC DDE ;
- ◆ Réseau d'appels d'urgences (RAU) : Les appels par PAU sont gérés par le Police qui contacte alors, selon le cas, la DDE, les dépanneurs et se déplace éventuellement.

Un traitement automatique des données sera réalisé par le système CLAIRE, qui propose des actions qui seront validées par l'opérateur en final. En visualisation, les opérateurs PC rédigent les messages à transmettre

Perspectives d'évolution

Il n'est pas envisagé une très forte densification pour ce qui concerne les boucles électromagnétiques sur les voies rapides, car le niveau d'équipement permet déjà une très bonne couverture de l'ensemble des VRU.

La couverture vidéo du périphérique pourra être améliorée.

Il est par contre envisagé d'améliorer le taux d'équipements sur le réseau routier (RN , RD) pour contrôler les accès à Toulouse.

Intérêt pour des systèmes non intrusifs

La vidéo est déjà utilisé comme système de surveillance. Il n'y a pas de DAI ou DAB utilisant des mesures vidéo. Un projet de DAI / DAB est en cours sur la partie concédée à ASF.

Intérêt pour la surveillance météo

Il n'existe pas actuellement de surveillance météo particulière. L'intérêt reste faible vu les conditions météorologiques habituelles sur le région toulousaine.

Il existe un réseau de stations de mesures dédiées à la surveillance de la pollution atmosphérique, qui est géré par l'organisme ORAMIP. Cet organisme informe la DDE sur les indices mesurés.

Besoins en matière de nouveau moyens de recueil de données

La performance recherchée est principalement sur la fiabilité des stations de mesures existante ou à venir. Un effort doit également être porté sur les réseaux de communication, afin de réduire le temps entre la mesure et la connaissance des événements au niveau du PC.

Utilisation possible du matériel embarqué

L'expérimentation TITUS d'information embarquée, utilisant le canal RDS-TMC et le protocole ALERT-PLUS, a montré la faisabilité et l'intérêt des systèmes embarqués, principalement dans le sens de l'information descendante. Le canal remontant pour l'utilisation des données en provenance des véhicules (FCD) n'a pas été analysé.

6.13 Entretien avec Jean-Loup MELIQUE, chef de viabilité au District de Toulouse des ASF – 27/01/98

Recueil de données

Le réseau sous responsabilité du District de Toulouse, des ASF est :

- le tronçon VRU entre péages A61 et A62 (rocade Est)
- A68 de Gémil (pk 17) à la rocade
- A680 : 8,5 km depuis la bretelle de Verfeil
- A64 : de Bordelongue à Muret

Ce réseau est équipé de 32 doubles boucles de comptages : en section courante, sur bretelles, sur diffuseurs (14 sur rocade est, 9 sur A64, 9 sur A68 et A680). Ces stations de comptages donnent le débit, le taux et la vitesse par sens et par voie toutes les 6 minutes.

Il y également 55 caméras de surveillance qui couvrent toute la zone urbaine du réseau (tout sauf A68 et A680). Les images sont retransmises sur une quinzaine de moniteurs vidéo au PC.

Vingt huit postes de RAU (Réseau Appel Urgence) sont connectés au poste de Police ou de Gendarmerie (système polyglotte 6 langues)

Six stations météorologiques (3 sur la rocade, 3 sur A68 et A64) sont connectés au système d'alerte sur le risque de verglas, ainsi qu'au système d'aide à la décision pour le traitement du sol. Elles mesurent :

- les températures de l'air et de la chaussée
- l'état de la chaussée
- l'hygrométrie
- la présence d'eau et de sel
- la visibilité
- la pluviométrie

Plusieurs personnes patrouillent : 6 patrouilleurs ASF en 2 x 8h - 22 agents de maintenance - la Police sur la zone urbaine - la Gendarmerie sur la zone interurbaine - des dépanneurs privés agréés sur appel. Tout événement est saisi sur la main courante informatisée (MCI) par les 6 agents Telecom au PC qui se relie en 3 x 8.

Un système de détection automatique de bouchon (DAB) est en cours d'essai, avec deux panneaux pictogrammes.

En cas de "gros problèmes", des contacts sont pris avec la DDE, ou la ville. A part ERATO, il n'y a pas d'accord avec les autres autorités gestionnaires de voirie.

Usagers

Sur les VRU, il y a une moyenne de 77 500 véhicules par jour sur les 2 sens, avec des points allant jusqu'à 100 000 véhicules par jour.

Sur l'A64 : on compte 42 500 véhicules par jour sur les deux sens

Sur l'A68 : 14 300 véhicules par jour sur les deux sens

Le taux de PL est de l'ordre de 15 à 25 %. En ce qui concerne l'information trafic, il n'y a aucun retour de la part des usagers. Il semblerait que les conducteurs ne regardent pas les panneaux.

Diffusion de l'information

De par la faible longueur des itinéraires, il n'est pas envisagé de diffuser de l'information de type "temps de parcours". Ne sont diffusés que des messages de type travaux ou événementiels. En amont des gares de péages et lorsqu'il y a un incident majeur sur les VRU, des conseils d'itinéraires sont affichés sur les PMV.

Les messages sont diffusés par :

- ◆ PMV : 9 panneaux alphanumériques sont placés en amont des gares de péages.

- ◆ Par véhicule patrouilleur : ceux-ci sont équipés de panneaux alphanumériques éclaircis, et servent à signaler les travaux, bouchons et ralentissements....

Cette partie du réseau ASF est exclue de la zone de diffusion de l'autoroute FM (107.7) qui s'arrête au péage de Toulouse Sud. Toutefois, il est prévu d'étendre la couverture 107.7 aux VRU en 1998. En cas de travaux durables ou importants, l'information est diffusée par voie de presse et à toutes les radios.

6.14 Entretien avec Service Circulation Ville de Toulouse

Patrick LAFFONT, Serge MATHIEU, Alexandre BLAQUIERE

Situation actuelle et les évolutions prévues en matière de recueil de données

Il y a plus de 360 postes de mesures qui fournissent des données débit et taux d'occupation toutes les 3 minutes ou toutes les 15 minutes, selon les postes.

Quelques dizaines de caméras servent à surveiller l'état de la circulation sur l'ensemble du réseau urbain, mais surtout sur des zones stratégiques, dans la partie très centrale de Toulouse.

Tendances des systèmes de régulation de trafic.

Le renouvellement du poste central de régulation de trafic de la ville de Toulouse est en cours. Le PC CAPITOU-2 sera opérationnel fin 1999, avec de nouvelles fonctionnalités, telles que les actions de désaturation, de micro-régulation pour les véhicules prioritaires, et de nouvelles règles de régulation par zone (combinaisons de méthodes actuelles).

La régulation s'exécute sur différentes échelles de temps : à 3 minutes pour les actions globales ; au temps de cycle pour la micro-régulation ; à l'intérieur de la durée du cycle pour les actions de priorité.

Traitement de l'information

Les bouchons sont détectés par CLAIRE. Ils sont alors identifiés et transmis à une couche information usagers (application CLAIRE / ANTARES) qui fait appel à un découpage par trajets et pôles.

La main courante électronique (MCE) permet de transmettre les événements en cours et prévus (travaux sur la voirie, manifestations, ...).

Les temps de parcours sont mesurés aux heures de pointe du matin et du soir sur 15 itinéraires dans le centre ville, lors des enquêtes OBSERVATOIRE (1 semaine par an). Il n'y a pas d'indicateurs globaux calculés, mais une analyse est faite pour tous les points de mesures.

La diffusion de messages se fait par :

- serveur audiotel ALLO TRAFIC et messages flash mis à jour toutes les 3 minutes
- télécopies sur les événements prévisibles et en cours, envoyées quotidiennement ou 2 par jour
- panneaux à messages variables, sur événements
- contacts avec les radios fait par la Police Nationale, sur événements

Ces messages sont destinés à tous les usagers (par téléphone et PMV), ou aux abonnés uniquement (fax).

Performances attendues des systèmes de recueil de données

Amélioration de la fiabilité des postes de mesures classiques (boucles).

Intérêt pour les systèmes d'information/guidage

La ville de Toulouse a participé au projet TITUS d'expérimentation d'un système d'information embarquée. Elle participe également aux projets CLEOPATRA et CENTAURE, traitant de l'information des usagers. Un serveur d'information trafic sur Internet est en cours de développement, et devrait être opérationnel en septembre 1999.

Tous ces systèmes d'information pour les usagers requièrent une grande quantité de données temps réel sur les conditions de circulation : couverture de l'ensemble de l'agglomération toulousaine, avec une bonne fiabilité. Une étude a été dédiée à la définition du Système Global d'Information sur l'agglomération.

Utilisation possible du matériel embarqué

Le Service Circulation de la Mairie de Toulouse utilise le matériel embarqué MITEMPS afin de réaliser régulièrement des enquêtes de temps de parcours sur plusieurs axes majeurs de la ville.

6.15 JAQUEMIN - Communauté Urbaine du Grand Nancy

24 juin 1999

La Communauté Urbaine du Grand Nancy (C.U.G.N.) est équipée d'un système de Régulation du Trafic (S.R.T.) couplé à un S.A.E. qui fonctionnent dans le même poste central. Ce système gère 330 carrefours à feux, soit 90 % de l'ensemble du parc.

Le système de régulation fonctionne avec 250 postes de mesures de macrorégulation (400 boucles implantées) qui recueillent également les débits pour les statistiques. Certains carrefours périphériques fonctionnent de façon isolée avec des boucles de microrégulation.

Pour les recueils de données temporaires de débits, vitesses et surtout débits P.L. réalisés à la demande des élus, c'est toujours le tube pneumatique qui est utilisé, raccordé à un compteur STERELA ou SIAT (30 compteurs tournants). La C.U.G.N. vient d'acquérir le cinémomètre à visée LASER de la SFIM. Après des essais avec les plaques NUMETRICS (à base de capteurs magnétiques), ceux-ci sont maintenant délaissés.

Il y a, en projet, la constitution d'un observatoire des trafics interfacé avec la Banque de Données Urbaines (B.D.U.) avec pour objectifs de corrélérer les mesures de bruit et de pollution avec les niveaux de trafic. Une dizaine de stations de mesures de pollution sont implantées sur l'agglomération et le niveau 2 n'a pas encore été atteint.

Pour l'instant, la C.U.G.N. ne possède pas de carte générale des trafics (l'évolution des systèmes de régulation et le passage du futur tramway risque de bien occuper le service Transports-Circulation pour les 2 ans à venir.

Systeme de régulation

D'ici fin 1999, la C.U.G.N. aura mis en service la 3^{ème} génération de systèmes de régulation centralisée des feux tricolores. Le premier système a vu le jour en 1973, le second en 1981 avec l'arrivée des Trolley Bus et du S.A.E., et le dernier réalisé par SERELEC, est prévu pour prendre en compte l'arrivée du Tramway (Système Bombardier sur pneus avec guidage central). Depuis les débuts de la régulation centralisée, Nancy a adopté la commande centralisée, groupe de feu par groupe de feu. Ce nouveau système en projet est un système "ouvert" pour lequel les macroinstructions doivent être écrites par les services techniques. Il existe toujours une bibliothèque de plans de feux et la prise en compte des demandes de priorités "transports en commun" est gérée directement au niveau du contrôleur de carrefour. Le mode de fonctionnement en "temps réel" est imposé par le futur tramway et mis à part sur les axes concernés par son tracé, le système de régulation fonctionne sur des algorithmes à seuils (la méthode du vecteur n'a jamais été utilisée).

Le S.A.E. permet une prise en compte des véhicules de transports en commun à l'approche des feux tricolores selon les principes classiques d'anticipation de prolongation de vert ou de priorité absolue. Il s'écoule moins d'une seconde entre la demande de priorité et la prise en compte de cette demande par le S.R.T.

La C.U.G.N. dispose d'une "boîte noire" capable d'enregistrer tous les événements sur un carrefour et notamment les demandes et les acceptations de priorité T.C.

Les boucles électromagnétiques

Elles ne posent pas le problème et les pannes résultent le plus souvent de travaux sur les chaussées. Les détecteurs ne sont plus dépannés mais échangés en cas de panne.

Transmissions

Elles sont toujours réalisées sur paires téléphoniques cuivre, y compris pour la vidéo. L'évolution des vitesses de transmission permet de raccorder jusqu'à 16 carrefours sur deux paires.

Intérêt pour les systèmes non intrusifs et la vidéo

Le capteur magnétique est actuellement testé dans une gaine située à 80 cm sous la chaussée. Pour l'instant, 2 sites sont expérimentés : l'un fonctionne bien, l'autre moins bien, probablement à cause d'interférences avec des câbles de puissance.

La C.U.G.N. manifeste de l'intérêt pour la vidéo

- gestion de carrefours isolés,
- comptages directionnels avec une caméra installée à grande hauteur : expérience satisfaisante,
- détection des infractions de franchissement de feux rouges (voir matériel E.C.M.), pour l'instant, cela reste une expérimentation.

Politique de maîtrise de la demande

L'étude du P.D.U. est terminée et sera présentée en juillet à la Commission Déplacements puis au Conseil de Communauté Urbaine. L'implantation d'un tramway constitue un volet important de ce plan de déplacement : redistribution des emprises de voirie et mesures d'accompagnement au niveau plan de circulation.

Besoins non couverts

De plus en plus, les plans de feux sont élaborés en tenant compte des flux de piétons. Or, il n'existe pas de moyen pour mesurer ces débits piétons. Il y a quelques années, la Ville de Nancy a expérimenté un tapis détecteur de piétons (matériel toujours fabriqué par E.C.M.) mais l'expérimentation est restée sans suite.

Vandalisme

Coût pour la Collectivité : environ 400 000 F/an.

Avis sur l'utilisation possible de matériel embarqué

La C.U.G.N. utilise déjà le produit " mitemps " (mesures informatisées des temps de parcours). Grâce à l'interface SERELEC, il est possible de transmettre aux usagers des informations sur le guidage, mais cette fonctionnalité n'est pas réalisée.

6.16 Bernard JACOB - L.C.P.C. 19 Juillet 1999

avec la participation de Philippe BRIQUET (L.C.P.C.)

A compter du 1^{er} juillet 1999, M. JACOB est nommé Chef de la Division Exploitation, Signalisation, Eclairage.

Le L.C.P.C. est concerné à la fois par les questions du point 1-6 (Services d'Etudes et de Recherches) et du point 1-1 (Administration Centrale).

1.1. L'Administration Centrale s'appuie souvent sur les services techniques centraux (SETRA, LCPC) pour définir sa politique. Ces derniers font des propositions à la D.S.C.R. qui décide en fonction de ses budgets. B. JACOB regrette cette absence de définition de politique générale de la part des administrations centrales hormis pour la D.T.T. La D.S.C.R. relaye les discours politiques des ministres mais ne met pas toujours les actes en accord avec les idées à cause d'un budget trop encadré.

Il n'est pas possible de se prononcer sur la question d'une éventuelle intensification des recueils de données sans répondre au préalable aux questions :

- pour quoi faire ?
- quelles données ?
- avec quelle précision ?

Cette approche a été réalisée pour le pesage en marche dans le cadre de COST 323. Pour les données de débits, il n'existe pas de document général faisant référence. Cela pourrait être la suite de la partie d'étude de DATA+ (analyse des fonctions) couplé à l'analyse des besoins de différents exploitants utilisateurs de données.

Intérêt de la recherche pour les recueils de données

La recherche doit être orientée vers l'assurance qualité.

- contrôle des données à tous les niveaux,
- fiabilité des capteurs et des chaînes de mesure,
- tests de vraisemblance des données,
- recherche constante d'amélioration.

Intérêt des recueils de données pour la recherche

Les données standards ne sont pas directement exploitables sauf pour sélectionner une période de mesure.

La recherche a besoin de données fines véhicule par véhicule pendant quelques jours bien choisis. Les stations SIREDO existantes ne permettent pas toujours d'obtenir beaucoup de données sous cette forme.

Répression et évolution de la réglementation

Il faut constater que les contrôles actuels sont inefficaces, principalement par manque de moyens. Il est indispensable de rechercher des moyens de contrôle automatiques de façon à concentrer les moyens humains sur les 10 % de véhicules régulièrement en infraction.

La transmission des données de façon automatique pourrait se faire dans un premier temps sur la base d'un volontariat.

- le véhicule est instrumenté et enregistre en permanence les données de charge, vitesse ...,
- au passage, devant une borne, le chauffeur transmet ces données. On peut aussi envisager une transmission vers un satellite ou un relais G.S.M.

Un tel système peut se concevoir avec des variantes comme par exemple :

- Seuls sont arrêtés les véhicules qui ne transmettent pas d'information,
- Les moyens automatiques de mesure permettraient au chauffeur d'apporter des preuves de sa bonne foi en cas de contestation d'un contrôle,
- On ne pourrait utiliser que l'information temps de parcours de façon anonyme,
- Détection des véhicules en difficultés,
- Utilisation de systèmes d'interrogation portables,
- Au passage sur un site particulier, il est possible d'enregistrer le comportement des suspensions, l'efficacité du freinage ..., de les communiquer au chauffeur et à un système de réception à proximité du site. Il s'agit d'un autotest qui permettrait de réduire les contrôles techniques.

Pour les V.L., le contrôle porterait par exemple sur la pression des pneumatiques et l'état des suspensions. Dans un premier temps, le chauffeur garderait la maîtrise de l'envoi de l'information.

Toutes ces aides à la conduite ne doivent pas aboutir à déresponsabiliser les conducteurs.

Vers la constitution d'une base de données européennes

Il serait intéressant d'harmoniser les recueils de données au niveau européen de façon à être plus opérationnel dans la gestion des flux transfrontaliers : échanges de données, critères de prise de décision, réalisation de publication européenne ...

Matériel embarqué

Un véhicule instrumenté pourrait servir d'étalonnage aux stations de mesure par communication de sa charge lors de son passage au droit de chaque station.

Questions relatives aux services d'étude et de recherche

Projets de R & D

- Le pesage à l'aide de capteur à fibre optique reste d'actualité malgré les réorganisations successives de l'industriel ALCATEL. Après des phases de mise en sommeil, cela semble reparti avec comme échéances :
 - fin 99, test sur site, probablement à l'Obrion, (A31 en MOSELLE)
 - fin 2000, commercialisation du capteur et du détecteur,
- Le capteur de charge à cristal de quartz KISTLER offre une bonne précision identique à celle des balances dynamiques. Plus cher que le piézo, il est moins cher qu'une balance (≈ 30 000 F le capteur) mais si sa diffusion prend de l'ampleur, ce prix devrait baisser ... KISTLER est associé à GOLDEN RIVER pour le reste de la chaîne de mesure,
- L pesage multicapteur qui élimine les effets dynamiques dus aux imperfections de la chaussée

- Les ponts instrumentés à l'aide de jauges de contraintes. Ces capteurs s'adaptent sur 80 % des ponts existants.

Le programme européen WAVE a permis de regrouper les tests sur 2 sites en Europe et de faire des essais selon une procédure commune. Après la fin de ce programme, il serait bon de maintenir cette cohésion et d'éviter que chaque pays ou service entreprennent des essais, de façon rapide et désordonnée.

Pesage basse vitesse

La précision est bonne avec des capteurs semi-fixes ou encastrés dans la chaussée : utilisation de bascules captels et de barreau quartz par la suite. Le piézo est utilisé uniquement en présélection des surcharges. Mais cela reste une solution transitoire. Il reste à lever les problèmes avec la métrologie légale : pesée en mouvement, traçabilité des poids des essieux.

Utilisation de matériel embarqué

Sous l'angle recherche, le matériel embarqué est indispensable pour enregistrer les forces d'impact sur la chaussée et les réactions du véhicule en fonction de la chaussée.

Un tel matériel n'existe pas en Europe et il faudrait s'associer à plusieurs pays pour le concevoir et l'exploiter.

Il permettrait entre autre :

- De tester les joints de chaussée sur les ponts,
- D'étalonner les capteurs de poids.

6.17 Société ECM – M. MAEDER

24 juin 1999

L'activité de la Société E.C.M. est totalement orientée vers la mesure du trafic routier et plus spécialement le pesage dynamique et la classification des trafics. Les principaux clients de la Société E.C.M. sont à 80 % à l'étranger et principalement les sociétés concessionnaires d'autoroutes en France. Depuis 1981, le pesage dynamique par capteur piézo-céramique et la station HESTIA ont mobilisé une grande partie des moyens en recherche développement. Les autres capteurs et applications en ont ensuite découlé .

Innovations récentes

- Capteur piézo-céramique de classe II posé en temporaire, glissé dans une gaine collée en surface (10 mn pour la pose), ce capteur posé sur 1,80 m en demi-chaussée permet de faire de la classification, à faible coût. Seule la gaine collée n'est pas récupérable. Il fonctionne pour toute vitesse supérieure à 5 km/h,
- Capteur piézo-céramique démontable de classe I,
- Capteur piézo-céramique de classe II de faible coût : environ 3 000 F.

Pour le comptage d'essieux et la définition des silhouettes aux péages, E.C.M. propose différents types de capteurs linéaires :

- ❖ Capteur résistif démontable : durée de vie pour 4 millions d'essieux
- ❖ Capteur résistif trapézoïdal,
- Constituants de station météo raccordable sur la station HESTIA
 - ❖ Détecteur de pluie,
 - ❖ Sonde d'état de sol.

Perspectives d'évolution du marché

Travaillant principalement à l'export, les perspectives de marché sont importantes dans les pays en voie de développement où le taux de motorisation évolue vite.

Dernières grosses opérations :

- Brésil 600 voies équipées,
- Corée 330 stations installées dont 30 pour la pesée.

Systèmes non intrusifs

Détecteur micro-ondes multivoies LOREN. 24,125 Ghz. Ce nouveau capteur hyper-fréquence sorti depuis 2 mois est toujours en essai en multivoies.

Il permet les fonctions suivantes :

- Comptages des véhicules,
- Evaluation de la longueur,
- Mesure de la vitesse,
- Calcul du taux d'occupation équivalent à une boucle de 1,5 m.

LOREN s'installe sur un mât placé en dehors de la chaussée de 6 à 10 mètres de hauteur suivant la configuration de la route et détecte les véhicules à une distance comprise entre 6 et 40 mètres.

LOREN se raccorde à une station de trafic HESTIA.

Enregistrement vidéo des véhicules (plaques d'immatriculation) en franchissement de feux rouges. 30 systèmes ont été vendus en Corée.

Pesage en marche – Présélection et répression

Le principe consiste à faire de la présélection des véhicules en surcharge à vitesse normale puis à faire des mesures de poids plus précises à basse vitesse ou à l'arrêt. La Société ECM a également développé des bascules à jauges de contrainte. De nombreux pays ainsi que la France s'intéressent à l'installation d'aire de pesage fonctionnant sur ce principe :

- Pesage dynamique de tous les poids lourds,
- Arrêt seulement des véhicules supposés être en infraction.

Besoins en recherche et de développement

ECM est toujours à la recherche de sites pour tester ses capteurs et matériels en situation réelle. De bonnes relations existent avec la SAPRR et la CUGN mais cela ne couvre pas toutes les configurations.

Utilisation de matériel embarqué

Pas traité par ECM.

6.18 Daniel STANCZYK - Albert METZELER - CETE de l'Est

25 juin 1999

Situation des capteurs en regard des utilisations actuelles pour des mesures temporaires

Les mesures permanentes sont assurées par le réseau SIREDO et ne donne pas lieu à d'avis spécifique de la part du réseau technique.

Le capteur magnétique n'a pas démontré suffisamment de précision pour des mesures de vitesses et de débits classifiés. Il est par ailleurs gourmand en énergie. Moyennant des améliorations, il reste une bonne piste pour l'avenir.

Suite à ce premier constat, le tube pneumatique revient en force. Des améliorations ont déjà été apportées au module détecteur (utilisation d'une capsule à base de piézo) et des recherches pourraient encore être menées dans le traitement du signal dans l'objectif de faire la distinction entre essieux de V.L. et essieux de P.L.

Les capteurs détecteurs à base d'hyperfréquence sont bien indiqués pour faire des mesures de vitesse mais pas pour des mesures de débits.

Les recherches de base au CETE de l'Est

L'utilisation du capteur piézo-électrique

Au cours des 4 dernières années, les projets européens COST 323 et WAVE ont fourni un cadre de coopération internationale pour l'amélioration des techniques de pesage dynamique.

Après des recherches liées à l'étude des sollicitations subies par les chaussées et ouvrages, les axes de recherche ont été orientés vers une assistance à la répression des poids lourds en surcharge.

- définitions de spécifications européennes pour les classes de précision,
- amélioration des précisions par des techniques de pesage multi-capteurs. Approche de la valeur du poids statique,
- étalonnage des mesures par rang d'essieu,
- couplage présélection et prise de vue vidéo (incrustation des mesures de charge), capacité de stockage de 20 000 images et avertissement des transporteurs dans un premier temps,
- expérimentation du site de présélection,
- test des différents matériels européens de pesage dynamique sous différentes conditions de températures et de niveaux de trafic.

Projets de R et D en matière de recueil de données

Le principal projet du CETE de l'Est en matière de recueil de données pour les années à venir sera certainement axé sur l'ultra-son. Pour l'instant, son utilisation est restée confidentielle, mis à part son utilisation dans la chaîne FRAO.

Capteur non intrusif par définition et d'une installation sans intervention sur la chaussée, il présente un certain nombre de potentialités selon les configurations d'emploi.

- en visée horizontale, détermination de la zone active, avec 2 ultra-sons placés par exemple à 0,70 m et 3 m, il est possible de discriminer les P.L. des V.L.,
- en visée oblique, élimination des problèmes de masquage,
- en visée verticale, mesure de la hauteur des véhicules et donc calculs de débits classifiés.

En 1999, le CETE de l'Est a démarré un projet visant à transmettre par transpondeur les caractéristiques des véhicules lourds, figurant sur la carte grise. L'interrogation et la réception se font grâce à deux boucles électromagnétiques distantes de 3 m. Dans une phase ultérieure, il est envisagé de transmettre aussi d'autres données telles que :

- la valeur de la charge transportée,
- les informations du chronotachygraphe,
- l'identification de matières dangereuses transportées.

Exploitation et traitement des données : projet CARAT de traitement des données de comptage.

Serveur national ERMES concernant toutes les données relatives au trafic.

Technologies innovantes

On relève le capteur ECO (caméra matricielle dégradée), utilisé par la SFIM pour détecter l'arrivée d'un véhicule dans le champ du radar MESTA 208.

Les infra-rouges passifs qui mesurent le rayonnement d'un véhicule et plus particulièrement de son moteur. La portée est cependant limitée à 2-3 m.

Les radars de type BEATRICES ou ARMADA qui fonctionnent en enfilade sur 400 m et analysent le champ des vitesses. Dans une autre version, ils sont capables de mesurer les vitesses individuelles des véhicules sur 10 voies simultanées et de recueillir les débits.

Pistes de recherches pour l'avenir

- enregistrement des données de poids dans une "boîte noire" à demeure sur le véhicule et lecture à l'arrêt via un transpondeur,
- transmission d'informations routières vers les véhicules à partir de la boucle qui est chargée d'animer et d'interroger le transpondeur,
- analyse de la dynamique des autres véhicules à partir d'un véhicule flottant : dépassement, trajectoire ...,
- liaisons véhicules \leftrightarrow véhicules outils d'interrogation mobile des véhicules qui arrivent de l'autre sens,
- mesures des faibles débits à partir d'un véhicule flottant (comptage des véhicules croisés sur une certaine distance).

6.19 Ch. TARPIN - Médiamobile (opérateurs privés de système d'information)

21 septembre 1999

Situation actuelle :

Médiamobile est la société opératrice du service Visionaute dont le capital est détenu par TDF (France Telecom), Renault, Cofiroute et la Caisse des Dépôts. Médiamobile récupère des données trafic auprès de la Ville de Paris, du SIER et des taxis G7 et les met en forme pour le service d'informations routières Visionaute qui fournit temps de parcours, bouchons, fermeture de voies, ... au travers de RDS/TMC (Protocole ALERTC, ALERT +).

Le service Visionaute fonctionne sur un terminal noir et blanc portable développé par SAGEM et un terminal Renault couleur (CARMINAT) sur la Mégane. L'accès au service se fait par abonnement (terminal fourni + abonnement au prix de 180F/mois) ou achat du terminal SAGEM (1797.00 FTTC) + 90F/mois d'abonnement.

Le service est disponible sur l'Ile de France où 4 000 km de voies orientées sont renseignées. La partie Est est surtout renseignée à partir des taxis. La partie Ouest à partir des taxis et des boucles. Les informations quantitatives sont traitées automatiquement, les informations événementielles sont éditées manuellement.

Problèmes liés à la qualité du recueil

Les données de trafic sont la matière première du service d'information. Toute la chaîne de recueil et de traitement peut influencer sur la qualité de l'information.

Capteurs fixes :

L'information est à la discrétion de l'exploitant. En ce qui concerne les capteurs de la Ville de Paris on note :

- Une couverture insuffisante (le Boulevard Périphérique est bien couvert)
- Un manque de fiabilité chronique de certaines sites (Grande Armée...)
- Manque de réactivité de la Ville de Paris lorsque des incidents apparaissent (boucles hors service)
- Capteurs mal placés.

En ce qui concerne les actions d'exploitation, elles ne sont pas répertoriées correctement ; ainsi la fermeture du BP en section courante n'est connue que trop tard et les fermetures de bretelles ne sont pas connues, la Ville ne les gérant pas correctement.

En ce qui concerne le SIER, on note :

- Une couverture insuffisante
- Peu d'événements disponibles
- Manque de stabilité de l'information à l'Ouest
- Manque de fiabilité des algorithmes de calcul de temps de parcours. Il y a des biais dans les calculs et ceux-ci conduisent à des décrochages purs et simples dans la fourniture de ce temps de parcours, surtout lors de trafics importants.

Capteurs mobiles

2500 taxis G7 sont disponibles et équipés de GPS (précision 10 mètres dans 90 % des cas). Ils fournissent 300 000 positions (x, y, t) par jour.

L'application trafic n'étant pas prévue au départ sur les taxis, la position n'est donnée qu'à la prise en charge et à la décharge des clients. Un calcul de recalage doit être fait pour obtenir les temps de parcours entre nœuds.

Les taxis sont maîtres de leurs trajets, ils circulent le plus souvent sur les grandes voies, la couverture du réseau n'est donc pas régulière.

Le service actuel

Tout d'abord, il faut signaler que 96 % des clients actuels (autour de 2000) sont satisfaits du service. Ils perçoivent la réactivité de celui-ci au trafic. Au niveau de la précision, Médiamobile observe que dans 87 % des cas, on a :

Temps de parcours réel = $\pm 2'$ + 10 % de parcours initial, ce qui s'explique par l'évolution du trafic, le comportement du client, les données erronées, également le fait que pour l'instant, il n'y a pas de prévisions. Compte tenu des imperfections du recueil, ce résultat est considéré comme bon.

Améliorations souhaitées

Tout d'abord celles liées aux problèmes listés précédemment :

- Réactivité dans les pannes
- Fiabilité des algorithmes
- Surtout une meilleure connaissance des événements.

Le conventionnement actuel entre les fournisseurs d'information et Médiamobile est contesté : la collaboration client - fournisseur souffre de sa nature privée/publique indépendamment du coût des informations (autour de 400 KF/an). La collaboration devrait être redéfinie.

Nouveaux systèmes

Médiamobile ne souhaite pas développer des capteurs spécifiques et n'envisage pas de recueil de données privé. En ce qui concerne les capteurs qui pourraient être utilisés dans le futur :

- Vidéo : pas prévue
- Capteurs spécifiques : l'utilisation d'hélicoptères ou de drones a été envisagée
- L'utilisation de matériel embarqué est considérée comme très porteur. L'utilisation du GSM sera primordiale avec la remontée d'informations événementielles (appel de témoins, taxis,...) et la descente d'autres services (informations générales)
- Intermodalité : ce concept est à l'étude en liaison avec le STP pour les transports publics.
- Un service d'accès aux parkings est à l'étude.

Recherche

Il est à noter que pour la viabilité de son service, Médiamobile effectue en interne beaucoup de recherche sur les algorithmes (fusion de données trafic et taxis,...)

6.20 M. ESTIVAL - STERELA (Constructeurs)

27 septembre 1999

STERELA SA est une société de 50 personnes (20 personnes en Bureau d'Etudes) avec un chiffre d'affaires de 35 MF. Cette société est située dans la région toulousaine et travaille uniquement sur les capteurs dans les trois domaines suivants : aéronautique, industriel, routier, ce dernier secteur représentant environ 55 % des activités. A l'international, STERELA a des accords avec SINCO Trafico (Madrid).

Catalogue et produits (pour la route)

On distingue les capteurs (à boucles magnétiques, piezoelectrique, magnétomètres, à tubes), les détecteurs (de 1 à 4 voies), les stations de mesure (fixes ou mobiles, dans ce cas appelées compteurs). STERELA produit également des stations météo.

Capteurs

- à boucles - prix : de 1000 à 2000 FF
- précision : 2 % en débit, 4 % en vitesse

Détecteurs

- Prix : 1000 à 2000 FF

Stations fixes

- Prix : environ 15 000FF
- Nature : 4 détecteurs
- Variables : Q, To, Vitesse, espacement temporel
- Marché français : 40 à 50 %

Stations mobiles

- Protocole SIREDO, STERELA
- Autonomes
- Normes TDI (protocole), CCR langage
- Coût : 8000 FF
- Production : 400/an
- Marché français : 60 %
- Les stations sont compatibles avec un poste centralisé grâce à un lien GSM (pooling jusqu'à chaque 6 minute)

Stations piezoélectriques

- Mêmes fonctionnalités avec le pesage en plus
- Précision : 5 à 20 %
- Marché en France : 30 %
- Concurrence : ECM et étrangers
- Marché à l'export important et en développement

Capteurs magnétométriques

- Fixes : liaison sol (plaque), détecteurs par fil
- Mobiles : liaison à détecteurs par hyperfréquences
- Coût : 8000 FF
- Prix du capteur : 1000, 2000 FF
- Précision débit : 4 %, vitesse 6 %
- Production 50 fixes, 50 mobiles
- Avantages : les capteurs fixes peuvent se mettre à 10 cm de profondeur, sous l'enrobé ou dans des fourreaux autoroutiers. Pour STERELA, ces capteurs constituent le marché futur

- Marché STERELA : 20 %
- Concurrence : M-metrics (USA) 20 % du marché
- SIGNATURE qui a repris MAGSYS 25 % du marché

Stations météo

- Fournissent température, hygrométrie, température chaussée en surface et en profondeur
- Coût : 30 000 FF

Situation à l'international

STERELA figure parmi les 5/6 constructeurs mondiaux comme :

- GORDENRIVER,
- M-METRICS (vendu par SIAT)
- TRAFICOMP

Comme dans de nombreux domaines en trafic, la France a des spécificités très nationales, ce qui est un obstacle au développement commercial. STERELA inclut le plus possible les spécificités étrangères dans ses produits pour attaquer les autres marchés. Exemple : SIREDO trop spécifique. Cela doit être dû au manque de grands Groupes français agissant dans ce domaine dans le monde.

Autres techniques

- Vidéo : commence à se coupler au recueil fait par des capteurs au sol - STERELA peu actif
- Infrarouge : STERELA fait du comptage piétons avec une bonne précision (3 % sur la somme des courants). Utilisation de portiques à EURODISNEY par exemple.

Besoins non couverts

- Au niveau précision et pour un usage courant, la précision des capteurs est suffisante
- Les besoins des utilisateurs en liaison hyperfréquence entre les stations de comptage et les collecteurs comme les contrôleurs de carrefours, ne sont pas clairement exprimés, ce qui semble paradoxal.
- STERELA aimerait que l'Administration reformule les documents concernant les spécifications datant de 1980 qui sont trop limitatives et ainsi permettre aux industriels de non seulement satisfaire le marché français mais également de mieux s'ouvrir à l'export.
- Il existe une forte demande de Temps de Parcours. Des stations "allégées" d'un coût très faible, mesurant la vitesse moyenne en un point seraient les bienvenues.

Directions de développement

- Les capteurs magnétométriques sont promis à un bon avenir car ils peuvent couvrir les besoins de remplacement. Ces capteurs sont passifs, ne consomment guère. Ils pourront avoir un volume très faible. La notion de capteur-transmetteur est porteuse.
- Les stations de mesure qui sont équipées d'un calculateur puissant peuvent intégrer facilement de nouvelles mesures comme la vidéo.
- STERELA développera toujours dans le cadre de son concept stations fixes/stations mobiles.

6.21 M. Jean-Marc BOISSEAU - Cofiroute (Opérateurs d'autoroute)

29 septembre 1999

COFIROUTE est un opérateur privé qui gère un réseau de 800 km d'autoroutes dans l'Ouest-Sud-Ouest de Paris. M. Boisseau est responsable du PCI, du centre d'exploitation de ce réseau. Ce réseau est découpé en "districts", une branche autoroutière possédant plusieurs districts.

Situation actuelle de recueil de données

Boucles magnétiques

Le réseau est équipé de stations de comptage à base de boucles situées entre deux sorties. Ces stations de comptage (STERELA) ont deux boucles par voie, permettant d'obtenir vitesse, débit, TO, distance intravéhiculaire et de répertorier les véhicules de plus de 7,80 m. L'information est ramenée pour chaque district dans un centre de contrôle.

Capteurs piézométriques (STERELA)

Il existe 8 stations à base de capteurs piézométriques fournissant une classification des véhicules suivant 14 classes.

Caméras de vidéosurveillance

Utilisées pour observer des jonctions sensibles, au niveau de la Francilienne par exemple, de la jonction A10-A11 etc., dans le futur pour le contournement de Nantes. Il y a 5-8 caméras par jonction.

Détection automatique d'incidents (DAI)

Installée à Tours sur le pont. 13 caméras (VELEC) couvrant les deux sens et visionnant chacune 200 mètres linéaires permettent de faire de la DAI. Il est prévu un système de DAI à Angers. Une expérimentation DAI utilisant des radars (ARMADA) a été faite à l'entrée du réseau au niveau de Paris.

Météo

4 ou 5 stations conventionnelles (SERMO) sont installées sur le réseau. Elles mesurent température, degré hygrométrique, vent, pluie.

Transmissions

Elles se font en général par câble pour les courtes distances, par fibre optique pour les grandes distances.

Fonctionnement du recueil actuel et souhaits

Le matériel actuel donne satisfaction et la maintenance est bonne. COFIROUTE n'installe des moyens d'observation et de détection d'incidents que sur certaines sections.

Les actions en cas d'incidents sont :

- Suivi par un véhicule de service de la queue des bouchons et information par radio FM
- S'il y a un grave incident, il est donné aux usagers un ordre de sortie obligatoire avec recommandation de rejoindre l'autoroute sur une entrée plus en aval.
- Dans le cas d'une perturbation forte, il est juste conseillé de quitter l'autoroute.

Il est à noter que COFIROUTE n'utilise pas de panneaux à messages variables.

COFIROUTE est ouvert à toute innovation en matière de recueil, s'il y a un intérêt pour l'amélioration du service.

L'obtention des temps de parcours pour diffusion d'informations plus précises aux usagers peut constituer dans un proche avenir un besoin fort. Des systèmes comme Mediamobile sont déjà proposés aux usagers sur l'autoroute à la sortie de Paris. L'information embarquée est reçue au travers du canal RDS-TMC.

Un capteur simple sur une voie susceptible de donner la vitesse moyenne serait le bienvenu car il permettrait d'avoir un meilleur échantillonnage, le temps de parcours étant calculé sur une distance plus courte (1 km plutôt que 10 km). Ainsi on pourrait surveiller les baisses de vitesse et détecter des dysfonctionnements de l'autoroute rapidement.

Dans le futur, la communication avec le véhicule ou toute information obtenue à partir du véhicule (téléphones mobiles etc.) sera la bienvenue.

COFIROUTE souhaiterait pour le confort des usagers qu'il y ait harmonisation de l'information sur les corridors, c'est à dire autoroute plus nationale parallèle, que l'utilisateur au vu d'informations données par chacun des systèmes puisse faire son choix d'itinéraire.

Equipements de péage

Les équipements de péage ne participent pas à l'exploitation temps réel. Par contre, les temps de parcours, OD obtenues sont analysés et les données temps réel des boucles sont utilisées pour valider les données horaires qui servent pour les travaux par exemple.

Test de télépéage intersociétés à Dourdan et Tours.

Pas d'utilisation de lecture de plaques pour connaître les temps de parcours.

Les balises de télépéage à hyperfréquence sont utilisées dans le système embarqué d'informations temps réel AIDA (16 balises actuellement, dans le futur 60). Cette voie de communication avec les véhicules est considérée comme très prometteuse.

6.22 M. DARME -SEMVAT (Exploitants de transports en commun)

17 septembre 1999

La SEMVAT est une SEM qui a une concession du SMTC (Syndicat Mixte des Transports en Commun de l'Agglomération de Toulouse) pour exploiter les transports de voyageurs publics à savoir le métro et le réseau de bus. Le parc autobus comprend 460 autobus.

Equipement

La SEMVAT a des engagements à tenir par rapport au SMTC et à sa clientèle : le recueil de données lui est donc indispensable à la fois pour exploiter le réseau en temps réel et à long terme. Un SAE généralisé utilisant les capteurs pour les deux fonctions (opérations et statistiques) est donc nécessaire.

Localisation

100 Bus sur les 460 sont équipés de GPS. Tous les bus le seront dans les 2/3 ans. L'information de localisation est transmise au poste central. Les 10 mètres de précision obtenus avec un GPS différentiel sont considérés comme suffisants pour la localisation des autobus. Cependant, la qualité de la couverture n'est pas parfaite et pour suivre les bus, la SEMVAT utilise un odomètre et fait de l'estime. Pour la priorité aux carrefours, l'odomètre associé à l'ouverture des portes permet de suivre l'autobus dans le carrefour et d'acquitter le passage au feu (on prend une marge de 15-20 mètres pour plus de sécurité).

En ligne, l'autobus qui possède à bord le profil de la ligne ainsi que l'information "ouverture des portes" en plus de la localisation peut se recalculer. Cependant les odomètres sont très sensibles au "parasitage" 100 - 400 Hz généré par le bus lui-même. Si l'odomètre est perturbé et le GPS inactif, le PC régulation se met en "drapeau noir", le bus est considéré perdu. Même si le bus se recalcule correctement par la suite, les informations sur les arrêts fournies à l'intérieur du bus ou aux arrêts au sol, ne sont plus données ce qui est préjudiciable à la qualité du service (dans 1 journée, 5 % des bus sont affectés). Il serait donc intéressant :

- De disposer de bus avec des transmissions internes protégées et modernes !
- D'avoir une autre source de localisation telle que GLONASS dans le passé (système SERCEL sur GPS et GLONASS)

Transmissions

Elles se font par un canal dédié en permanence.

Arrêts

Les poteaux d'arrêts sont pilotés par RDS. Le poteau est en échange radio avec le bus. Les poteaux pourraient ultérieurement servir de balises de recalage.

Tous les équipements radio (localisation, communication courte distance) sont réalisés par la société NAVOCAP.

L'exploitation des bus

Régulation temps réel

Les TM (Tableaux de marche) ne sont disponibles que dans le PC, par contre le conducteur connaît son avance-retard par rapport à celui-ci et réagit en conséquence. S'il y a lieu le régulateur peut effectuer un haut-le-pied. De même qu'il y a possibilité d'injection en ligne

Priorité aux feux

La priorité aux feux n'a pas d'intérêt pour augmenter la vitesse commerciale. Elle en a lors de situations locales perturbées. De plus en termes de services, l'usager qui voit un autobus passer devant

les voitures est favorablement impressionné. La SEMVAT est en faveur de la priorité. Celle-ci est difficile à installer au PC pour des questions de capacité de transmissions.

Mesure de la demande

Le nombre de montants est connu (validation de tickets), celui des descendants est connu soit par marches compteuses, soit par capteurs infrarouges (société BRIME). Ainsi on peut savoir si le bus est saturé donc, s'il va obligatoirement y avoir des reste-à-quai.

Les statistiques sur la demande permettent de suivre la qualité, ponctualité aux arrêts et la charge, et de mieux satisfaire le cahier des charges de la SEMVAT/SMTC.

Exploitation hors ligne

Les informations recueillies à bord (position, nombre de montants, de descendants, charge, temps de franchissement des feux) sont stockées dans un fichier et déchargées régulièrement en vue de leur exploitation ultérieure.

Stratégie de gestion des nuisances, environnement

Les autobus ont des palettes pour handicapés, sont aux normes européennes 3 (nouveaux carburants).

Traitement du vandalisme

- Surveillance des parkings d'échange avec métro
- Politique d'insertion sociale (la SEMVAT envoie des équipes de sécurité sur les lieux de l'agression pour libérer le conducteur de la gestion de cette situation et ces équipes font partie de la population du quartier.
- L'entretien des stations métro est confié à des associations de quartiers.

Surveillance

Les images vidéo prises dans le bus sont exploitées hors-ligne, pas d'images temps réel. Le système de recueil permet de connaître la ponctualité des conducteurs lors de la prise de service. La SEMVAT est attentive à la qualité de la conduite, des stages sont souvent organisés, la clientèle fait remonter son sentiment.

Demandes de la SEMVAT

- Fiabiliser la localisation : GPS + odomètre. (à long terme, améliorer les transmissions à l'intérieur des bus).
- Améliorer l'enregistrement à bord (plus grande capacité...)
- Coordination de l'information multimodale entre différents transporteurs/opérateurs sur l'agglomération.
- Si la SEMVAT connaissait mieux la saturation des axes empruntés par les bus, il serait possible de faire des délestages. A bord, les passagers seraient prévenus, aux arrêts non desservis, les usagers ne seraient pas prévenus mais il serait possible d'équiper les arrêts en conséquence.

7 Les Fonctions ITS

7.1 Fonctions PROMETHEUS

Amélioration de l'information au conducteur

- 1- Détection d'obstacles
- 2- Surveillance de la route et de l'environnement (à partir du véhicule)
- 3- Surveillance du conducteur
- 4- Surveillance du véhicule
- 5- Amélioration de la vision
- 6- Détermination des marges de sécurité
- 7- Détermination des trajectoires critiques
- 8- Contrôle dynamique du véhicule
- 9- Information d'assistance (« supportive ») au conducteur

Conduite coopérative

- 10- Contrôle et manœuvre intelligents du véhicule
- 11- ICC
- 12- Contrôle intelligent aux carrefours
- 13- Préinformation à moyenne distance
- 14- Alerte en situation d'urgence

Gestion de trafic /de flottes

- 15- Guidage routier statique
- 16- Guidage routier dynamique
- 17- Planification du voyage
- 18- Régulation de réseaux
- 19- gestion du parking
- 20- Régulation de flux
- 21- Gestion de la demande
- 22- Interface avec les transports publics
- 23- Gestion de flottes de véhicules

7.2 Fonctions des Programmes JAPONAIS

7.2.1 Programme ASV

Programme plutôt orienté sur des équipements embarqués

- 1- Drowsy/non attentive driver warning
 - drowsy driver warning
 - warning system for dangerous driving conditions
 - driver's hazardous condition detection system
- 2- Fire presence/ low tire inflation sensing and warning
 - fire presence sensing and warning
 - low tire pressure sensing and warning
- 3- Vision enhancement
 - water repellent windshield
 - active headlight
 - antifrost system
 - blind corner monitoring
 - next generation display system
- 4- Night time object detection and warning
- 5- Vehicle detection and warning
- 6- Navigation
- 7- Vehicle distance warning
- 8- Vehicle lane change hazard warning
- 9- Lane deviation warning
- 10- Position regulated speed control system
- 11- Automatic collision detection and prevention
- 12- Cornering deceleration regulation system
- 13- Auto stop warning and regulation system
- 14- Impact absorbing
 - body construction, materials for impact absorbing
 - side impact absorbing
- 15- Occupant protection
 - seat belt pretensioner
 - side airbag
 - head restraint system for neck bracing reduction
 - automatic collision reduction
- 16- Pedestrian injury severity reduction
 - hood airbag
 - vision enhancement for blind area
 - avoidance system for pedestrians
- 17- Fire extinguishing system
- 18- Emergency door lock release
- 19- Collision detection

7.2.2 Programme UTMS

- DRG
- AMIS: système avancé d'information sur la mobilité
- PTPS: priorité aux transports publics
- MOCS: contrôle de l'exploitation du transport de fret
- EPMS: protection de l'environnement

7.3 Fonctions ITS AMERICA

Travel and transportation management

- 1- En route driver information
- 2- Road guidance
- 3- Traffic control
- 4- Incident management
- 5- Infrastructure maintenance
- 6- Parking management
- 7- Emission testing and mitigation
- 8- Highway/rail intersection

Travel demand management

- 9- Pre trip travel information
- 10- Ride matching and reservation
- 11- Demand management and operation

Public transport operation

- 12- Public transport management
- 13- En route transit information
- 14- Personalised public transport
- 15- Public travel safety

Electronic payment services

- 16- Electronic fee collection

Commercial vehicles operations

- 17- CV electronic clearance
- 18- Automated roadside safety inspections
- 19- On board safety monitoring
- 20- CV administrative process
- 21- Hazardous materials incident detection
- 22- Commercial fleet management

Emergency management

- 23- Emergency vehicles management

Advanced vehicle control and safety systems -AVCSS)

- 24- Longitudinal collision avoidance
- 25- Lateral collision avoidance
- 26- Intersection collision avoidance
- 27- Vision enhancement for crash avoidance
- 28- Safety readiness
- 29- Pre-crash restraint deployment
- 30- AHS

Law enforcement

- 31- Policy enforcing traffic regulation

Vulnerable travellers services

- 32- Pedestrian safety and information services
- 33- Bicyclists safety and information services

7.4 Fonctions ERTICO-CORDIS

- A1- Road management and logistics
 - F1-1- Ambient conditions monitoring
 - F1-2- Road status monitoring
 - F1-3- Forecasting
 - F1-4- Rescue service and maintenance management
 - F1-5- Road fee collection management

- A2- Demand management
 - F2-1- Demand restraints
 - F2-2- Supply control

- A3- Traffic management
 - F3-1- Section traffic control
 - F3-2- Intersection traffic control
 - F3-3- network traffic control
 - F3-4- Localised area traffic control
 - F3-5- Policing/enforcing

- A4- Parking management
 - F4-1- Parking space management
 - F4-2- Parking guidance
 - F4-3- Parking reservation and payment

- A5- Public transport
 - F5-1- PT transport planning
 - F5-2- PT operations management
 - F5-3- Passenger information
 - F5-4- Fare collection
 - F5-5- Maintenance
 - F5-6- On demand service provision

- A6- Traffic information
 - F6-1- Mixed mode information
 - F6-2- Navigation
 - F6-3- Dynamic route information

- A7- Travel information
 - F7-1- Travel planning
 - F7-2- Static route information
 - F7-3- Personal communication

- A8- Freight and fleet management
 - F8-1- Logistics and freight management
 - F8-2- Fleet resource management
 - F8-3- Vehicle/cargo management
 - F8-4- Hazardous goods monitoring

- A9- Vehicle control
 - F9-1- Monitoring environment and road
 - F9-2- Monitoring driver
 - F9-3- Monitoring vehicle
 - F9-4- Vision enhancement

- F9-5- Collision risk estimation
- F9-6- Actuator control
- F9-7- Dialogue management
- F9- 8- Fee payment
- F9-9- Vehicle navigation

A10- Internal service

- F10-1- Strategy formation/implementation
- F10-2- Detection/measuring
- F10-3- Modelling
- F10-4- Geographic information systems (GIS)
- F10-5- Information interchanges
- F10-6- Message selection
- F10-7- Integrated payment management
- F10-8- Registration/statistics
- F10-9- Proprioception/diagnostics