



HAL
open science

Les activités de maintenance. Exploitation d'une enquête et analyse ergonomique dans une entreprise.

C. Grusenmeyer

► **To cite this version:**

C. Grusenmeyer. Les activités de maintenance. Exploitation d'une enquête et analyse ergonomique dans une entreprise.. [Rapport de recherche] Notes scientifiques et techniques de l'INRS NS 311, Institut National de Recherche et de Sécurité (INRS). 2013, 49 p., 15 annexes, 42 p., ill., bibliogr. hal-01420517

HAL Id: hal-01420517

<https://hal-lara.archives-ouvertes.fr/hal-01420517>

Submitted on 20 Dec 2016

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



Les activités de maintenance

Exploitation d'une enquête et analyse ergonomique dans une entreprise

Les activités de maintenance

Exploitation d'une enquête et analyse ergonomique dans une entreprise

Corinne Grusenmeyer

Département Homme au travail
Laboratoire Ergonomie et psychologie appliquées à la prévention

Publication réalisée dans le cadre de l'étude A.8/1.023
« Préparation et réalisation des activités de maintenance.
Analyses en entreprise et implications pour la prévention »

NS 311
novembre 2013

Nous tenons à remercier l'ensemble des interlocuteurs de l'entreprise et de la Caisse d'Assurance Retraite et de la Santé au Travail de la région Rhône-Alpes, pour leur participation à cette étude.
Merci également à la DARES pour nous avoir permis d'exploiter l'enquête SUMER 2003.
Merci enfin à Pascal Wild (INRS, V/DS) et Nathalie Guillemy (INRS, P/DCP) pour leurs contributions respectives à cette étude.

Les activités de maintenance sont critiques pour la sécurité des opérateurs et la sûreté des installations. Pourtant, il reste encore difficile d'identifier la population de maintenance dans les statistiques des accidents du travail ou maladies professionnelles. Peu d'analyses de ces activités et des évolutions organisationnelles dans ce domaine ont été menées. Aussi, cette étude visait à identifier les expositions professionnelles de ces salariés et à développer la compréhension de ces activités et des risques associés. Une exploitation de l'enquête SUMER 2003 montre des expositions professionnelles plus fréquentes des personnels de maintenance à des contraintes diverses, en comparaison de leurs collègues de production. Par contre, ces personnels semblent disposer d'une plus grande autonomie, néanmoins susceptible d'être coûteuse, dans la mesure où elle s'accompagne de moyens pour l'effectuation du travail jugés fréquemment insuffisants. Par ailleurs, des analyses ont été menées dans une entreprise sous-traitante de transport en commun, externalisant elle-même des interventions. Elles montrent un réseau complexe d'entreprises impliquées dans les activités de maintenance, ainsi qu'un morcellement important et une forte incertitude des activités des techniciens internes, susceptibles de conduire à des erreurs ou omissions. Elles soulignent aussi des contributions de ces opérateurs à la réalisation d'interventions externes et des relations d'interdépendance entre les activités des uns et des autres. Aussi, l'externalisation pose la question des risques liés à l'interdépendance des activités réelles de travail menées par les différents personnels, dès lors qu'elles contribuent à une même intervention. Sur ces bases, des pistes de prévention sont proposées.

Mots clés : MAINTENANCE – SECURITE – ORGANISATION DU TRAVAIL

Maintenance activities are critical to operator safety and to the safety of installations. It still remains difficult to characterise the maintenance population or to identify it precisely in the occupational accident or disease statistics. Few in-situ analyses have been undertaken on these activities and on their organisational changes. The aim of this study was therefore to identify the occupational exposures of these employees and to understand the real maintenance activities and the associated risks. The use of the SUMER 2003 survey revealed that maintenance personnel are much more frequently exposed to various constraints than their production colleagues. By contrast, maintenance staff appears to have a greater autonomy, which is, however, likely to be psychologically costly in that it is accompanied by means frequently deemed insufficient for the execution of their work. In a second phase, in-situ analyses were conducted in a public transport company, which was both a subcontractor and an outsourcer of maintenance interventions. These analyses highlighted a very complex network of external firms involved in maintenance activities. They also showed a high level of fragmentation as well as a high degree of uncertainty of the activities of the internal technicians, which are likely to be sources of errors or omissions. They finally showed that internal technicians contribute to the execution of outsourced interventions and interdependent relationships between the activities of external and internal personnel. Maintenance outsourcing thus raises the question of the risks associated with the interdependence of the real work activities undertaken by the internal and external personnel, or by participants of different firms, when contributing to the same intervention. On this basis, prevention avenues were proposed.

Key words: MAINTENANCE – SAFETY – WORK ORGANISATION

INTRODUCTION ET POSITION DU PROBLEME	p. 1
<hr/>	
METHODOLOGIES ET SITUATION D'ANALYSE	p. 5
<hr/>	
1- Méthodologies mises en œuvre dans le cadre de l'exploitation de l'enquête SUMER 2003 de la DARES	p. 5
1.1 - Identification des personnels de maintenance	p. 5
1.2 - Constitution de l'échantillon des personnels de production	p. 5
1.3 - Traitement des données	p. 6
2- Présentation de l'entreprise	p. 6
2.1 - Présentation et caractéristiques de l'entreprise	p. 6
2.2 - L'organisation de la maintenance des véhicules	p. 8
2.2.1 - Le service de maintenance interne	p. 8
2.2.2 - Des interventions externalisées	p. 8
2.2.3 - Intérêts de la situation analysée	p. 9
3- Méthodologies utilisées lors des analyses en situation	p. 9
3.1 - Objectifs et nature des analyses	p. 9
3.2 - Méthodes mises en œuvre	p. 10
3.2.1 - Méthodes utilisées pour l'identification du réseau des entreprises concernées par la maintenance	p. 10
3.2.2 - Méthodes mises en œuvre pour les analyses des activités des techniciens et des interventions de maintenance	p. 10
3.3 - Données recueillies	p. 12
3.4 - Traitement des données	p. 12
PRINCIPAUX RESULTATS	p. 15
<hr/>	
1- Quelques résultats issus de l'exploitation de l'enquête SUMER	p. 15
1.1 - Expositions aux ambiances et contraintes physiques	p. 15
1.2 - Contraintes organisationnelles et relationnelles	p. 16
1.3 - Résultats issus du questionnaire de Karasek	p. 16
2- Principaux résultats issus des analyses en situation	p. 17
2.1 - Identification du réseau dans lequel l'entreprise s'insère du point de la maintenance des véhicules et motifs d'externalisation	p. 17
2.1.1 - Le réseau d'entreprises	p. 17
2.1.2 - Prise en charge et motifs d'externalisation des interventions	p. 19
2.2 - Description et caractérisation des activités des techniciens volants	p. 22
2.2.1 - Description générale succincte des activités des techniciens	p. 22
2.2.2 - Des activités morcelées au regard de la diachronie des interventions	p. 22
2.2.3 - Des activités caractérisées par un fort degré d'incertitude "extrinsèque"	p. 24
a - <i>Des interventions fréquemment non planifiées</i>	p. 24
b - <i>Une activité essentielle : la gestion des imprévus</i>	p. 24

c - <i>Des interruptions dans les activités des techniciens volants</i>	p. 26
2.3 - Analyses cliniques et diachroniques de quelques interventions de maintenance corrective immédiates impliquant des intervenants extérieurs	p. 29
2.3.1 - Une situation impensée impliquant des intervenants extérieurs et occasionnant un incident et la transmission d'une situation dangereuse	p. 29
2.3.2 - Une situation impensée conduisant à l'échec d'intervention d'un technicien extérieur, sous-traitant interne de la communauté d'agglomération	p. 30
CONCLUSION-SYNTHESE	p. 33
<hr/>	
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES	p. 45
<hr/>	
ANNEXES	p. I
<hr/>	
Annexe I. Précisions méthodologiques relatives à l'exploitation de l'enquête SUMER	p. I
Annexe II. Représentation du traitement des interventions de maintenance corrective de type signalements et dépannages intégrant les différents acteurs concernés	p. III
Annexe III. Représentation schématique de la sous-traitance en cascade	p. V
Annexe IV. Analyses des postures et positions contraignantes d'un technicien volant lors d'une intervention de maintenance préventive	p. V
Annexe V. Description des interventions de maintenance observées	p. XIV
Annexe VI. Exploitation de l'enquête SUMER : description des échantillons et résultats plus détaillés	p. XVI
Annexe VII. Compléments relatifs au réseau d'entreprises impliquées dans la maintenance des véhicules	p. XXI
Annexe VIII. Prise en charge et motifs d'externalisation des interventions	p. XXIII
Annexe IX. Distribution des interventions des techniciens volants selon leur lieu principal	p. XXVI
Annexe X. Durée de contribution des techniciens volants à la réalisation des 22 interventions	p. XXVII
Annexe XI. Représentations des répartitions des activités observées entre les différents acteurs au regard de la diachronie des interventions	p. XXVII
Annexe XII. Quelques éléments relatifs à l'incertitude intrinsèque aux interventions	p. XXIX
Annexe XIII. Exemple d'une interruption de type "report" liée à la régulation par la maintenance interne d'un grand nombre d'indisponibilités des véhicules	p. XXX
Annexe XIV. Analyse clinique d'une situation imprévue impensée, impliquant des intervenants extérieurs et occasionnant un incident et la transmission d'une situation dangereuse (détails)	p. XXXIII
Annexe XV. Analyse clinique d'une situation imprévue impensée conduisant à l'échec d'intervention d'un technicien extérieur, sous-traitant interne de la communauté d'agglomération (détails)	p. XXXVIII

Criticité des activités de maintenance

Les activités de maintenance sont critiques pour la sûreté des installations et la sécurité des opérateurs. Concernant le premier point, plusieurs travaux ont mis en évidence la contribution de manquements dans la maintenance à la survenue d'accidents majeurs, tels l'explosion de la plateforme de Piper Alpha, le crash de l'avion Embraer 120 au Texas, l'accident de Bhopal ou encore celui de Three Mile Island (Reason & Hobbs, 2003 ; European Agency for Safety and Health at Work, 2009). Quant au deuxième point, plusieurs études (Hale et al., 1998 ; Batson et al., 1999 ; Ray et al., 2000 ; Farrington-Darby et al., 2005 ; Chau et al., 2007 ; Lind, 2008, 2009 ; Reiman, 2011), de même que les travaux antérieurs de l'INRS, ont souligné le nombre important des accidents liés à la maintenance, malgré les difficultés à les identifier (Grusenmeyer, 2005). Le fait que la campagne 2010-2011 de l'European Agency for Safety and Health at Work (2010a, 2010b) ait été consacrée à la "maintenance sûre" témoigne également de l'importance du sujet. Selon ces derniers travaux, **entre 15 et 20% de l'ensemble des accidents du travail et 10 à 15% des accidents mortels survenus en 2006 en Belgique, Finlande, Espagne et Italie étaient liés aux opérations de maintenance** (European Agency for Safety and Health at Work, 2010b).

Il faut dire que la maintenance et la sécurité entretiennent des relations antinomiques (Hale et al., 1998 ; Batson et al., 1999) : la maintenance contribue à la maîtrise des risques, par la prévention et la correction de modes de fonctionnement non optimaux des équipements, susceptibles d'être à l'origine d'accidents ; en même temps, elle expose les opérateurs chargés de ces activités à un certain nombre de risques, ne serait-ce que parce qu'elle suppose des interactions directes avec les équipements à maintenir. Plusieurs travaux mettent ainsi en évidence une sur-accidentabilité des opérateurs de maintenance en termes de fréquence et de gravité, dès lors qu'il est tenu compte de leurs effectifs¹ (Batson et al., 1999 ; Grusenmeyer, 2005), mais aussi la survenue d'accidents concernant d'autres opérateurs, liés à des manquements dans la maintenance (Health and Safety executive, 1987 ; Hale et al., 1998 ; Male, 1998). Comme le souligne Reiman (2011), "*several accidents investigations have uncovered inadequate or faulty maintenance as one of the main contributors to unanticipated events in various safety-critical domains, including the railway, offshore oil drilling, chemical, petrochemical, aviation and nuclear industries (...) Thus, maintenance activities can be considered as having a highly significant positive or negative impact on the effectiveness of the entire sociotechnical system, including safety*" (p. 339).

Ces différents éléments expliquent que la prévention dans le domaine de la maintenance constitue un sujet de préoccupation pérenne des préventeurs, d'autant que celle-ci s'est plutôt focalisée sur les opérations de production que sur celles de maintenance.

Éléments contribuant à la criticité de ces activités

L'examen de la littérature, de même que les travaux antérieurs de l'INRS, permettent d'identifier différents éléments contribuant à la criticité de ces activités.

Certains tiennent à la **nature de ces dernières** : contacts directs avec des équipements ou produits dangereux (Lind, 2008, 2009) ; forte incertitude et variabilité du travail de maintenance (AFNOR, 1986 ; Carballada et al., 1994 ; Garrigou et al., 1994, 1998 ; De La Garza & Weill-Fassina, 1995 ; Bourrier, 1996 ; Grusenmeyer, 2002 ; Reiman, 2011) : variabilité des tâches, difficultés à planifier le

¹ Une étude précédente de l'INRS (A.8/1.012) avait ainsi montré, dans un groupe spécialisé dans la réfrigération de transport, que les opérateurs de maintenance permanents étaient 2,7 fois plus fréquemment et 2,2 fois plus gravement accidentés que ne le laissent attendre leurs effectifs.

temps d'intervention et les ressources nécessaires, nombre important d'aléas et d'imprévus ; absence de poste de travail et forte mobilité des opérateurs (Bounot et al., 1996) ; tâches manuelles sollicitant des raisonnements complexes, des savoir-faire souvent informels et des ajustements réguliers à des situations dynamiques (De La Garza & Weill-Fassina, 1995 ; ,Garrigou et al., 1998).

D'autres sont liés au **contexte de réalisation de ces activités** : variabilité des contextes techniques et environnementaux (De La Garza & Weill-Fassina, 1995) ; contraintes temporelles (Reason & Hobbs, 2003 ; Pereira et al., 1999 ; Vidal-Gomel, 2007) ; conditions matérielles d'intervention difficiles en termes de postures, d'efforts ou d'expositions aux risques, faute de préparation suffisante (Lind, 2009 ; Daniellou et al., 1994), par exemple.

Enfin, la criticité de ces activités pose également la question de **l'organisation de la maintenance dans et au-delà de l'entreprise** : par exemple, adjonction de tâches de maintenance aux exploitants et réduction des effectifs de maintenance, conduisant à un accroissement important de la charge de travail des premiers (Gorgeu et al., 2006) ; surcharge de travail des intervenants de maintenance, du fait d'une suppression des équipes de maintenance postées (Jean, 2002) ; coactivité intense de personnels variés lors des situations de maintenance à échelle majeure (Bourrier, 1996 ; Pereira et al., 1999) ; sous-traitance des interventions de maintenance, susceptible de nuire à la coopération des différents personnels, et donc à la sécurité : instabilité et éclatement des collectifs (Perraudin et al., 2006), cultures d'entreprises différentes (Vidal & Gomes, 1996), hétérogénéité des statuts des salariés (Desriaux, 2005), absence de partage des règles de sécurité (Duhamel, 2005), exécution du travail par les uns et préparation-gestion par les autres, méconnaissance des personnels, perte de savoir-faire des opérateurs internes (Largier, 2008).

Limites des travaux

Pourtant, il reste encore difficile aujourd'hui de dénombrer les salariés de maintenance en France, de caractériser cette population ou de l'identifier dans les statistiques des accidents du travail ou des maladies professionnelles.

Les études concernant les expositions ou maladies professionnelles de ces personnels restent en particulier assez peu nombreuses. Néanmoins, quelques travaux laissent penser qu'ils seraient, par exemple, particulièrement concernés par les contraintes posturales et les TMS (Troubles Musculo-Squelettiques) (European Agency for Safety and Health at Work, 2010a ; Cook, 2007 ; Morken et al., 2007), fréquemment exposés à des produits chimiques cancérigènes (Coutrot et al., 2006) ou encore au bruit (Harbine, 2003). Mais surtout, l'enquête SUMER 2003² de la DARES (Equipe SUMER, 2006), qui distingue pour la première fois un domaine professionnel "maintenance", composé de 3 familles professionnelles³, tend à montrer une forte exposition de ces salariés à des risques variés, en comparaison de l'ensemble des familles professionnelles (European Agency for Safety and Health at Work, 2010a).

Par ailleurs, la plupart des travaux ergonomiques portant sur la maintenance se sont focalisés sur les erreurs et les performances des individus. Comme le souligne Reiman (2011), "*research on maintenance has focused mainly in human errors and individual-level issues, even though social and organizational factors have received increasing attention in recent years*" (p. 361). Dans ce type de littérature, la maintenance est considérée comme une source majeure d'erreurs latentes dans des systèmes sociotechniques, généralement à hauts risques (nucléaire, aéronautique, par exemple) et une des causes principales d'accidents majeurs (Reason & Hobbs, 2003). Ces travaux se centrent alors sur l'identification a posteriori des types d'erreurs les plus fréquents, sur les facteurs à leur

² L'enquête SUMER (SURveillance MEdicale des Risques professionnels) 2003, gérée conjointement par la DRT et la DARES, constitue un outil d'évaluation des expositions aux risques professionnels des salariés en France, mis en place par le Ministère du Travail. Grâce à l'importance de son champ, elle est représentative de 17,5 millions de salariés, soit 80% de l'ensemble des salariés. En 2003, elle était basée sur 49.984 entretiens, menés par les médecins du travail des salariés, et relatifs à l'activité professionnelle de ces derniers, lors de leur dernière semaine travaillée.

³ Il s'agit des "ouvriers qualifiés de la maintenance", "ouvriers de la réparation automobile", "techniciens agents de maîtrise maintenance et organisation".

origine et sur les modes de prévention de ces erreurs (Hobbs & Williamson, 2002, 2003 ; Reason & Hobbs, 2003 ; Suzuki et al., 2008). Un second type d'études, qui ne relèvent pas nécessairement de l'ergonomie, examine les interventions de maintenance, comme dangereuses pour l'homme. Il s'agit alors, le plus souvent, de réaliser des audits de maintenance ou de mener des analyses a posteriori des accidents du travail survenus lors d'opérations de maintenance, afin d'identifier des types d'accidents, les facteurs locaux et organisationnels y ayant contribué, et de proposer des mesures de prévention (Hale et al., 1998 ; Main et al., 2002 ; Tazi, 2008 ; Lind, 2008, 2009). La littérature ergonomique sur les activités réelles de maintenance reste ainsi assez peu abondante. Comme le souligne Reiman (2011), "*Still, studies of normal work, practices and cultures of maintenance have been scarce*" (p. 361). Peu d'analyses de ces activités en situation ont été menées. De même, les conséquences sur la sécurité, des évolutions organisationnelles dans ce domaine, telles la sous-traitance de ces activités, ont été également peu étudiées (voir néanmoins Carballeda, 1999 ; Tazi, 2008), alors même que "*maintenance activities have been under various organizational changes and restructuring initiatives, aiming at, e.g. reduced costs, increased availability of the machines, better knowledge sharing and increased flexibility*" (Reiman, 2011, p. 340). Il faut dire que la nature et le contexte de réalisation de ces activités (cf. infra) rend leur observation difficile, et encore plus délicate si elles sont sous-traitées, ne serait-ce que parce que les lieux de travail sont susceptibles de changer constamment (European Agency for Safety and Health at Work, 2010a).

Objectifs et cadre d'analyse

Pour ces raisons, le travail présenté ici visait :

- d'une part, à mener une exploitation plus fine de l'enquête SUMER de la DARES, afin d'**identifier les expositions professionnelles de la population de maintenance**, en se basant, non plus sur le domaine et les familles professionnelles, mais sur la fonction principale exercée. Cette exploitation devait, en outre, permettre une **comparaison des expositions déclarées de cette population à celle de production**, et non plus à l'ensemble de la population, ce qui paraissait plus pertinent. L'hypothèse générale émise était que, sur de nombreuses dimensions, la population de maintenance serait plus fréquemment exposée. Pour mener à bien cet objectif, une convention de cession de données a été établie avec la DARES ;
- d'autre part, à **développer la compréhension des activités réelles de maintenance, de leur déroulement et de leur gestion, ainsi que des risques qui leur sont associés**, par des observations de ces activités en entreprise (analyse ergonomique), si possible dans des contextes organisationnels différents (interventions menées en interne/sous-traitées notamment). Plus précisément, ces analyses devaient permettre d'une part, de mieux cerner l'incertitude, associée à ces activités, et ses sources (cf. infra) et, d'autre part, d'observer des interventions de maintenance internes et sous-traitées et d'appréhender la répartition des tâches et des activités réelles de travail entre ces différents personnels. Ces derniers sont en effet susceptibles d'intervenir sur les mêmes équipements de travail, de façon successive. En outre, ces endroits où il y a changement de service ou d'encadrement, mais qui séparent des activités successives ("zones frontières"), sont connues pour être des sources potentielles d'infiabilité et d'insécurité (Faverge, 1967 ; Monteau, 2010) ;
- sur ces bases, à **fournir des repères aux préventeurs et aux entreprises**.

Le cadre d'analyse, auquel nous nous sommes référés, notamment pour les observations in situ, est inspiré à la fois du modèle de la gestion de la maintenance de Hale et al. (1998) et de celui de l'accident organisationnel proposé par Reason et Hobbs (2003) dans leur ouvrage "*Managing maintenance error*" (cf. figure 1).

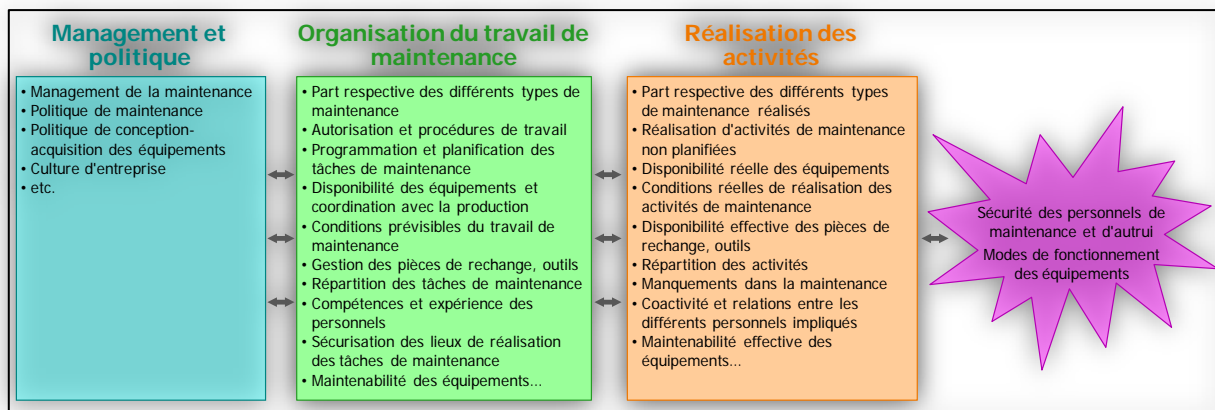


Figure 1. Cadre d'analyse de l'organisation et des activités de maintenance

L'intérêt d'associer ces deux modèles résidait notamment dans la possibilité d'intégrer la conception de la maintenance, à la fois comme une source potentielle de risques pour les opérateurs en charge de cette dernière, et en cas de manquements dans la maintenance, comme une source potentielle de risques pour autrui et d'accidents majeurs. La répartition des tâches et activités de maintenance (entre autres) a été ajoutée dans la mesure où ni l'un, ni l'autre des modèles ne l'évoque explicitement.

Dans un premier temps, les méthodologies mises en œuvre (objectifs et nature des analyses, méthodes utilisées, données recueillies et traitements des données) seront précisées pour chacun des deux types d'analyses menées : exploitation de l'enquête SUMER 2003 ; analyse ergonomique en entreprise. L'entreprise concernée et ses caractéristiques, ainsi que l'organisation de la maintenance et les intérêts de la situation analysée seront également présentés.

Les principaux résultats issus des deux types d'analyses seront ensuite détaillés :

- comparaison des expositions professionnelles des personnels de maintenance et de production et de leurs scores au questionnaire de Karasek, issus de l'exploitation de l'enquête SUMER ;
- pour les analyses en situation : identification et caractérisation du réseau d'entreprises extérieures impliquées dans la maintenance des bus d'une part, et des motifs d'externalisation des interventions d'autre part ; description générale des activités des techniciens volants et caractérisation de ces dernières sur différentes dimensions ; analyses cliniques de quelques interventions de maintenance correctives immédiates, impliquant des intervenants extérieurs.

Enfin, une synthèse des principaux résultats et quelques suggestions d'aménagement seront effectuées.

1 - Méthodologies mises en œuvre dans le cadre de l'exploitation de l'enquête SUMER 2003 de la DARES

Dans une première phase, une exploitation de l'enquête SUMER 2003 de la DARES a donc été menée. Elle visait à décrire la population de maintenance et ses expositions professionnelles, non plus sur la base des familles et du domaine professionnels (i.e. les métiers et qualifications), mais sur celle de la fonction principale exercée (modalité "*installation, entretien, réglage, réparation*"). Ceci devait permettre une meilleure appréhension des risques pour la population de maintenance. En effet, les "*ouvriers qualifiés de la mécanique*", par exemple, ne sont pas identifiés comme faisant partie du domaine professionnel "*Maintenance*" dans l'enquête, mais peuvent avoir une fonction de maintenance. Cette description devait ensuite permettre une comparaison de cette population à celle de production. En fait, la modalité "*installation, entretien, réglage, réparation*" de la variable "*fonction principale exercée*" s'est avérée recouvrir des réalités très différentes⁴, aussi n'a-t-elle finalement pas été retenue.

1.1 - Identification des personnels de maintenance

L'identification des personnels de maintenance a donc été menée de la façon suivante. Dans un premier temps, une présélection a été effectuée à partir de différentes variables du questionnaire susceptibles d'avoir des liens avec la maintenance (ces items sont présentés en annexe I). Cette présélection fournissait 8412 dossiers. Puis, une catégorisation a été réalisée, sur la base notamment des libellés de la profession exercée et de la tâche principale (variables libres et donc susceptibles d'être les plus proches de l'activité ou du métier de la personne enquêtée), tout en tenant compte de la fonction principale exercée, de la famille professionnelle, de la PCS et du code NAF de l'entreprise⁵. En cas de doute, les dossiers n'ont pas été retenus, ce qui présentait l'intérêt de diminuer l'imprécision de l'échantillon, mais l'inconvénient de diminuer sa taille. Sur les 8412 présélections, 2829 dossiers ont été finalement retenus (soit 33,6% d'entre eux).

1.2 - Constitution de l'échantillon des personnels de production

La constitution de l'échantillon des personnels de production a été élaborée à partir de la modalité "*production, fabrication, chantier*" de la variable "*fonction principale exercée*" et par appariement de ce groupe à l'échantillon des personnels de maintenance, en fonction du sexe et de l'âge du salarié, ainsi que de la taille de l'établissement⁶ (annexe I). Le secteur d'activités n'a pas pu être considéré, certains d'entre eux ne permettant pas d'appariement (cas du commerce et de la réparation automobile, par exemple). L'absence de personnels de maintenance (ou susceptibles de relever de cette population) dans cet échantillon a été vérifiée (annexe I).

⁴ On y trouve des personnels relevant de PCS (Professions et Catégories Socioprofessionnelles) telles que les "*ouvriers qualifiés entretien industriel (électricité)*", mais aussi les "*concierges*" ou encore les "*chauffeurs de cars et de voitures*".

⁵ Code NAF 2003 : code de l'activité économique de la nomenclature fine de 2003.

⁶ Un nombre aléatoire a été généré et les premiers personnels de production dans l'ordre aléatoire ont été sélectionnés, de façon à obtenir les mêmes effectifs que les personnels de maintenance.

1.3 - Traitement des données

Le traitement des données⁷ a essentiellement consisté à comparer les expositions professionnelles des personnels de maintenance et de production⁸, ainsi que leurs scores de demande psychologique, latitude décisionnelle et soutien social sur la base du questionnaire de Karasek, intégré dans l'enquête (Guignon et al., 2008). Ces comparaisons utilisent le test du χ^2 pour les variables qualitatives et le test *t* de *Student* pour les variables quantitatives (nombre d'heures la dernière semaine travaillée, par exemple).

2 - Présentation de l'entreprise

Dans une deuxième phase, des analyses en situation ont été menées dans une entreprise de transport en commun de passagers d'une agglomération d'une grande région française⁹. Celle-ci exploite et gère le réseau de bus de l'agglomération (28 lignes régulières et 2 navettes). Les caractéristiques et l'intérêt de cette entreprise sont explicités ci-dessous.

2.1 - Présentation et caractéristiques de l'entreprise

Cette entreprise (entreprise A) est marquée par une "**double dépendance**".

La première d'entre elles tient au fait qu'elle constitue une **filiale**¹⁰ **d'un grand groupe privé** (cf. figure 2). Il existe donc un lien financier direct ou indirect entre la maison-mère et la filiale, qui rend possible l'exercice d'un contrôle de droit ou de fait (Mariotti, 2005).

La seconde forme de dépendance tient à la **délégation du service public**¹¹ que constitue le transport en commun de l'agglomération. La communauté d'agglomération, autorité responsable des transports urbains et des déplacements dans l'agglomération, a l'obligation légale de fournir un service de transport public. Toutefois, elle n'exerce pas directement l'exploitation et la gestion du réseau de transports en commun. Celles-ci sont confiées à une société privée, l'entreprise A, dans le cadre d'un contrat de délégation de service public (cf. figure 2). Ainsi, la définition et la mise en œuvre de la politique en matière de transport et de déplacements relèvent de la communauté d'agglomération en tant qu'autorité organisatrice des transports (réalisation d'un Plan de Déplacements Urbains). Elle réalise les investissements (bus et dépôts notamment), définit les adaptations du réseau en fonction des besoins des habitants, détermine les tarifs applicables sur le réseau, de même que l'offre. Le contrat fixe ainsi le nombre de lignes, la nature des lignes (trajet, nombre de kilomètres et d'arrêt), le nombre et la fréquence des bus par ligne et l'amplitude de service sur chaque ligne. La communauté d'agglomération est détentrice des locaux, matériels, ordinateurs, systèmes d'aide, véhicules etc., i.e. tout ce qui est mobilier et immobilier.

⁷ Ces traitements ont été possibles grâce à la contribution de Pascal Wild (INRS - V/DS).

⁸ Des "sous-groupes" de personnels de maintenance ont également été constitués, afin d'identifier les plus exposés. La constitution de ces "sous-groupes" a été réalisée grâce à une catégorisation de ces personnels sur la base des libellés de leur profession et de leur tâche principale, ainsi que sur celle du code NAF de leur entreprise. Elle a été essentiellement dirigée par les données (cf. annexe I). Les résultats obtenus ne sont pas traités ici. Les principaux résultats évoqués concerneront exclusivement la comparaison des échantillons des personnels de maintenance et de production.

⁹ Ces analyses ont été permises grâce à l'intervention de V. Govaere (INRS - V/HT) dans cette entreprise (étude A.8/1.024).

¹⁰ Au sens juridique, une filiale est une société dont plus de la moitié du capital appartient à une autre société appelée société mère.

¹¹ La délégation de service public est un ensemble de contrats, par lesquels une personne morale de droit public confie la gestion d'un service public, dont elle a la responsabilité, à un délégataire, public ou privé, dont la rémunération est substantiellement liée au résultat d'exploitation du service. Il s'agit du régime le plus fréquent de gestion déléguée des services publics. Elle suppose un contrat entre le "délégant", personne morale de droit public (état, collectivité territoriale, établissement public) et le "délégataire", personne privée, physique ou morale de droit privé, ou encore personne morale de droit public (exceptées les entreprises publiques en situation de monopole de droit). Un tel contrat peut concerner la gestion de tout ou partie d'un service public.

En fait, seul le personnel dépend de l'entreprise A. Cette dernière perçoit chaque année une compensation forfaitaire de l'agglomération, qui lui permet d'exploiter le réseau : paiement des agents et notamment des conducteurs de bus, maintenance des bus, communication avec la clientèle... (cf. figure 2).

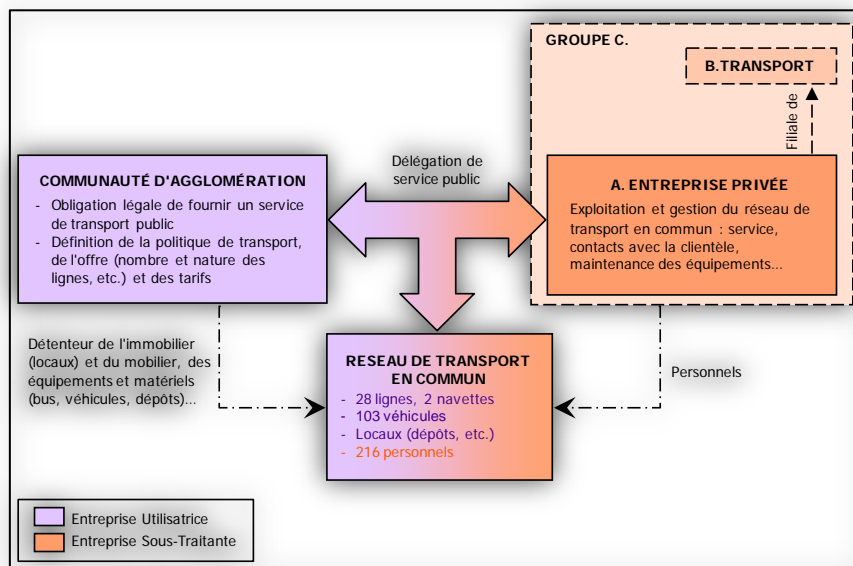


Figure 2. Une double dépendance de l'entreprise

Cette délégation de service public entre la communauté d'agglomération et l'entreprise A constitue une **forme de sous-traitance**, puisque la communauté d'agglomération confie à une entreprise privée, une ou plusieurs opérations dans le cadre d'un contrat entre entreprises (Grusenmeyer, 2007 ; dans le cas précis, il s'agit d'un contrat pluriannuel). Cette forme de **sous-traitance** est néanmoins **particulière**, dans la mesure où :

- l'entreprise utilisatrice constitue ici une personne morale de droit public et où la communauté d'agglomération a l'obligation légale de fournir un service de transport public ;
- l'opération confiée concerne un service public : le réseau de transport en commun de l'agglomération ;
- ce type de relation est plus contraint qu'une relation de sous-traitance entre deux entreprises, du fait de son objet, à savoir un service public. Les contraintes de service public (amplitude horaire, travail le week-end et les jours fériés, continuité du service, contraintes tarifaires, par exemple) sont en effet également déléguées à l'exploitant.

Il s'agit d'une **sous-traitance interne** : les opérations confiées à l'entreprise extérieure par l'entreprise utilisatrice, ont lieu sur le site de cette dernière, dans ses dépendances ou chantiers ou, plus généralement, dans des lieux placés sous sa responsabilité (INRS, 2004). Or, le réseau de transport en commun est sous la responsabilité de la communauté d'agglomération et les locaux appartiennent à cette dernière.

Néanmoins, cette **sous-traitance interne** est **spécifique** puisque, quasiment aucun personnel de l'entreprise utilisatrice (à l'exception de quelques-uns) ne travaille dans ces locaux. Aussi les risques d'interférences, souvent associés à la sous-traitance interne (INRS, 2004), ne concernent-ils que très peu ici la coprésence des personnels de l'entreprise utilisatrice et de l'entreprise sous-traitante, mais essentiellement ceux qui pourraient être liés à la présence ou l'utilisation d'installations, de matériels etc. de la structure utilisatrice par les personnels sous-traitants. Cette relation de sous-traitance se caractérise en outre par une **certaine fidélité**, du fait du contrat pluriannuel qui lie les deux entreprises.

2.2 - L'organisation de la maintenance des véhicules

L'intégralité de la maintenance des véhicules (103 bus, 12 véhicules de service), ainsi que l'ensemble de leurs équipements intérieurs (sièges, oblitérateurs, système de vidéosurveillance, etc.), est à la charge de l'entreprise A, ce que précise le contrat de délégation de service public. Le responsable de maintenance a ainsi des obligations de résultats et de moyens à ce sujet vis à vis de la communauté d'agglomération. Les interventions de maintenance sont, comme nous le verrons maintenant, pour une part, **assurées en interne**, et pour une autre, **externalisées**¹².

2.2.1 - Le service de maintenance interne

Le service de maintenance interne comprend quinze personnes : un responsable du service ; une secrétaire ; une personne chargée de l'infrastructure (entretien du bâtiment) ; un responsable du parc des véhicules ; deux chefs d'équipe (de jour) ; 8 mécaniciens polyvalents en binôme constant (avec une rotation sur 8 semaines alternant poste du matin 5h-13h, de l'après-midi 13h-21h et de jour ; une alternance matin/après-midi est également assurée le samedi par un seul technicien) ; un électromécanicien (de jour). Ainsi, coexistent à la fois une **prise en charge polyvalente** (mécaniciens en binôme) et une prise en charge **spécialisée** (électromécanicien) de la maintenance. Ce service représente **7% des effectifs totaux** de l'entreprise (216 personnels en 2008)¹³. Ils sont quasiment 10 fois moins nombreux que les conducteurs-receveurs. Un des deux mécaniciens en poste (le matin et l'après-midi) est à tour de rôle "**technicien volant**". Il dispose d'une radio, qui le met en relation avec la cellule de régulation et intervient sur le réseau lors de difficultés (pannes, défauts, dysfonctionnements, etc.) signalées par les conducteurs aux régulateurs (interventions correctives immédiates). Les interactions entre les conducteurs et les techniciens sont donc le plus souvent indirectes ; elles transitent dans la plupart des cas par la régulation ou par des documents écrits (cf. annexe II).

Le service de maintenance interne assure des opérations de maintenance préventive (contrôle quotidien des niveaux d'un type de véhicules, visites programmées des véhicules, visites de préparation aux mines), de maintenance corrective (signalements, interventions correctives programmées, interventions correctives immédiates (dépannages)¹⁴) et peut également prendre en charge des opérations correctives plus lourdes. L'annexe II montre une représentation du traitement des interventions de maintenance corrective de type signalements et dépannages intégrant les différents acteurs concernés.

2.2.2 - Des interventions externalisées

Outre les interventions de maintenance prises en charge en interne, **un certain nombre d'opérations sont externalisées**, i.e. prises en charge par des entreprises extérieures. Le responsable de maintenance dispose d'une enveloppe budgétaire en sous-traitance. En fonction de cette enveloppe, du parc de véhicules et des moyens humains de son service, il choisit ou non d'externaliser un certain nombre d'interventions (il dispose d'une délégation pour ce faire). Les appels d'offre et la rédaction des cahiers des charges relatifs à la maintenance des bus sont réalisés en collaboration avec la communauté d'agglomération. Le responsable de maintenance est chargé

¹² L'externalisation sera considérée ici comme le simple fait que certains besoins de l'entreprise soient assurés à l'extérieur de cette dernière, mais d'autres définitions de celle-ci existent ; cf. Edouard (2005).

¹³ A titre indicatif, l'AFNOR (1986) estimait que, tous secteurs confondus, les effectifs de maintenance représentaient 6 à 10% des seuls effectifs de production.

¹⁴ Les signalements concernent des dysfonctionnements ou anomalies ne présentant pas un caractère d'urgence immédiat. Il s'agit des petits défauts du véhicule qui ne grèvent pas le fonctionnement du bus lui-même. Les interventions correspondantes sont, pour une partie d'entre elles, planifiées.

Les dépannages (interventions sur le réseau) concernent des dysfonctionnements nécessitant des interventions de maintenance corrective immédiates (non planifiées).

des contacts et contrats annuels avec les entreprises extérieures (négociation, révision des prix). Au quotidien, ce sont les chefs d'équipe qui entretiennent les relations avec les entreprises extérieures.

2.2.3 - Intérêts de la situation analysée

L'analyse des activités des techniciens de maintenance dans cette situation présentait plusieurs intérêts, du fait notamment de :

- la double "dépendance" de l'entreprise A et, plus particulièrement, de sa relation d'entreprise sous-traitante de la communauté d'agglomération ; relation de sous-traitance de surcroît spécifique à deux titres, du fait de la délégation de service public et d'une sous-traitance interne particulière, la coprésence des personnels des entreprises utilisatrice et extérieure étant quasi-inexistante ;
- l'organisation de la maintenance des véhicules dans l'entreprise. La prise en charge de la maintenance est spécialisée (i.e. réalisée par les seuls personnels de maintenance ; cf. Grusenmeyer, 2002) et assurée, pour une part, en interne et, pour une autre, de façon externalisée. Cette situation se caractérise donc par la coexistence d'organisations différentes de la maintenance des véhicules et devait par conséquent permettre l'observation de la réalisation des interventions avec des organisations différentes ;
- l'opportunité de suivre des interventions de maintenance dans le cadre d'une sous-traitance en cascade (annexe III). L'entreprise A est en effet une entreprise sous-traitante de la communauté d'agglomération, et peut elle-même être amenée à sous-traiter certaines interventions de maintenance. Cette situation pouvait ainsi permettre de mener des observations du point de vue de l'entreprise sous-traitante de niveau 1 (i.e. l'entreprise utilisatrice de niveau 2 ; Grusenmeyer, 2007), observations qui, à notre connaissance, ont rarement été effectuées ;
- la possibilité d'observer des interventions de maintenance correctives, notamment immédiates (interventions sur réseau ou dépannages), pour lesquelles plusieurs travaux ont montré qu'elles étaient plus accidentogènes (Health and Safety Executive, 1985, 1987, 1992 ; Caisse Régionale d'Assurance Maladie de Normandie, 2002 ; Association Française des Ingénieurs et Techniciens de Maintenance, 2004 ; Grusenmeyer, 2005 ; European Agency for Safety and Health at Work, 2010a, 2010b) ;
- enfin, la proximité de ces activités de maintenance des bus avec celles des "*ouvriers de la réparation automobile*", famille du domaine professionnel "*Maintenance*", particulièrement exposée à des risques variés, selon l'enquête SUMER 2003 de la DARES (Equipe SUMER, 2006). Cette dernière montre par exemple que les "*ouvriers de la réparation automobile*" déclarent bien plus fréquemment que l'ensemble de la population être exposés à certains risques physiques (nuisances sonores : 86,4% vs 31,9% pour l'ensemble des familles professionnelles ; vibrations : 80,1% vs 12% respectivement), à des contraintes posturales et articulaires (98,1% vs 71,8% respectivement) ou encore à la manutention manuelle de charges (67,9% vs 42,8% respectivement).

3 - **Méthodologies utilisées lors des analyses en situation**

3.1 - **Objectifs et nature des analyses**

La méthodologie adoptée visait, d'une part, à **décrire et caractériser l'organisation de la maintenance des véhicules** de l'entreprise A et **les motivations à l'origine des choix organisationnels** effectués.

Il s'agissait, d'autre part, de réaliser des **analyses ergonomiques des activités de maintenance, notamment correctives** (celles-ci étant considérées plus accidentogènes), par des intervenants internes, mais aussi externes. Comme nous le verrons dans la partie "résultats", le réseau dans lequel l'entreprise A s'insère du point de vue de la maintenance des véhicules s'est révélé être très complexe. De nombreuses entreprises extérieures (et par conséquent, une multiplicité d'acteurs)

constituent ce réseau, ce qui n'a pas permis l'analyse d'interventions externalisées, ne serait-ce que parce que celle-ci aurait nécessité une négociation de l'intervention de l'INRS avec chacune des entreprises concernées. Cette difficulté méthodologique était accrue par la volonté d'observer des interventions de maintenance correctives immédiates, dans la mesure où, dans ces situations, la panne ou le dysfonctionnement n'est pas connu a priori et les techniciens susceptibles d'intervenir ne le sont, par conséquent, pas non plus. Ainsi, comme l'évoquait De La Garza (2000) à propos du dépannage d'installations de signalisation ferroviaire, *"une analyse cognitive des activités de dépannage dans un tel système s'accompagne de difficultés méthodologiques, en relation notamment avec l'observation en temps réel. Par définition, il s'agit d'une situation inopinée ; il est donc impossible de définir les conditions d'observation exactes et difficile d'établir des choix et limites contextuels pour l'analyse du travail"* (p. 40). Ces éléments contribuent d'ailleurs certainement à expliquer que les activités de maintenance aient assez rarement fait l'objet d'observations. Par conséquent, les **observations des interventions de maintenance ont uniquement concerné le personnel interne de l'entreprise A**. Néanmoins, une attention particulière a été accordée, lorsque cela était possible, aux **conséquences potentielles de l'externalisation sur les activités des techniciens internes** (phénomène à notre connaissance peu étudié). Par ailleurs, quelques interventions de maintenance, pour lesquelles les techniciens internes avaient été en relation avec des personnels extérieurs, ont pu faire l'objet d'analyses cliniques (du point de vue de l'entreprise A).

Enfin, et dans un objectif d'assistance, **des analyses des postures et des positions d'un technicien volant lors d'une intervention de maintenance préventive**, mais surtout des opérations les plus contraignantes de ce point de vue et des éléments susceptibles d'y contribuer, ont été réalisées. En effet, de nombreux travaux (Daniellou et al., 1994 ; Arnaudo et al., 2006a, 2006b) soulignent que les personnels ayant une fonction *"installation, entretien, réglage, réparation"* (i.e. les personnels de maintenance notamment) sont fréquemment soumis à des "postures pénibles" ou des "situations fatigantes"¹⁵ (cf. annexe IV).

3.2 - Méthodes mises en œuvre

Les méthodes mises en œuvre ont été les suivantes.

3.2.1 - Méthodes utilisées pour l'identification du réseau des entreprises concernées par la maintenance

Pour ce qui est de l'identification du réseau des entreprises concernées par la maintenance des véhicules, et des motifs d'externalisation ou non des interventions, des **entretiens semi-directifs avec le responsable de maintenance** ont été menés.

3.2.2 - Méthodes mises en œuvre pour les analyses des activités des techniciens et des interventions de maintenance

Les analyses des activités des techniciens de maintenance ont été réalisées grâce à :

- des **observations instrumentées** (enregistrements audiovisuels¹⁶) **des activités des "techniciens volants" internes et de leurs interactions avec autrui**. La fonction de technicien volant a été

¹⁵ Les "postures pénibles" sont définies par ces auteurs comme le fait de rester à genoux, les bras en l'air, accroupi ou en torsion plus de 2 heures par semaine. Les "situations fatigantes" regroupent quant à elles la station debout, les piétinements et déplacements à pieds, ainsi que les gestes répétitifs à cadence élevée.

¹⁶ Deux types d'enregistrements audiovisuels ont été effectués simultanément :

- d'une part, un enregistrement "caméra à l'épaule" par un observateur permettait de disposer d'une vue générale des activités des techniciens et de leur contexte immédiat, ainsi que de leurs interlocuteurs éventuels ;
- d'autre part, une micro-caméra placée à l'épaule des techniciens et un micro-cravate à leur col permettaient d'observer leur zone proximale de travail (zone qui n'était le plus souvent pas observable à partir du précédent

retenue dans la mesure où ces opérateurs prennent en charge les interventions de maintenance correctives immédiates, en cas de dysfonctionnement, panne ou défaut d'un véhicule sur le réseau ("interventions sur réseau"). L'ensemble de leurs activités a néanmoins été observé, ces activités de dépannage étant inopinées. Les interactions de ces opérateurs avec autrui (collègue du binôme, chef d'équipe maintenance, par exemple) ont également fait l'objet d'un suivi ;

- des **verbalisations concomitantes de ces techniciens tout au long des observations**. Elles devaient permettre d'obtenir des précisions et des explications des opérateurs sur leurs activités en cours de réalisation.

Ces observations et verbalisations devaient notamment permettre un suivi du déroulement temporel des différentes activités des techniciens volants, comme l'illustre la figure 3, et une caractérisation de leurs activités. L'incertitude de ces dernières a notamment fait l'objet d'une attention particulière, dans la mesure où elle est souvent décrite comme associée à la nature de ces activités, susceptible d'être très coûteuse cognitivement, et s'est révélée émerger des données.

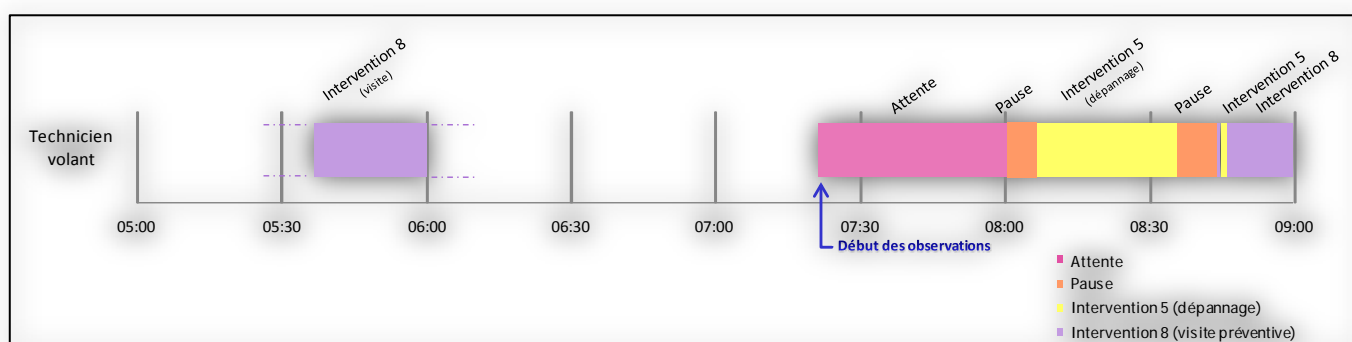


Figure 3. Exemple de représentation du déroulement temporel des activités des techniciens

Outre ces analyses centrées sur une fonction, celle des techniciens volants, nous souhaitons, afin d'appréhender la répartition des activités réelles de travail entre les différents personnels, mener des analyses diachroniques de certaines interventions de maintenance, et notamment des interventions sur le réseau (maintenance corrective immédiate), diachronie qui dépasse les activités d'un acteur (cf. annexe II). Dans cet objectif, et afin d'être en mesure de reconstituer le déroulement temporel de certaines de ces interventions (cf. figure 4), les méthodes précédentes ont été complétées par :

- des **enregistrements audio en salle de régulation**. Ils devaient notamment permettre de recueillir des éléments relatifs à la détection et au signalement des dysfonctionnements effectué par les conducteurs aux régulateurs, ainsi qu'au traitement par ces derniers de ces dysfonctionnements ;
- un **questionnement des conducteurs après survenue de l'anomalie** lors du déplacement des techniciens volants sur le réseau et de leur rencontre avec ce dernier ;
- des **observations instrumentées** (enregistrements audiovisuels) **des activités d'autres techniciens de maintenance**, si une intervention sur réseau, après avoir fait l'objet d'un premier traitement par les techniciens volants, est reprise par un collègue en interne ou menée conjointement avec un autre mécanicien.

Les principales étapes constitutives des interventions de maintenance sur réseau devaient ainsi pouvoir être suivies (cf. figure 4 ; TV désigne les Techniciens Volants) et des analyses cliniques de certaines d'entre elles être menées.

enregistrement : manque de visibilité, faible accessibilité aux équipements à maintenir, etc.) et une meilleure audibilité de leurs verbalisations et communications, l'environnement pouvant être très bruyant.

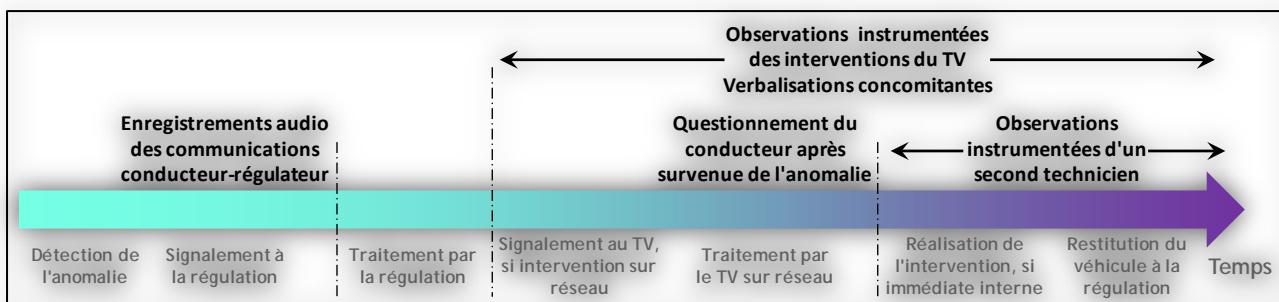


Figure 4. Analyses diachroniques des interventions sur le réseau

En fait, le questionnement des conducteurs après survenue de l'anomalie s'est révélé quasiment impossible à mettre en œuvre, faute de temps suffisant des conducteurs (poursuite de la tournée après la survenue d'une anomalie susceptible d'occasionner des retards, changement éventuel de véhicule, etc.) et des observateurs (simultanéité des observations des techniciens volants et du questionnement des conducteurs). De la même façon, les observations instrumentées des activités des autres techniciens n'ont pas toujours été possibles (cas par exemple si une intervention du technicien volant menée avec un collègue est concomitante de la reprise en main d'une intervention sur réseau par un autre mécanicien, auquel cas trois observateurs auraient été nécessaires).

3.3 - Données recueillies

Pour ce qui est des données recueillies :

- **quatre entretiens** ont été menés **avec le responsable de maintenance** ;
- les **activités des techniciens volants**, leurs interactions avec autrui et leurs verbalisations concomitantes ont été **enregistrées pendant 6 postes** (3 postes du matin et 3 de l'après-midi ; seule une partie de ces 6 postes a été observée). Cela représentait un peu plus de 20 heures d'observation (ces données ont été intégralement retranscrites) ;
- les **communications verbales des conducteurs avec les régulateurs** lors du signalement d'un dysfonctionnement n'ont pu être recueillies que **sur 4 des 6 postes**. Dans un certain nombre de cas, ces échanges verbaux n'étaient pas audibles.

Les données issues des observations ont concerné **5 techniciens volants** différents. Elles étaient relatives à **22 interventions de maintenance**¹⁷. La quasi-totalité d'entre elles étaient de type correctif. Seule une intervention de maintenance préventive a été observée. **Dix sept bus différents** étaient concernés par ces différentes interventions (pour une description plus détaillée des interventions, cf. annexe V).

3.4 - Traitements des données

Le traitement des données a consisté en :

- une **analyse de contenus des entretiens avec le responsable de maintenance** (identification du réseau des entreprises et des motifs d'externalisation) ;

¹⁷ A été considérée comme une intervention, l'ensemble des activités des techniciens relatives à un dysfonctionnement ou à une opération spécifique concernant un véhicule particulier. Pour chacune des activités des techniciens, le véhicule concerné d'une part, et le défaut ou l'opération à mener d'autre part, ont donc été identifiés. Dans le cas où deux dysfonctionnements et/ou opérations différents étaient relatifs au même véhicule, deux interventions de maintenance ont été considérées. Par contre, si les activités successives de deux techniciens sont relatives à un même dysfonctionnement ou une même opération sur un même véhicule, une seule intervention a été comptabilisée. Pour les visites de maintenance préventive, l'ensemble des opérations constitutives de la visite a été considéré relatif à une même intervention.

- **une description et une caractérisation des activités des techniciens volants** sur différentes dimensions : analyses de leurs activités au regard de la diachronie des interventions (figure 4), de la succession de ces activités (figure 3), identification des sources d'incertitude associées à ces activités ;
- des **analyses cliniques et diachroniques de quelques interventions de maintenance**, pour lesquelles une reconstitution temporelle de leur déroulement a été effectuée (cf. figure 4) ;
- des **analyses des postures et des positions d'un technicien volant lors d'une intervention de maintenance préventive**, ainsi que des opérations les plus contraignantes de ce point de vue et des éléments susceptibles d'y contribuer. Elles ont concerné la quasi-totalité du temps consacré par le technicien volant à la visite de maintenance préventive. Le traitement de ces données et les principaux résultats sont présentés de façon détaillée en annexe IV.

Les principaux résultats issus de ces différentes analyses seront maintenant présentés.

1 - Quelques résultats issus de l'exploitation de l'enquête SUMER

Les résultats (en police normale) et premières interprétations (en italique) présentés ici concerneront exclusivement la comparaison des expositions professionnelles des personnels de maintenance et de production, ainsi que de leurs scores au questionnaire de Karasek. Quelques éléments descriptifs de ces deux échantillons de personnels sont présentés en Annexe VI.

1.1 - Expositions aux ambiances et contraintes physiques

Du point de vue des ambiances et contraintes physiques, les personnels de maintenance sont globalement significativement plus fréquemment exposés que les personnels de production aux situations de conduite, travail avec machines et outils vibrants, situations avec contraintes visuelles, rayonnements et radiations, nuisances sonores et thermiques, ainsi qu'aux manutentions manuelles de charges (par ordre décroissant de différence de pourcentages, cf. annexe VI). *Nombre de ces résultats sont à mettre en relation avec le fait que ces personnels sont amenés à intervenir au plus près des équipements (Daniellou et al., 1994), dans des contextes techniques et environnementaux variés.*

En revanche, du point de vue des contraintes posturales et articulaires, les personnels de production apparaissent plus fréquemment exposés que les personnels de maintenance (respectivement 89% vs 88%¹⁸), lorsque ces expositions sont évoquées de façon générale dans l'enquête¹⁹. Lorsqu'elles sont évoquées de façon instanciée²⁰, ils sont également plus fréquemment en position debout et de piétinement, et soumis à une répétitivité des gestes à cadence élevée. Les personnels de maintenance sont toutefois significativement plus fréquemment exposés aux déplacements à pied, positions à genoux, positions fixes de la tête et du cou, maintien des bras en l'air ou autres contraintes posturales (accroupi, en torsion, etc.). *L'exposition générale plus importante des personnels de production aux contraintes posturales et articulaires, comparativement à ceux de maintenance, est inattendue, sachant que les 3 familles professionnelles de maintenance distinguées initialement dans l'enquête SUMER montrent des expositions très fréquentes à ces contraintes²¹ et que la maintenabilité des équipements reste encore peu prise en compte dans leur conception. Elle paraît en outre peu congruente avec les résultats plus détaillés de cette enquête relatifs aux positions et postures (répétitivité et position debout mises à part) et avec ceux obtenus sur le terrain (annexe IV). Elle pourrait s'expliquer par des contraintes posturales et articulaires nombreuses, mais dont la fréquence est moins élevée chez les personnels de maintenance (annexe IV). Les tâches de maintenance sont en effet, au contraire de celles de production, peu répétitives, très diverses et marquées par une forte variabilité (AFNOR, 1986 ; De La Garza & Weill-Fassina, 1995 ; Bounot et al., 1996 ; Vidal-Gomel, 2007). Ce résultat pourrait en outre être lié à une moindre déclaration de ces contraintes, lorsqu'elles sont évoquées de façon générale, par les personnels de maintenance ; celles-ci étant considérées comme faisant "partie intégrante" de leur métier et "valorisantes", dans la mesure où elles constituent un moyen de résoudre un problème et sont adoptées à leur "propre*

¹⁸ La différence en termes de pourcentage est néanmoins relativement peu importante.

¹⁹ Exposition à des contraintes posturales et articulaires lors de la dernière semaine travaillée : oui/non.

²⁰ Sous-questions relatives aux expositions posturales et articulaires lors de la dernière semaine travaillée, concernant a) la position debout ou piétinement, b) les déplacements à pied dans le travail, c) les positions à genoux, d) les positions fixes de la tête et du cou, e) le maintien des bras en l'air, f) les autres contraintes posturales, g) la répétition de geste(s) à une cadence élevée.

²¹ 76,1% des techniciens de maintenance et de l'organisation, 93,8% des ouvriers de la maintenance et 98,1% des ouvriers de la réparation automobile déclarent être soumis à de telles contraintes (vs 71,8% pour l'ensemble des familles professionnelles).

initiative" (annexe IV). Au contraire, les gestes, postures et positions des personnels de production seraient plus procéduralisés, moins à leur initiative, et auraient "moins de sens" ; ils seraient donc vécus comme plus contraignants.

1.2 - Contraintes organisationnelles et relationnelles

On soulignera en premier lieu que plusieurs des dimensions relevant des contraintes organisationnelles et relationnelles appréhendées dans l'enquête ne sont guère adaptées aux activités de maintenance²². En termes de rythmes de travail (annexe VI), les interruptions de tâches pour une autre non prévue sont estimées beaucoup plus fréquentes par les personnels de maintenance que par ceux de production (66% vs 47%). Elles témoignent sans doute de la plus forte incertitude associée à ces activités, de la plus grande difficulté à les planifier et de la gestion fréquente et immédiate d'aléas et d'imprévus, évoquées précédemment. Néanmoins, l'impossibilité déclarée à faire varier les délais est bien plus importante pour les personnels de production (44% vs 25% pour les personnels de maintenance). C'est probablement lié au fait que les marges de manœuvre pour les uns et les autres (cf. infra), mais également les priorités associées à chacune de ces fonctions, sont complètement différentes. Alors que les objectifs de production laissent sans doute des marges de manœuvre plus restreintes aux opérateurs concernés, les personnels de maintenance ont la possibilité, au moins dans certains cas, d'apporter des solutions immédiates provisoires (dépannages) plutôt que définitives (réparations) aux dysfonctionnements survenus, et ainsi de moduler les délais des interventions (au moins à court terme). En outre, la priorité accordée à la production peut amener à reporter les interventions de maintenance qui s'avèreraient nécessaires. Quant à l'obligation de se dépêcher, les résultats tendent à montrer des contraintes temporelles des personnels de maintenance globalement plus importantes, mais au contraire de la production, moins systématiques (annexe VI). Ceci pourrait être mis en relation avec des phases de travail au cours desquelles les personnels de maintenance ne sont pas en mesure d'intervenir, les équipements devant rester disponibles pour la production, tandis que de telles phases seraient rarement observées en production, la priorité étant donnée à cette dernière.

Les résultats mettent par ailleurs en évidence une plus grande autonomie et des marges d'initiative plus importantes des personnels de maintenance (par exemple, règlement personnel en cas d'incident : 63% vs 51% pour les personnels de production), mais aussi des conséquences plus graves d'une erreur de ces derniers (par exemple, conséquences graves d'une erreur pour la sécurité : 77% vs 51%), et des moyens de travail jugés significativement plus fréquemment insuffisants par ces opérateurs pour l'effectuation correcte du travail : informations insuffisantes (respectivement, 23% vs 15%), nombre de collègues insuffisants (27% vs 20%), moyens matériels inadaptés et insuffisants (26% vs 22%), formation inadaptée et insuffisante (25% vs 17% ; pour plus de détails, cf. annexe VI).

1.3 - Résultats issus du questionnaire de Karasek

Ces résultats (annexe VI) montrent, pour leur part, des scores de demande psychologique²³ et de latitude décisionnelle en moyenne significativement plus élevés pour les personnels de maintenance, comparativement à ceux de production. Pour ce qui est de la latitude décisionnelle, la même tendance est observée pour ses 3 dimensions constitutives (marges de manœuvre, utilisation actuelle et développement des compétences). Par contre, en ce qui concerne la demande

²² Les exigences à l'origine des rythmes de travail ou les formes de polyvalence par exemple, sont en effet de nature très différente, selon que les activités relèvent de la maintenance ou de la production (annexe V).

²³ Pour rappel, plus le score de demande psychologique est élevé, plus les exigences psychologiques du travail (quantité-rapidité ; complexité-intensité ; morcellement-prévisibilité) sont importantes. Plus le score de latitude décisionnelle est faible, plus les ressources pour faire face aux exigences (marges de manœuvre ; utilisation actuelle et développement des compétences) sont insuffisantes. Dans ces situations (forte demande psychologique/faible latitude décisionnelle : "job strain"), les risques d'altérations de la santé sont considérés importants. Le soutien social module ce déséquilibre : il aggrave les répercussions négatives sur la santé, s'il est faible ("isostrain").

psychologique, les scores relatifs aux "exigences du travail" en termes de quantité-rapidité sont plus élevés pour les personnels de production, tandis que celles relatives à la complexité-intensité et au morcellement-manque de prévisibilité sont plus élevées pour les personnels de maintenance. Les personnels de maintenance se situent ainsi parmi les "actifs" (cf. figure 5), tandis que les personnels de production sont "tendus", et donc davantage soumis au "job strain".

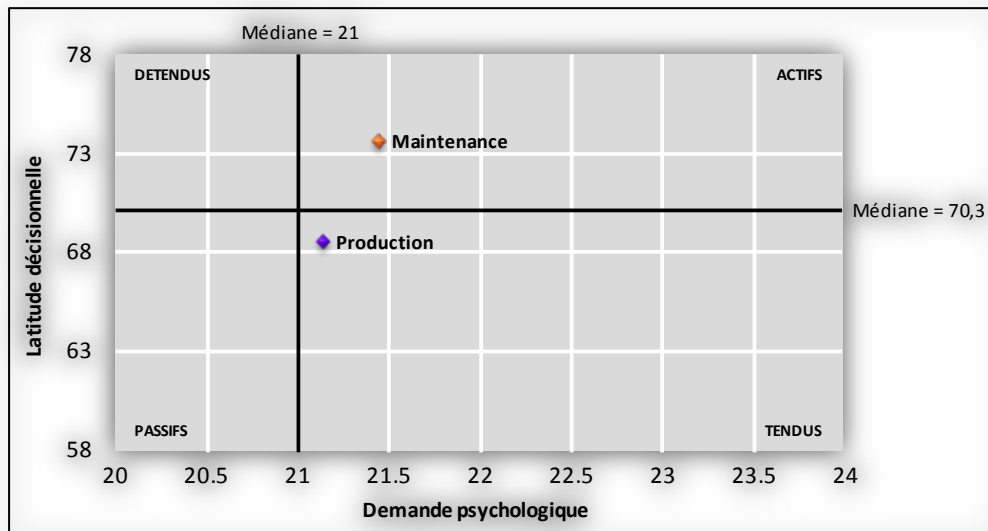


Figure 5. Scores de demande psychologique et de latitude décisionnelle des personnels de maintenance et de production

Ces deux catégories de personnels ont des scores de soutien social similaires, mais tandis que les personnels de production bénéficient d'un plus fort soutien de leurs supérieurs, ceux de maintenance sont davantage soutenus par leurs collègues. *Ces résultats nous paraissent refléter la nature des tâches et l'organisation du travail de maintenance. Par exemple, les scores plus élevés relatifs à la "demande psychologique" et la "latitude décisionnelle" peuvent être mis en relation avec la forte incertitude et le caractère peu routinier des tâches de maintenance, faisant appel à des activités cognitives complexes et au développement de stratégies d'adaptation et de savoir-faire variés, ou encore avec les interruptions fréquentes de ces tâches soulignées dans la littérature (Agathocleous, 2004 ; European Foundation for the Improvement of Living and Working Conditions, 2007) et dans l'enquête. De la même façon, le plus faible soutien social de la part des supérieurs pourrait illustrer le conflit productivité/fiabilité (report des interventions de maintenance au profit de l'utilisation des équipements par la production par exemple), surtout si l'organisation de l'entreprise est basée sur une subordination de la maintenance vis-à-vis de l'exploitation (Grusenmeyer, 2000).*

2 - Principaux résultats issus des analyses en situation

2.1 - Identification du réseau dans lequel l'entreprise s'insère du point de la maintenance des véhicules et motifs d'externalisation

2.1.1 - Le réseau d'entreprises

L'analyse de contenus des entretiens menés avec le responsable de maintenance de l'entreprise A a permis d'identifier le réseau dans lequel celle-ci s'insère du point de vue de la maintenance des véhicules. Une représentation de ce réseau est présentée en figure 6.

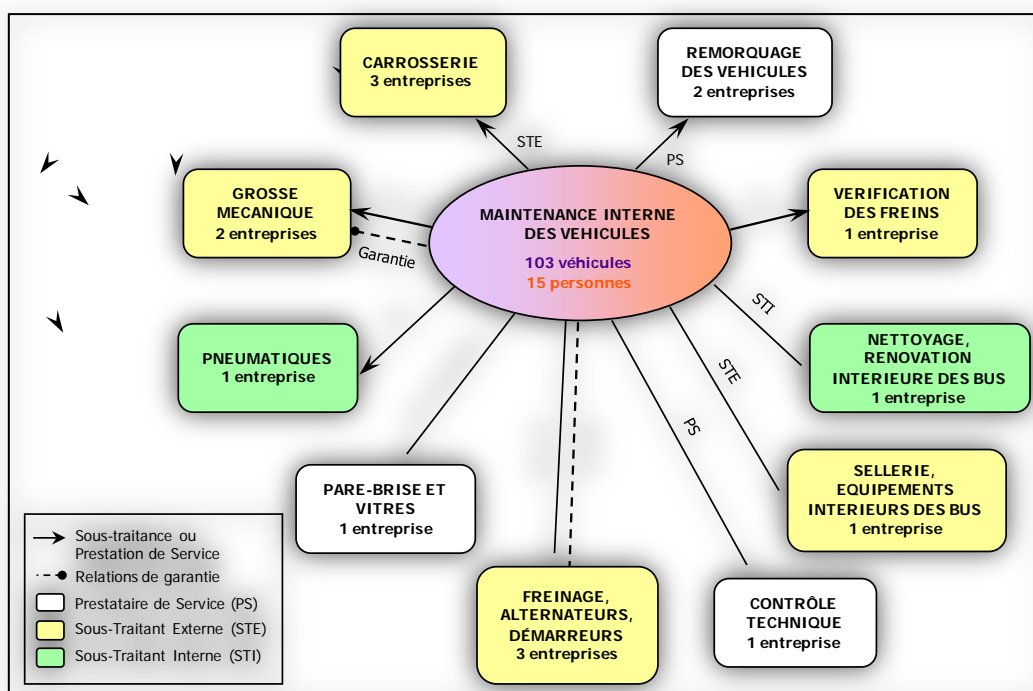


Figure 6. Représentation du réseau d'entreprises impliquées dans la maintenance des bus

Cette représentation montre que le réseau d'entreprises impliquées dans la maintenance des véhicules est complexe. Cette complexité tient :

- au **nombre d'entreprises concernées**, puisque le service de maintenance interne entretient des relations avec 16 entreprises différentes ;
- à la **diversité de la nature des relations inter-entreprises** (les distinctions effectuées ci-dessous ne constituent que des propositions de notre part (cf. tableau 1), les frontières entre les différentes formes d'externalisation restant encore floues et sujettes à débat) :
 - relations de sous-²⁴ interne (INRS, 2004) ou externe (réalisée sur le site de l'entreprise extérieure ; Grusenmeyer, 2007, 2009). Elles concernent des prestations très personnalisées, non ponctuelles, et dont le contenu est, pour une part importante, défini par l'entreprise utilisatrice (par opposition à des choix de prestation opérés parmi des offres standards) ;
 - prestation de services (contrat conclu entre un client, une entreprise ou un individuel contractant, et un prestataire, par lequel ce dernier met à disposition de son cocontractant, son savoir-faire dans un domaine spécifique et déterminé ; il s'agit en quelque sorte d'une "vente de service"). Elle concerne des prestations plus standardisées (l'objet du contrat est un service que le prestataire propose à son client), ponctuelles, et dont le contenu constitue une tâche précise nécessitant un savoir-faire particulier que l'entreprise cliente n'est pas capable d'assumer en interne ;
 - garantie (engagement par lequel le vendeur ou fabricant d'un objet ou service assure la qualité d'un bien vendu ; outre les garanties légales (contre les vices cachés ou de conformité), une garantie commerciale peut être proposée à l'acheteur de façon gratuite ou onéreuse). Elle concerne des prestations très standardisées, plutôt ponctuelles, et un contenu très précis déterminé par le vendeur²⁵.

²⁴ i.e. relation commerciale d'une entreprise avec d'autres par le biais de contrats commerciaux, en vue d'obtenir de ces dernières les biens et services, dont elle a besoin pour mener ses activités (Bureau International du Travail, 1997).

²⁵ La garantie prend la forme d'un écrit mis à la disposition de l'acheteur, précisant son contenu, les éléments nécessaires à sa mise en œuvre, sa durée, son étendue territoriale et le garant.

Précisons qu'il a été quelquefois difficile, à partir des entretiens menés, de distinguer les situations de sous-traitance externe et les relations de type prestation de service ;

- au fait que des **relations de nature différente** peuvent être entretenues **avec la même entreprise** (par exemple, garantie auprès des concessionnaires-constructeurs, puis sous-traitance externe et/ou prestation de service) ;
- au fait que les **prestations de services** ont lieu, selon les cas, **sur le site de l'entreprise extérieure** ou de l'entreprise A, plus exactement **celui de la communauté d'agglomération**.

FORMES D'EXTERNALISATION	NATURE DES RELATIONS INTER-ENTREPRISES		
	Durée de la relation	Lieu de réalisation des interventions	Entreprise déterminant le contenu de l'intervention
Sous-traitance	Longue durée	Sous-traitance interne : EU Sous-traitance externe : EE	EU Prestations très personnalisées
Prestation de service	Ponctuelle	EU/EE	EE Prestations standardisées
Garantie	Ponctuelle	EU/EE	EE Prestations très standardisées

EU : Entreprise Utilisatrice
EE : Entreprise Extérieure

Tableau 1. Caractéristiques des différentes formes d'externalisation distinguées

Par ailleurs, certaines interventions de maintenance des véhicules sont externalisées, non pas par le service maintenance de l'entreprise A, mais directement par la communauté d'agglomération (annexe VII).

Cette complexité du réseau des entreprises impliquées dans la maintenance des véhicules n'a pas permis, comme nous l'avons souligné précédemment, l'observation d'interventions correctives assurées par des intervenants externes. Elle explique également que nous parlerons, dans la suite de ce document, d'externalisation, l'analyse du réseau d'entreprises impliquées mettant en évidence que la sous-traitance ne constitue qu'une forme d'externalisation parmi d'autres.

2.1.2 - Prise en charge et motifs d'externalisation des interventions

Les entretiens menés avec le responsable de maintenance ont également permis d'identifier le type de prise en charge et les motifs d'externalisation des interventions par la seule entreprise A. Précisons que les éléments présentés ici ne sont relatifs qu'à la phase de réalisation de l'intervention elle-même (et non aux phases antérieure et postérieure à cette dernière, telle que la préparation de l'intervention, par exemple).

En premier lieu, les résultats montrent que **l'externalisation des interventions de maintenance ne signifie pas nécessairement une prise en charge exclusive de la nature des interventions concernées**. Ainsi, les travaux de carrosserie (figure 6) font effectivement l'objet d'une externalisation totale, tandis que les interventions de grosse mécanique, majoritairement externalisées, peuvent également être assurées en interne, selon leur nature et leur durée (cf. annexe VIII pour une présentation plus détaillée de la prise en charge et des motifs d'externalisation des interventions).

En second lieu, les résultats montrent que **les motifs et éléments contribuant à l'externalisation ou non des interventions de maintenance sont nombreux et variés** (cf. annexe VIII). Ils ont été regroupés en 11 catégories (figure 7), selon qu'ils concernent :

- des motivations financières et budgétaires : coûts des interventions, mais aussi des équipements, outillages, pièces nécessaires, coûts des personnels, importance et facilité de planification du budget ;



* L'échange réparable désigne le remplacement dans un ensemble mécanique ou autre, d'une partie usée ou détériorée par son équivalent remis à neuf. Il se fait moyennant le prix de la rénovation, et peut bénéficier d'une garantie de qualité et de sécurité comparable à celle d'un matériel neuf.

Figure 7. Motifs et éléments contribuant à la décision ou non d'externaliser les interventions

- la politique de maintenance de l'entreprise A : par exemple, volonté de réaliser de la maintenance préventive ou certaines interventions (souhait de maintenir et développer certains savoir-faire spécifiques) en interne, possibilité de réalisation de certaines interventions externalisées dans l'atelier ;
- les caractéristiques et contraintes définies par la délégation de service public : contraintes liées aux locaux mis à la disposition de l'entreprise A ; obligation de résultats "transférée" à l'entreprise extérieure dans certains cas ;
- l'organisation du travail de la maintenance interne d'une part, et extérieure d'autre part : réactivité des intervenants internes et extérieurs, rotation du personnel interne rendant difficile la prise en charge d'interventions de longue durée, par exemple ;
- certaines caractéristiques des entreprises extérieures : possibilité de réalisation des prestations dans la région, proximité géographique ;
- les contraintes liées à l'exploitation : disponibilité des véhicules notamment ;
- les caractéristiques des interventions : durée, nature, nombre et fréquence, par exemple ;
- les moyens matériels nécessaires à la réalisation des interventions : espaces de travail, outillages et matériels requis, pièces détachées (délais d'obtention, garantie de ces dernières) ;
- la réglementation : elle peut, par exemple, imposer une externalisation des interventions (cas des contrôles techniques des véhicules) ou l'obtention de dérogation de circulation, le remorquage de certains véhicules occasionnant des convois exceptionnels ;
- les ressources humaines nécessaires à la réalisation des interventions, en termes d'effectifs et de compétences (spécialisation, habilitation, autorisation requises...) ;
- le retour d'expérience sur les interventions externalisées ; en fonction de la satisfaction du service de maintenance interne concernant les prestations extérieures et de la relation de confiance (Karsenty, 2011) qui s'est instaurée avec ces dernières, la décision d'externalisation ou le choix de l'entreprise extérieure peuvent être réévalués.

Il importe également de souligner que :

- **aucun de ces motifs ne détermine seul la décision d'externaliser ou non les interventions.** De 4 à 11 éléments contribuant à cette décision sont spontanément évoqués par le responsable de maintenance pour chacune des principales interventions (annexe VIII) ;
- **un même motif peut, selon les cas, conduire ou non à une externalisation.** Pour reprendre une des motivations à sous-traiter très fréquemment évoquée dans la littérature (Tazi, 2008 ; Héry, 2009 ; Lefevre, 2009), un coût financier moindre peut contribuer à une décision d'externalisation (cas par exemple des grosses interventions de mécanique), mais un coût important peut également conduire à prendre cette même décision (cas des interventions sur les articulations des véhicules ; annexe VIII). L'externalisation n'est donc pas toujours moins coûteuse financièrement ;
- **ces différents motifs et éléments entretiennent de multiples interrelations.** Par exemple, la durée importante de certaines interventions correctives, déterminée par la nature de ces dernières (*caractéristiques des interventions*), rend difficile leur réalisation en interne, bien que les compétences soient existantes (*ressources humaines*), du fait du système de rotation du personnel interne (*organisation de la maintenance*) et des outillages requis (*moyens matériels*). Une telle réalisation ne favorise pas non plus l'effectuation d'opérations de maintenance préventive internes (*politique de maintenance*) et mobilise pour une longue durée un emplacement dans l'atelier (*moyens matériels*), emplacements de surcroît peu nombreux (*contraintes liées aux locaux mis à la disposition de l'entreprise par la communauté d'agglomération*) ;
- enfin, ces éléments ne vont pas toujours dans le même sens (annexe VIII). **La décision prise est donc le résultat d'un compromis**, par ailleurs **évolutif** si l'on se base sur les entretiens menés avec le responsable maintenance, entre ces divers éléments, parmi lesquels les caractéristiques des interventions, les moyens matériels ou encore la proximité des entreprises extérieures, ont une place importante, pourtant rarement évoquée dans la littérature. Cette place pourrait tenir, entre autres, à la fonction du décisionnaire, en l'occurrence ici le responsable de maintenance.

2.2 - Description et caractérisation des activités des techniciens volants

2.2.1 - Description générale succincte des activités des techniciens

La réalisation d'activités participant à l'effectuation des 22 interventions de maintenance constitue les principales activités des techniciens volants (90,6% du temps d'observation ; cf. figure 8). Leurs autres activités concernent des activités annexes (plein des véhicules légers de l'entreprise, par exemple), des activités "autres" (telles celles de fin de poste), leurs pauses, mais aussi des périodes "d'attente" ou, plus exactement, des périodes pendant lesquelles les techniciens ne sont pas en mesure d'intervenir (4,6% du temps d'observation). La majeure partie de leurs activités concernent des interventions de type correctif, dans la mesure où leur activité prioritaire est la prise en charge des dépannages éventuels. Aussi, les chefs d'équipe évitent, autant que faire se peut, d'attribuer des interventions lourdes (visite de maintenance préventive, par exemple) aux techniciens volants, si ces derniers sont seuls, ce qui doit permettre de gérer au mieux les aléas éventuels. Mais ce résultat est également indicatif de difficultés à réaliser davantage de maintenance préventive en interne, malgré une volonté forte du responsable de maintenance²⁶.

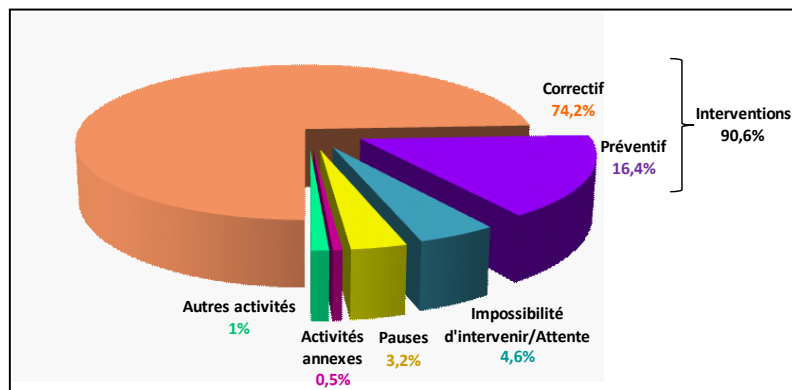


Figure 8. Répartition des activités des techniciens volants observés (en temps)

L'analyse des 22 interventions selon le lieu principal des activités des techniciens volants (annexe IX) montre, pour sa part, la **multiplicité des lieux d'intervention des techniciens volants**, leur forte mobilité, mais aussi le fait qu'ils soient **fréquemment amenés à travailler à l'extérieur**, qu'il s'agisse du parc des véhicules ou de l'ensemble du réseau ; phénomènes évoqués dans la littérature (De La Garza & Weill-Fassina, 1995 ; Bounot et al., 1996), et soulignés par l'exploitation de l'enquête SUMER (tableau III annexe VI).

2.2.2 - Des activités morcelées au regard de la diachronie des interventions

L'analyse des activités des techniciens volants au regard de la diachronie des interventions de maintenance devait donc permettre de caractériser les activités des techniciens et d'appréhender la répartition des activités réelles de travail entre les différents personnels. Elle met en évidence des **contributions de ces opérateurs à la réalisation de ces dernières**. Ainsi, le suivi des activités de ces

²⁶ L'extrait d'entretien suivant avec le responsable de maintenance illustre cette difficulté :

"Si vous voulez la courbe est inversée. Quand on est en formation (...), on nous dit en permanence ce qu'on doit faire : 70% de préventif pour 30% de curatif, (si) on travaille en amont, elles ne tombent pas en panne sur le réseau. Et donc en fait, eh ben on inverse plutôt la pyramide (..) on fait 40% de préventif et puis on fait 60% de réparation. Le delta du manque de personnel, il se joue là. C'est-à-dire que, on peut pas jouer sur les visites (...) parce qu'on transporte des voyageurs qui règlent un petit peu nos visites. (...) En revanche, tout ce qu'on pourrait faire à côté, eh ben malheureusement on ne le fait pas, parce qu'on n'a pas le temps et... ce qu'on perd d'un côté, on en a deux fois plus, quand le bus il casse ou qu'il y a une plus grosse intervention".

techniciens ne permet que rarement d'observer les interventions dans leur intégralité. Sur les 22 interventions auxquelles les techniciens contribuent :

- **seules 6 d'entre elles (27,3%) ont pu être observées dans leur intégralité.** De surcroît, cinq de ces interventions constituent des activités de dépannage (solution provisoire) ne donnant pas lieu dans un second temps à une réparation (solution définitive). Ces interventions sont par conséquent de courte durée (de 55 secondes à 1h08 dans le cas de la seule intervention faisant l'objet d'une réparation) ;
- **16 d'entre elles (72,7%) n'ont pu être observées dans leur intégralité.** Soit le déclenchement de l'opération n'a pas pu faire l'objet d'un suivi²⁷ (3 cas) : reprise d'une intervention n'ayant pas pu être finalisée par un collègue, faute de pièce détachée par exemple ; prise en charge par les conducteurs, sur décision des régulateurs, du traitement provisoire immédiat de dysfonctionnements ; détection par une entreprise extérieure d'anomalies, dont le traitement est assuré par le service de maintenance interne. Soit la suite et/ou la fin de l'intervention n'ont pu être observées (6 cas) : prise en charge, selon sa nature ou les moyens nécessaires, de la suite de l'intervention par un autre intervenant interne (électricien ou mécanicien) ou un intervenant extérieur ; temps insuffisant pour clore l'intervention (fin de poste, nécessité de restituer le véhicule à l'exploitation). Soit ces deux phases (déclenchement et fin de l'intervention) n'ont pas pu être suivies, pour les raisons juste évoquées (7 cas).

L'activité des techniciens volants apparaît donc morcelée, au regard du déroulement temporel des interventions de maintenance (annexe X). Quant à celles qu'ils assurent dans leur intégralité, elles constituent essentiellement des dépannages, de très courte durée, qui ne seront pas suivis d'une recherche de solution définitive.

Différents éléments explicatifs de ce morcellement ont pu être identifiés :

- **la prise en charge, dans un premier temps, des interventions de maintenance correctives immédiates** (dépannage, échange de véhicules) **par les techniciens volants** (annexe II), **quels que soient les intervenants qui effectueront la réalisation de l'intervention** dans un second temps : électricien de l'entreprise, intervenants extérieurs. L'organisation du service de maintenance interne (fonction du technicien volant, coexistence d'une maintenance polyvalente et spécialisée), mais aussi l'externalisation des interventions, quelle que soit sa forme, contribuent ainsi à ce morcellement (inversement, un dysfonctionnement, dont la réparation est prise en charge par le service de maintenance interne, peut être détecté lors d'une intervention assurée par un intervenant extérieur) ;
- **le système de rotation des techniciens** (conduisant à une impossibilité de poursuivre l'intervention ou à sa reprise par un collègue), **la planification d'interventions correctives non programmées** (notamment si elles sont lourdes en temps de travail), **mais aussi la gestion des pièces de rechange** (pièces non disponibles). Ces situations sont à mettre en relation avec les difficultés du service de maintenance interne à effectuer davantage de maintenance préventive (les interventions correctives non programmées étant alors d'autant plus nombreuses) et avec un stock de pièces de rechange essentiellement composé des consommables et pièces courantes (du fait du coût financier d'un stock plus conséquent, mais aussi de la très forte variabilité du parc de véhicules, et donc des pièces²⁸) ;
- **la priorité donnée à l'exploitation** (contraintes de service). Elle peut conduire à des indisponibilités partielles des véhicules pour maintenance (lors des heures creuses par exemple), qui ne permettent pas toujours aux techniciens de finaliser les interventions prévues. Elle peut également amener les régulateurs, mais aussi les techniciens, à demander aux conducteurs d'effectuer des manipulations sur le véhicule, pour pallier provisoirement un dysfonctionnement

²⁷ Cela résulte, dans quelques cas, des observations elles-mêmes, dans la mesure où le déclenchement des interventions n'est pas toujours prévisible.

²⁸ Variabilités qui, rappelons-le, dépendent des choix effectués par la communauté d'agglomération, en tant que détentrice des véhicules.

(notamment aux heures de pointe), et ainsi, à opter pour des dépannages par les conducteurs au détriment du bon état de fonctionnement des véhicules (absence de solutions définitives et fortes sollicitations des équipements) ;

- **les prises de décision des régulateurs quant au traitement des dysfonctionnements signalés par les conducteurs** (annexe II). Il arrive que les premiers demandent aux seconds de procéder eux-mêmes à un échange de véhicules, et ainsi d'apporter une solution provisoire au dysfonctionnement. Ces décisions sont susceptibles d'être motivées par une volonté d'optimisation des temps d'attente des conducteurs et l'évitement d'un déplacement des techniciens volants.

Sur ces bases, des représentations des répartitions des activités observées, entre les différents acteurs, au regard de la diachronie des interventions ont été effectuées (annexe XI). Ces différentes répartitions des activités permettent notamment d'éviter que la survenue d'aléas n'empiète sur le service rendu. Toutefois, elles contribuent à **une dissociation des différentes étapes constitutives des interventions**, puisque par exemple l'opérateur (conducteur, technicien interne ou extérieur) en mesure d'observer ou d'être informé des manifestations du dysfonctionnement et de ses conditions de survenue, n'est pas toujours celui qui procédera au diagnostic du dysfonctionnement et/ou à la réparation. Ces différentes répartitions des activités sont par conséquent susceptibles de nuire au déroulement de l'intervention et devraient nécessiter d'importantes phases de coordination entre les différents acteurs. Ces résultats soulignent, en outre, que **l'externalisation des interventions de maintenance ne signifie pas que les techniciens internes ne contribuent pas à leur effectuation** (préparation et phases postérieures à leur réalisation notamment).

2.2.3 - Des activités caractérisées par un fort degré d'incertitude "extrinsèque"

Deux formes d'incertitude ont été distinguées : l'incertitude "extrinsèque" aux interventions, c'est-à-dire le fait que celles-ci soient non planifiées, imprévues, interrompues ou entravées ; et l'incertitude "intrinsèque" aux interventions, i.e. les aléas ou difficultés qui surviennent au sein d'une intervention donnée et qui contraignent l'atteinte du but associé à cette intervention. Les résultats présentés ici porteront sur la première de ces deux formes (l'annexe XII présente quelques éléments relatifs à l'incertitude intrinsèque aux interventions).

a - *Des interventions fréquemment non planifiées*

La caractérisation des 22 interventions auxquelles les techniciens volants contribuent, en fonction de leur caractère planifié ou non²⁹, montre que **la plupart d'entre elles** (17 interventions, 77,3%) **ne sont pas, ou partiellement, planifiées** : 15 (68,2%) ne le sont pas ; 2 (9,1%) le sont partiellement (planification d'une réparation suite à une intervention corrective immédiate antérieure) ; 5 (22,7%) sont planifiées. Ces résultats, s'ils reflètent le fait que la tâche principale des techniciens volants consiste à intervenir sur le réseau pour gérer rapidement la survenue d'aléas, participent néanmoins à l'incertitude extrinsèque associée à leurs activités.

b - Une activité essentielle : la gestion des imprévus

Un examen plus précis des interventions non, ou partiellement, planifiées a été mené. Il a concerné : d'une part, les éléments relatifs au déclenchement de l'intervention, i.e. survenue d'un dysfonctionnement, opérateur à l'origine de sa détection, nature et caractéristique du dysfonctionnement ; d'autre part, le traitement auquel il a donné lieu et des éléments relatifs à la

²⁹ Cette caractérisation a été réalisée sur la base des informations disponibles sur la liste des bus en atelier, élaborée par les chefs d'équipe maintenance à J-1. Elle planifie les véhicules indisponibles au jour J pour l'exploitation, du fait des interventions de maintenance internes et externalisées.

situation traitée. Cet examen révèle que les interventions de maintenance correctives immédiates sur réseau ne constituent pas les seules interventions non planifiées. Il a permis, en second lieu, de distinguer **quatre catégories d'imprévus** :

- les **situations imprévues aléatoires**, i.e. celles "*pour lesquelles l'imprévu ne porte pas directement sur l'événement en tant que tel mais sur le moment de survenue de cet événement*" (Cuvelier et al., 2009, p. 128). La situation est imprévue, dans la mesure où son occurrence n'est pas certaine, bien qu'il s'agisse d'une situation relativement fréquente. Ont été classées ici toutes les interventions sur réseau (donc imprévues) "habituelles" : un dysfonctionnement survient et est détecté par les conducteurs des véhicules (ou vérificateurs) lors de leur utilisation ; le dysfonctionnement n'est pas considéré par les techniciens comme rare ou exceptionnel ; il donne lieu à un traitement immédiat habituel par ces derniers ; la situation a déjà été rencontrée par les techniciens et ne présente pas de caractéristique spécifique ;
- les **situations imprévues impensées**, celles "*pour lesquelles le caractère imprévu porte sur la nature même de l'événement*" (ibid., p. 128). La situation ne surprend pas tant par son moment de survenue, que par sa nature ou son déroulement. Elle peut être qualifiée d'exceptionnelle. Ont été classées ici les interventions sur réseau ou autres opérations correctives imprévues, pour lesquelles un dysfonctionnement est survenu et détecté par les conducteurs des véhicules lors de leur utilisation, mais soit le dysfonctionnement est rare ou exceptionnel, soit il ne donne pas lieu dans un premier temps à un traitement, parce que considéré par les techniciens comme une fausse alarme³⁰, alors qu'il y a un dysfonctionnement effectif, soit il donne lieu à un traitement immédiat exceptionnel ;
- les **situations imprévues "fortuites"**. Elles concernent des opérations correctives imprévues pour lesquelles un dysfonctionnement ni rare, ni exceptionnel, est survenu, mais il est détecté par les techniciens volants, de façon fortuite, à l'occasion de la réalisation d'une autre intervention (les véhicules concernés ne sont pas donc pas en cours d'exploitation) ;
- les **situations imprévues "opportunistes"**. Elles concernent des opérations correctives pour lesquelles un dysfonctionnement ni rare, ni exceptionnel, est survenu, dysfonctionnement détecté par la maintenance interne et dont l'intervention correspondante n'est pas prévue. Mais sa réalisation immédiate est décidée par les chefs d'équipe, dans la mesure où le véhicule concerné est déjà indisponible pour une autre intervention, ce qui constitue une opportunité pour réaliser l'intervention en question. Le caractère imprévu de l'intervention ne réside donc pas ici dans le moment de survenue, de détection ou dans la nature de l'aléa, mais dans le moment de réalisation de l'intervention.

La répartition des 17 interventions non, ou partiellement, planifiées en fonction de ces différentes situations montre que **les situations aléatoires sont les plus nombreuses**. Elles sont au nombre de 10 et peuvent être considérées "normales" au regard de la tâche principale des techniciens volants.

Trois interventions relèvent de **situations imprévues impensées**. Elles ne sont pas sans conséquences :

- identification du dysfonctionnement et diagnostic difficile, celui-ci n'ayant jamais été rencontré auparavant, ce qui conduira à mobiliser non seulement le technicien, mais également un chef d'équipe et l'électronicien de l'entreprise ;
- survenue d'un incident et transmission d'une situation dangereuse, un dysfonctionnement étant considéré comme une "fausse alarme" ;
- échec d'intervention d'un technicien extérieur (cf. § 2.3.2).

Une intervention concerne une situation imprévue fortuite. **La détection fortuite de dysfonctionnements perturbe au moins momentanément la réalisation de l'intervention en cours** : elle conduit à une suspension temporaire de son traitement, pour se focaliser sur le dysfonctionnement détecté.

³⁰ i.e. considéré comme un défaut intempestif de signal sans dysfonctionnement réel.

Une **situation opportuniste** est observée : l'indisponibilité d'un véhicule pour une intervention de maintenance améliorative, menée par un sous-traitant interne de la communauté d'agglomération (annexe VII) est utilisée pour finaliser une intervention interne, qui n'avait pu l'être faute de pièce détachée. Elle donne par conséquent lieu à une **situation de coactivité** des deux techniciens, potentiellement dangereuse, et conduit le technicien volant à intervenir à l'extérieur, sur le parc des véhicules (tandis que le sous-traitant intervient à l'intérieur du véhicule). De plus, cette intervention sur parc ne lui permettant pas d'utiliser sa desserte, le technicien est amené à travailler avec ses outils au sol, ce qui, associé à une faible maintenabilité de l'équipement, lui occasionne de nombreuses postures contraignantes³¹.

Une intervention relève à la fois des **situations fortuites et opportunistes**. Un dysfonctionnement est détecté de façon fortuite à l'occasion d'une autre intervention. Cette dernière ayant demandé plus de temps que prévu, il restait un temps limité pour traiter d'une troisième intervention planifiée. Aussi, est-il décidé que l'indisponibilité du véhicule soit utilisée pour réparer le défaut détecté. Enfin, dans un cas, la nature de l'imprévu n'a pu être déterminée.

c - Des interruptions dans les activités des techniciens volants

Des analyses des activités des opérateurs en fonction de leur déroulement temporel ont été menées (cf. figure 3). Elles avaient notamment pour objectif de **repérer les interruptions éventuelles des activités des techniciens volants**, sur la base des observations de leurs activités et de leurs verbalisations concomitantes. En effet, les interventions de maintenance correctives immédiates, par définition imprévues (situations aléatoires et impensées), constituent la tâche principale des techniciens volants³². Aussi, si une telle intervention doit être menée, alors que le technicien volant est déjà engagé dans une autre activité, il doit abandonner ou différer cette dernière au profit de la première. Cette tâche principale devient alors, ce que certains auteurs appellent une tâche interférente, c'est-à-dire une tâche dans laquelle *"le sujet est confronté à l'occurrence imprévue de tâches dont l'exécution soit nécessite l'interruption de la tâche dans laquelle il est engagé, soit sera assurée simultanément à celle-ci"* (Ouni & Weill-Fassina, 1998, p. 42 ; Eyrolle & Cellier, 2000).

Deux types d'interruptions ont été distingués :

- **celles liées à la survenue d'une tâche interférente.** Dans ces situations, le technicien volant est engagé dans une intervention (intervention "initiale"), qu'il est en mesure de poursuivre, mais l'occurrence imprévue d'une tâche interférente, prioritaire, le conduit à interrompre son intervention initiale, pour se consacrer à la tâche interférente. Une fois celle-ci accomplie (ou les deux tâches menées simultanément), il pourra reprendre le cours de son intervention initiale, comme l'illustre la figure 9 inspirée de la représentation que font Boehm-Davis & Remington (2009) des interruptions de travail :

³¹ La prise et dépose des outils à terre conduira à 54 torsions ou inclinaisons du tronc en 42mn53, soit une toutes les 47 secondes en moyenne.

³² La tâche est ici appelée principale, dans la mesure où elle est prioritaire, c'est-à-dire qu'elle doit être gérée immédiatement, y compris en abandonnant ou en différant une autre tâche.

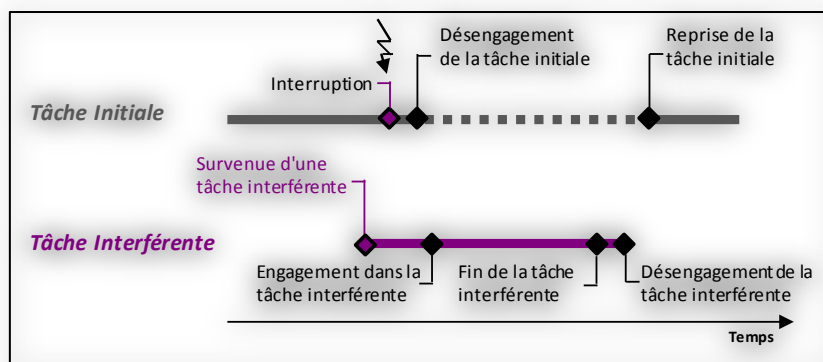


Figure 9. Représentation d'une interruption liée à la survenue d'une tâche interférente

- **les interruptions de type "report"** (ou annulation) : le technicien volant est engagé dans une intervention "initiale", mais un (des) événement(s) ne lui permet(tent) pas de la poursuivre et celle-ci devra être reportée. Suite à une phase de planification du travail, le technicien s'engagera donc dans une autre intervention (intervention "seconde"). Ces situations peuvent être représentées de la façon suivante (figure 10) :

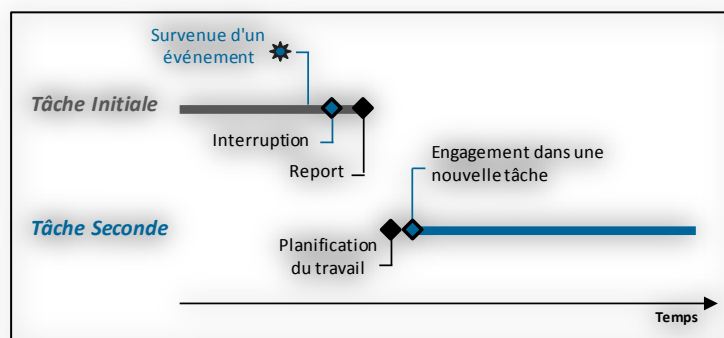


Figure 10. Représentation d'une interruption de type "report"

Sur l'ensemble du temps d'intervention des techniciens volants, **24 interruptions de travail** sont observées, soit une interruption toutes les 47 minutes en moyenne (ou 1,3 interruptions par heure). Ce nombre, bien qu'inférieur à celui observé dans d'autres situations³³, nous paraît néanmoins non négligeable, d'autant que la période d'observation est jugée relativement calme par les techniciens.

Parmi ces interruptions, **près des deux tiers** (15 d'entre elles) **concernent la survenue d'une tâche interférente**. Pour la plupart (9 cas), elles sont liées à des interventions de maintenance corrective immédiates (situations aléatoires et impensées). Le reste de ces interruptions (6 cas) est relatif à la survenue d'autres activités interférentes : activités annexes des techniciens, situation imprévue aléatoire découverte à l'occasion d'une autre intervention corrective sur le réseau, renseignement de voyageurs, demande d'aide d'un collègue pour la manipulation d'une pièce très lourde, situations imprévues fortuites (dans ces 2 derniers cas, un désengagement de l'intervention initiale, d'une durée plus ou moins longue, pour gérer l'activité interférente (détection d'un dysfonctionnement) est observé). La durée de ces interruptions liées à une tâche interférente est très variable, de quelques secondes à plus d'une heure.

Le tiers restant des interruptions (9 d'entre elles) **sont de type "report"**. La plupart (5 interruptions ou reprises d'un travail interrompu) sont liées au fait que le service de maintenance interne ne

³³ Kositts & Jones (2011) observent, par exemple, 3,3 interruptions par heure en moyenne chez les infirmières.

dispose pas de la pièce de rechange nécessaire à l'intervention. Elles contribuent ainsi au morcellement des activités des techniciens évoqué précédemment (§ 2.2.2). Dans un cas, l'interruption de l'intervention est liée à une absence de coordination des tâches prises en charge par les différents techniciens internes.

Enfin, les autres interruptions de ce type (3 cas) sont liées notamment aux **contraintes de service**. Dans ces situations, les véhicules concernés par les interventions font l'objet d'indisponibilités partielles³⁴. Celles-ci, associées à des interruptions liées à la survenue de tâches interférentes nombreuses ou de longue durée, et à une forte incertitude intrinsèque aux interventions (annexe XII) ne permettent pas aux techniciens de terminer les interventions avant la restitution des véhicules à l'exploitation ou contribuent à des omissions d'une partie d'entre elles.

Des analyses plus fines de ces situations (pour un exemple, cf. annexe XIII) montrent que ces dernières sont liées non seulement aux exigences de l'exploitation (contraintes de service), mais aussi :

- aux **contraintes liées à la capacité et la constitution du parc de véhicules** (à la main de la communauté d'agglomération), dans la mesure où elles conditionnent le nombre de bus de réserve, et donc la possibilité d'immobiliser un bus pour maintenance ;
- à la **fiabilité des véhicules**, dans la mesure où elle détermine la survenue de pannes ou dysfonctionnements, et donc la nécessité d'interventions correctives immédiates et le nombre d'indisponibilités ; celle-ci dépend à la fois de leur conception, des choix effectués lors de l'acquisition des véhicules par la communauté d'agglomération, de l'utilisation de ces équipements et de leur maintenance ;
- à **l'externalisation d'interventions, sur le site des entreprises extérieures**. Les véhicules concernés n'étant pas sur place, la seule marge de manœuvre possible au regard de la disponibilité des véhicules et des contraintes liées à l'exploitation, concerne ceux faisant l'objet d'une intervention interne. Et ce, d'autant que le planning et les délais avec lesquels les interventions internes sont menées sont sans doute plus faciles à maîtriser, voire modifier, et que la présence des véhicules et des personnels sur place permet une plus grande réactivité.

Ainsi, des régulations de ces différentes contraintes peuvent être mises en place au niveau des activités du service de maintenance interne : modifications du degré d'indisponibilité des véhicules pour lesquelles les interventions sont menées en interne, interruptions des activités des techniciens, périodes où la réalisation des interventions est entravée ou reports des réparations à effectuer (cf. figure 11).

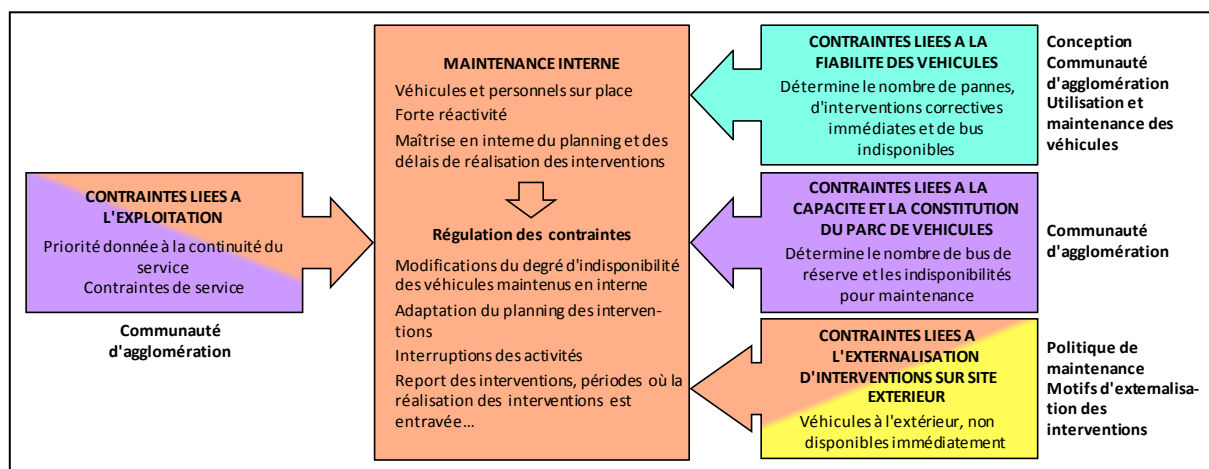


Figure 11. Régulations de différentes contraintes susceptibles d'être mises en place par la maintenance interne

³⁴ Les véhicules sont indisponibles pour l'exploitation à certaines heures seulement (heures creuses).

Ces interruptions ne sont pas sans conséquences pour les activités des techniciens volants.

D'abord, elles conduisent à **des contributions des techniciens volants aux interventions, elles-mêmes morcelées**. Ainsi le nombre médian d'épisodes, au cours desquels les techniciens contribuent à une intervention donnée, est de 3 (avec de fortes variations, le minimum étant d'un épisode et le maximum de 9). Seules 6 (27,3%) des interventions, auxquelles les techniciens contribuent, ne sont menées qu'en une seule fois. 9 d'entre elles (40,9%) sont effectuées en 2 ou 3 fois, et 7 (31,8%) en plus de 3 fois.

Ensuite, elles peuvent amener les techniciens à :

- disposer d'un temps plus limité pour effectuer les interventions,
- effectuer dans l'urgence des opérations de remontage,
- intervenir sur un véhicule qui vient de fonctionner (moteur et pièces chauds gênant la réalisation de certaines opérations ; annexe XIII),
- des manques d'information lors de la reprise de l'intervention par un collègue,
- ou encore, omettre une partie des opérations.

Par ailleurs, elles contribuent à l'incertitude extrinsèque aux interventions, dans la mesure où elles se caractérisent par une *"incertitude sur l'atteinte du but dans des limites temporelles imposées objectivement ou subjectivement"* (Cœugnet et al., 2011, p. 166).

Enfin, ces résultats témoignent, de façon plus générale, des difficultés pour la maintenance interne à disposer des véhicules pour mener les interventions. Les chefs d'équipe maintenance considèrent par expérience que, jusqu'à 14 bus peuvent être indisponibles simultanément (toutes opérations confondues, y compris celles externalisées), ce qui permet de disposer d'un bus de remplacement par type de véhicules, pour 80 bus en exploitation en heure de pointe. Or, les observations montrent qu'entre 14 et 20 véhicules au total sont indisponibles sur les 6 postes observés, entre les interventions planifiées, internes et externalisées, et les pannes occasionnant au moins des indisponibilités partielles.

2.3 - Analyses cliniques et diachroniques de quelques interventions de maintenance corrective immédiates impliquant des intervenants extérieurs

Des analyses cliniques et diachroniques de quelques interventions de maintenance corrective immédiates (interventions sur réseau) assurées par les techniciens volants, mais impliquant également des intervenants extérieurs, ont été menées. Deux situations de ce type sont présentées ci-dessous.

2.3.1 - Une situation impensée impliquant des intervenants extérieurs et occasionnant un incident et la transmission d'une situation dangereuse

Dans une de ces situations, imprévue et impensée, un défaut du système d'articulation d'un véhicule se manifeste (pour une analyse détaillée de cette situation, cf. annexe XIV). Lors des manifestations antérieures de ce même défaut, aucun dysfonctionnement n'avait pu être identifié par les intervenants extérieurs à l'entreprise, chargés de la maintenance de ce système. Aussi, ce défaut est-il considéré comme une "fausse alarme" (i.e. un défaut intempestif du signal sans dysfonctionnement réel) par la maintenance interne, et une décision de poursuite de la tournée, sans intervention, sera prise.

Cette décision conduira à la survenue d'un incident, ayant des conséquences en termes de sécurité pour la conduite : déportement de la remorque du véhicule, occasionnant une déviation de sa trajectoire et un heurt du trottoir. Une intervention des techniciens internes sera alors mise en place (échange de véhicules) et le bus sera déposé par ces derniers dans l'entreprise extérieure prenant en charge ces interventions ; ce qui conduit par conséquent à la transmission du dysfonctionnement, et

donc du risque, de l'exploitation (conducteur) aux techniciens de maintenance internes, puis potentiellement aux intervenants extérieurs, si ceux-ci sont amenés, par exemple, à effectuer des essais du véhicule pour diagnostiquer la panne (cf. annexe XIV).

Parmi les principaux éléments contribuant à cette situation (cf. annexe XIV), on soulignera notamment **l'externalisation totale des interventions sur ce système** (dépannages mis à part). L'absence d'identification du dysfonctionnement par les intervenants extérieurs et de compétences internes sur ces systèmes, associée à l'absence de dysfonctionnement manifeste, conduit à un phénomène proche du biais de confirmation³⁵, puisque la maintenance interne ne réinterroge pas (n'est pas en mesure de réinterroger) le diagnostic effectué par l'entreprise extérieure. Le défaut sera ainsi considéré comme une fausse alarme, ce qui conduira à l'incident. En outre, la survenue de cet incident est susceptible de **mettre à mal la confiance interpersonnelle entre le conducteur et les techniciens internes** (Karsenty, 2011). Enfin, l'analyse de cette situation montre la transmission du dysfonctionnement et du risque, de l'exploitation à la maintenance interne, puis probablement à l'entreprise extérieure. Cette transmission est à mettre en relation avec l'organisation de la maintenance interne et l'organisation de la maintenance au-delà de l'entreprise. Elle témoigne des **relations d'interdépendance entre l'exploitation et la maintenance interne** (Grusenmeyer, 2002), mais aussi **de telles relations entre la maintenance interne et la maintenance externalisée, au moins dans certains cas**.

2.3.2 - Une situation impensée conduisant à l'échec d'intervention d'un technicien extérieur, sous-traitant interne de la communauté d'agglomération

Dans une autre situation, également imprévue et impensée, une anomalie d'un système d'aide à l'exploitation, qui vient d'être installé par une entreprise extérieure de la communauté d'agglomération sur le véhicule, est détecté par un conducteur lors de sa tournée (pour une analyse détaillée de cette situation, cf. annexe XV). Suite au signalement de ce dysfonctionnement au régulateur et à des échanges verbaux entre ce dernier et l'intervenant extérieur chargé de l'installation de ce système, un échange du véhicule est décidé sur demande de l'intervenant extérieur, ce dernier n'ayant jamais rencontré cette anomalie. Il précise au régulateur que le constat de cette dernière nécessite de laisser le moteur du véhicule tourner, une coupure du contact occasionnant une réinitialisation du système. Le régulateur demande au technicien volant de procéder à cet échange. Il l'informe du bénéficiaire et de l'objet de l'échange (système d'aide), mais pas de ses motifs (anomalie), ni des conditions à remplir pour détecter l'anomalie (absence de coupure du contact).

Par ailleurs, un dysfonctionnement d'un des oblitérateurs du véhicule se manifeste juste avant l'échange de véhicules par le technicien volant. Aussi les communications verbales de celui-ci avec le conducteur se focaliseront-elles sur ce dernier dysfonctionnement. De retour à l'atelier, le technicien volant gare le véhicule et coupe le contact. Il s'enquiert, sans succès, auprès de ses collègues des motifs de cet échange, puis tente en collaboration avec l'électronicien de l'entreprise de les comprendre, en examinant le système. C'est alors que l'intervenant extérieur arrive. Les échanges verbaux entre les trois opérateurs permettront de constater l'impossibilité de mener l'intervention sur le système d'aide, la coupure du contact ayant occasionné une réinitialisation du système (cf. annexe XV).

Plusieurs éléments contribuent à cet échec d'intervention (annexe XV). Parmi eux, on retiendra plus particulièrement le fait que **le technicien volant (entreprise A) et l'intervenant extérieur de la communauté d'agglomération (entreprise B) sont amenés à réaliser des activités** (mise à disposition du véhicule et maintien des conditions d'accomplissement du diagnostic d'une part,

³⁵ Le biais de confirmation correspond aux situations dans lesquelles des opérateurs s'ajustent aux croyances d'autres opérateurs et évitent le recueil de preuves potentiellement susceptibles de les contredire.

réalisation de l'intervention d'autre part) **contribuant à un même but, alors même qu'aucune relation formelle n'existe entre leurs deux entreprises**. En effet, chacune d'entre elles est sous-traitante de la communauté d'agglomération, mais aucune relation contractuelle ou formalisée, ni aucune organisation (formelle ou non) de leurs relations ou interactions n'existent entre l'entreprise extérieure installant le système (B) et l'entreprise exploitant le réseau de transport (A ; cf. annexe XV). Aucune relation ou interaction ne sont d'ailleurs prévues entre la maintenance interne et l'entreprise B : la première ne doit pas intervenir dans les installations du système, et les relations avec la seconde sont gérées directement par les régulateurs.

Par ailleurs, **cette décision d'échange de véhicule est tout à fait inhabituelle**, puisque l'anomalie du système ne grève pas le fonctionnement du véhicule, et qu'elle fait suite à une demande de l'intervenant extérieur.

Enfin, **le régulateur omet d'informer le technicien volant des motifs et conditions à maintenir** pour permettre la réalisation de l'intervention **et ce dernier ne connaît pas le système d'aide**, puisqu'il est en cours d'installation et que le service de maintenance interne n'est pas impliqué dans cette dernière. L'analyse de cette situation soulève donc la **question de l'organisation des relations entre l'installation et la maintenance de ce système**. Elle met également en évidence que **cette situation est "impensée" non seulement pour le technicien volant, mais aussi du point de vue de l'organisation des relations entre les entreprises**.

Des expositions professionnelles multiples des personnels de maintenance

En premier lieu, les résultats issus de l'exploitation de l'enquête SUMER tendent à mettre en évidence des expositions professionnelles multiples des personnels de maintenance : expositions à de nombreuses contraintes physiques et d'ambiance, à divers agents chimiques, à nombre de contraintes organisationnelles et relationnelles. Les activités de maintenance posent ainsi la **question des multi-expositions auxquelles ces opérateurs sont soumis** (Campo & Lafon, 2012). Or, peu de travaux se sont, à notre connaissance, intéressés à ce sujet. Aussi conviendrait-il de développer les connaissances dans ce domaine.

Les analyses montrent également que, **sur de nombreuses dimensions, les personnels de maintenance sont significativement plus fréquemment exposés que leurs collègues de production à des contraintes diverses**. C'est notamment le cas pour la plupart des contraintes physiques et d'ambiance, mais aussi pour certaines contraintes organisationnelles et relationnelles, telles les interruptions fréquentes de tâches, les conséquences plus importantes d'une erreur de leur part, ou encore, l'insuffisance des moyens à leur disposition. Néanmoins, **du point de vue des contraintes posturales et articulaires, les personnels de production apparaissent plus fréquemment exposés que ceux de maintenance**, lorsque l'exposition à ces contraintes est évoquée de façon générale dans l'enquête, alors même que ces derniers sont davantage soumis à cinq des sept expositions classées dans cette catégorie (position à genoux, maintien des bras en l'air, etc.), et ce, de façon significative. En outre, et **du point de vue des contraintes organisationnelles et relationnelles, les opérateurs de maintenance semblent disposer d'une plus grande autonomie et de marges d'initiative plus importantes que les opérateurs de production**, ce que confirment leurs scores de "latitude décisionnelle" au questionnaire de Karasek. Par contre, les scores relatifs à la "demande psychologique" montrent **des exigences du travail plus élevées pour ces personnels** en termes de complexité-intensité et de morcellement-manque de prévisibilité, mais moins élevées en termes de quantité-rapidité. Plusieurs éléments, d'ailleurs non exclusifs, nous paraissent pouvoir expliquer ces résultats :

- la **forte variabilité des tâches de maintenance**, et par conséquent, leur faible répétitivité, d'où une moindre fréquence des contraintes posturales et articulaires, au contraire de la production ;
- le **sens susceptible d'être attribué à ces postures contraignantes** dans un cas et dans l'autre : tantôt "intégrées" au métier, comme marges d'initiative et moyens de résolution de problèmes, donc plutôt valorisantes, pour les personnels de maintenance ; tantôt plus procéduralisées, routinières, répétitives (voire monotones) et effectuées à cadences élevées, par conséquent, significatives de marges de manœuvre plus restreintes pour les personnels de production ;
- le **caractère décontextualisé des déclarations effectuées dans l'enquête**, notamment dans le cas où les contraintes, auxquelles les personnels sont susceptibles d'être exposés, sont évoquées de façon générale, et non instanciée ;
- mais aussi, le fait que **les tâches de maintenance exigent des activités cognitives complexes, s'accompagnent fréquemment de situations imprévues, de sources d'incertitude variées et de contraintes de productivité, auxquelles les personnels de maintenance doivent souvent faire face seuls ou en coopération avec leurs collègues** (autonomie), tout en sachant que les ajustements adoptés et les décisions prises peuvent avoir d'importantes conséquences pour la qualité, la sûreté et la sécurité (responsabilité).

Les résultats issus de l'exploitation de l'enquête SUMER tendent donc surtout à mettre en évidence des expositions professionnelles et des exigences du travail différentes pour les personnels de

maintenance et de production, que l'on pourrait opposer ainsi :

- complexité et intensité du travail dans des conditions physiques et d'ambiance plus contraignantes, mais plus variées et incertaines, pour les personnels de maintenance, associée à une plus grande autonomie. Cette dernière, considérée comme positive pour la santé dans le questionnaire de Karasek, nous paraît néanmoins susceptible d'être coûteuse psychologiquement dans certaines conditions, d'ailleurs non prises en compte dans ce questionnaire, notamment dans le cas où elle s'accompagne de moyens insuffisants à l'effectuation du travail, comme le soulignent par ailleurs les résultats obtenus ;
- caractère routinier et répétitif, à cadences élevées, du travail dans des conditions physiques et d'ambiance moins extrêmes, moins variées, mieux connues, mais plus fréquentes pour les personnels de production, associée à une moindre autonomie, mais à des moyens de réalisation du travail plus satisfaisants et un plus fort soutien de la hiérarchie.

Une forte incertitude associée aux activités de maintenance

En second lieu, les résultats obtenus, à la fois grâce aux analyses des activités menées en situation et à l'exploitation de l'enquête SUMER, soulignent la forte incertitude associée aux activités de maintenance. Les premières analyses montrent des interventions fréquemment non planifiées, une gestion fréquente de situations imprévues de nature diverse, des interruptions des interventions dans lesquelles les opérateurs sont engagés, du fait de la survenue d'une tâche interférente ou de l'impossibilité à les poursuivre faute de moyens ou de temps nécessaires, mais aussi une importante incertitude intrinsèque à la réalisation des interventions (annexe XII). L'exploitation de l'enquête SUMER confirme nombre de ces résultats : interruptions de tâches pour une autre non prévue bien plus fréquentes pour les personnels de maintenance que ceux de production, exigences du travail en termes de morcellement-manque de prévisibilité bien plus élevées. Ainsi, comme le signale Reiman (2011), "*Maintenance work is characterized by the requirement of acting under uncertainty*" (p. 341).

Les sources d'incertitude extrinsèque apparaissent variées. Elles tiennent à la nature même des activités de maintenance (traitements immédiats d'aléas connus ou impensés, détections fortuites de dysfonctionnements), mais aussi à l'insuffisance des moyens à la disposition des opérateurs (également soulignée par l'exploitation de l'enquête SUMER), ou encore aux contraintes de service, à celles liées à la capacité et la constitution du parc de véhicules, à la fiabilité de ces derniers, ou à l'externalisation d'interventions sur des sites extérieurs.

Des régulations de ces contraintes sont alors mises en place par les chefs d'équipe et les techniciens internes : modifications du degré d'indisponibilité des véhicules, adaptations du planning des interventions, reports de ces dernières, gestions opportunistes des indisponibilités des véhicules, ou encore, périodes où les activités de maintenance sont entravées. Ces régulations sont opérationnelles dans la mesure où elles contribuent, selon les cas, à permettre la continuité du service ou, au contraire, à réaliser des interventions qui n'auraient pu l'être, et ainsi à fiabiliser et sécuriser les équipements. Elles nous paraissent néanmoins témoigner de la difficulté pour la maintenance interne de disposer des véhicules pour pouvoir mener des interventions à leur propre initiative, d'autant qu'un certain nombre d'entre eux se trouvent en dehors des locaux de l'entreprise. Le service de maintenance interne, par sa forte réactivité, semble ainsi permettre les ajustements entre les contraintes d'exploitation, la fiabilité des véhicules, la capacité du parc de véhicules définie par la communauté d'agglomération, et l'indisponibilité des véhicules maintenus à l'extérieur. Ces ajustements pourraient être liés à la "position intermédiaire" de l'entreprise, à la fois entreprise sous-traitante de premier niveau et entreprise utilisatrice de niveau 2.

Il n'en reste pas moins que **cette faible prévisibilité du travail, ces interruptions d'activités, ces gestions de situations imprévues fortuites ou opportunistes ne sont pas sans conséquences.**

Les résultats ont mis en évidence que la gestion opportuniste des indisponibilités des véhicules pouvait conduire à des **situations de coactivité** avec des intervenants extérieurs et à la **réalisation**

d'interventions dans des conditions non optimales (interventions sur parc). Les interruptions de travail peuvent **ne pas permettre aux techniciens de finaliser les interventions** avant restitution des équipements à l'exploitation (d'où un risque de fonctionnement non optimal de ces derniers). Elles peuvent également contribuer à des **omissions** d'une partie d'entre elles, à conduire les techniciens à **intervenir sur un véhicule qui vient de fonctionner** ou encore à un **morcellement des contributions des techniciens à une intervention donnée**.

Or, ce **morcellement** des activités, identifié comme l'une des caractéristiques de la pression temporelle (Cœugnet et al., 2011), est susceptible d'être **coûteux cognitivement** pour les opérateurs, **surtout lorsqu'ils effectuent des activités de maintenance complexes** (diagnostic de panne, par exemple ; Sykes, 2011).

La faible prévisibilité du travail est susceptible d'amener les opérateurs à s'adapter le plus possible, tout en réduisant leurs possibilités d'anticipation (Cœugnet et al., 2011 ; Gollac & Bodier, 2011), et de préparation des interventions. Quant aux interruptions de travail, elles sont considérées par certains auteurs comme une source potentielle de stress (Agathocleous, 2004 ; European Foundation for the Improvement of Living and Working Conditions, 2007), de pénibilité (Grosjean & Lacoste, 1999), susceptibles de conduire à des incidents, des erreurs, des omissions, voire des accidents (Reason & Hobbs, 2003 ; Eyrolle & Cellier, 2000 ; Boehm-Davis & Remington, 2009 ; Kositts & Jones, 2011) : "*Maintenance activities are subject to frequent interruptions – someone needs advice, there is a phone call, or an urgent job needs to be finished off elsewhere. Whatever their nature, however, all such interruptions act to raise your stress level and increase the likelihood of a memory lapse. The most likely error is an omission*" (Reason & Hobbs, 2003, p.104).

Un réseau complexe d'entreprises impliquées dans les activités de maintenance

En troisième lieu, les résultats mettent en évidence un **réseau particulièrement complexe** d'entreprises impliquées dans les activités de maintenance :

- complexité au niveau du nombre d'entreprises concernées,
- variété de la nature des relations inter-entreprises (sous-traitance interne, externe, prestation de service sur site ou à l'extérieur, relations de garantie),
- possibilités de relations de nature multiple avec la même entreprise,
- externalisation par l'entreprise utilisatrice de niveau 1 (communauté d'agglomération) et de niveau 2 (entreprise A).

De plus, l'externalisation d'interventions de maintenance de même nature peut être totale ou partielle. En outre, les **motifs d'externalisation** se révèlent être également **complexes**, du fait de leur nombre, leur variété, leurs interrelations et l'absence de relation déterministe motif-décision d'externalisation. Cette dernière résulte ainsi d'une combinatoire de variables, donnant lieu à un compromis.

Plusieurs remarques nous paraissent devoir être effectuées à ce propos.

D'une part, les travaux ayant cherché, de façon pragmatique, à identifier et caractériser les réseaux impliqués dans une (ou plusieurs) fonction(s) des entreprises sont, à notre connaissance, peu nombreux. Or, l'organisation réticulaire des entreprises s'est considérablement développée depuis plusieurs années maintenant (Mariotti, 2005 ; Monteau, 2010) et il convient de développer les connaissances dans ce domaine.

D'autre part, la terminologie relative à la nature des diverses relations, que sont susceptibles d'entretenir les entreprises, reste peu stabilisée et sujette à débat. Les définitions, ou encore les distinctions entre sous-traitance et externalisation par exemple, ne sont guère congruentes (voir par exemple Edouard, 2005 ; Héry, 2009 ; Pelletier, 2011) et il n'est pas rare que l'on trouve, sous couvert de la "sous-traitance", des relations inter-entreprises en réalité variées. C'est la raison pour laquelle nous avons distingué ici plusieurs types de relations, même s'il est manifeste que celles-ci ne sont ni exhaustives, ni indiscutables. Néanmoins, elles invitent à s'interroger, par exemple, sur les **conséquences en termes de santé et de sécurité de ce que nous avons proposé de définir comme**

prestations de service, dans la mesure où celles-ci peuvent être effectuées sur le site de l'entreprise utilisatrice, mais de façon bien plus ponctuelle qu'elles ne le seraient, dans le cas d'une relation de sous-traitance interne (d'où une moindre connaissance du site, des risques etc.). En outre, les analyses menées ici montrent que **l'externalisation des interventions peut non seulement avoir des conséquences sur la santé et la sécurité des intervenants extérieurs, mais aussi sur celles des techniciens internes** (nous y reviendrons plus loin).

Enfin, les motifs d'externalisation, qui ont pu être identifiés grâce aux entretiens avec le responsable de maintenance, sont beaucoup plus nombreux et variés, mais aussi quelque peu différents de ceux évoqués dans la littérature (Tazi, 2008 ; Héry, 2009 ; Nenonen, 2011). La littérature évoque, en effet, essentiellement les motivations financières, stratégiques ("recentrage sur le cœur de métier" par exemple), liées aux compétences et sociales. Plusieurs éléments sont susceptibles d'expliquer ce contraste. L'un d'entre eux pourrait concerner la fonction de l'opérateur en charge des décisions d'externalisation. Dans la situation analysée ici, il s'agissait du responsable de maintenance, qui connaît bien les activités menées par ses collaborateurs, tandis que dans d'autres cas, ces décisions pourraient être assumées par l'exploitation (celle-ci couvrant la maintenance) ou la direction de l'entreprise. **La prise en charge des décisions d'externalisation des interventions par un interlocuteur de l'entreprise, ayant une bonne connaissance des activités menées par les techniciens de maintenance, contribue sans aucun doute à la santé et la sécurité de ces derniers.** En outre, certains travaux évoquent les motifs d'externalisation de façon générale et décontextualisée, ce qui est susceptible de conduire à une simplification, par souci de synthèse, de ces derniers. Enfin, ces motifs d'externalisation ont le plus souvent été évoqués dans le cadre d'études menées dans de grandes entreprises, présentant fréquemment des risques "majeurs", et le plus souvent, lorsqu'il s'agit de maintenance, lors d'arrêts programmés (maintenance à échelle majeure). Or, l'étude menée ici a porté sur la maintenance "courante", dans une entreprise de taille intermédiaire (bien qu'appartenant à un grand groupe).

Des relations d'interdépendance entre les activités des techniciens internes et extérieurs

Par ailleurs, les analyses des activités réelles des techniciens volants ont conduit à montrer que **l'externalisation des interventions, quelle que soit sa forme, ne signifie pas une absence de contribution des techniciens internes à la réalisation de ces interventions.** Pour ce qui est de la maintenance corrective, et quel que soit le dysfonctionnement, ce sont, en effet, les techniciens volants qui procéderont au dépannage, et au pré-diagnostic, voire au diagnostic de la panne, avant la réalisation de l'intervention par les techniciens extérieurs. De la même façon, pour les échanges réparables ou la sellerie par exemple, qui sont externalisés, les techniciens internes assureront les opérations de montage et démontage. A l'inverse, un dysfonctionnement, dont la prise en charge est assurée en interne, peut faire l'objet d'une détection et d'un diagnostic par une entreprise extérieure.

L'externalisation conduit ainsi, entre autres facteurs, à un morcellement des activités des techniciens volants au regard de la diachronie des interventions et, par conséquent, à un tel morcellement pour les intervenants extérieurs concernés. Or, cette dissociation des différentes étapes constitutives des interventions sur ces différents acteurs est susceptible de **nuire au bon déroulement des interventions, à la sécurité et à la sûreté (cf. infra), si elle ne s'accompagne pas d'importantes phases de coordination, voire de coopération.**

De la même façon, les analyses diachroniques de quelques interventions sur réseau menées par les techniciens volants, mais impliquant des intervenants extérieurs, ont mis en évidence des **relations d'interdépendance entre les activités des personnels de maintenance internes et extérieurs, susceptibles de conduire à des biais de confirmation** ayant des conséquences en termes de sécurité, ou à **l'échec d'intervention**, la situation étant "impensée", non seulement pour le technicien interne, mais également du point de vue de l'organisation des relations entre deux entreprises sous-traitantes de la communauté d'agglomération. Dans le cas précis, **des relations d'interdépendance**

entre les activités des personnels de deux entreprises sous-traitantes de la même entreprise utilisatrice sont observées, alors même que ces deux entreprises n'entretiennent aucune relation formelle.

Aussi, **l'externalisation des interventions de maintenance, sous des formes diverses** (dans un des cas analysés, il s'agissait d'une relation de garantie), **ne pose pas seulement la question des risques liés à l'interférence entre les activités**, installations, matériels des différentes entreprises sur un même lieu de travail (INRS, 2004), des risques liés à la coactivité de ces différents personnels ou des risques pour la santé et la sécurité des personnels extérieurs (Tazi, 2008 ; Héry, 2009 ; Nenonen, 2011). Elle nous semble devoir également interroger les **risques liés à l'interdépendance des activités réelles de travail menées par des personnels internes et extérieurs, ou par des intervenants extérieurs d'entreprises différentes, dès lors que ces activités contribuent à un même objectif, une même intervention de maintenance**. Les mécanismes, qui pourraient conduire à la transmission, d'une entreprise à une autre, d'un dysfonctionnement susceptible d'avoir des conséquences pour la sécurité, sont en effet susceptibles d'être les mêmes, quelle que soit la nature des relations exactes entre les deux entreprises (garantie, prestation de service ou sous-traitance). La question posée est alors **celle de la coordination entre activités successives où un (des) personnel(s) de maintenance initie(nt) ou continue(nt) le travail de(s) l'autre(s), sans que cela ne soit nécessairement sur le même lieu de travail** (contrairement aux situations de succession de type relève de poste, cf. Faverge, 1970), **ni n'implique des acteurs appartenant aux mêmes structures, que celles-ci entretiennent ou non des relations formelles.**

Pour ces raisons, et celles évoquées lors du point précédent, le cadre d'analyse proposé initialement nous paraît devoir être complété (figure 12), en intégrant :

- d'une part, le groupe auquel appartient l'entreprise en charge de la maintenance et/ou l'autorité responsable ou l'entreprise utilisatrice de la fonction maintenance (dans le cas étudié ici, la communauté d'agglomération), dans la mesure où ces structures "délèguent" (sous des formes qui peuvent être variées) la fonction maintenance, contribuent à définir le contexte politique, stratégique, environnemental, etc. dans lequel s'insèrera cette fonction, mais peuvent également externaliser certaines interventions à d'autres entreprises, susceptibles d'entretenir des relations d'interdépendance avec celles menées par la première ;
- d'autre part, le réseau des entreprises impliquées dans les interventions de maintenance et leurs relations, ainsi que les moyens prévus et réels de coordination entre les différents personnels, s'ils contribuent de façon successive aux mêmes interventions. Il nous paraît en effet fort probable que les situations observées ici puissent être également rencontrées dans d'autres réseaux d'entreprises, ne serait-ce que parce que les interventions de maintenance corrective immédiates nécessitent une forte réactivité, que le personnel interne de maintenance est probablement le seul à pouvoir assumer, même si les opérations concernées sont externalisées.

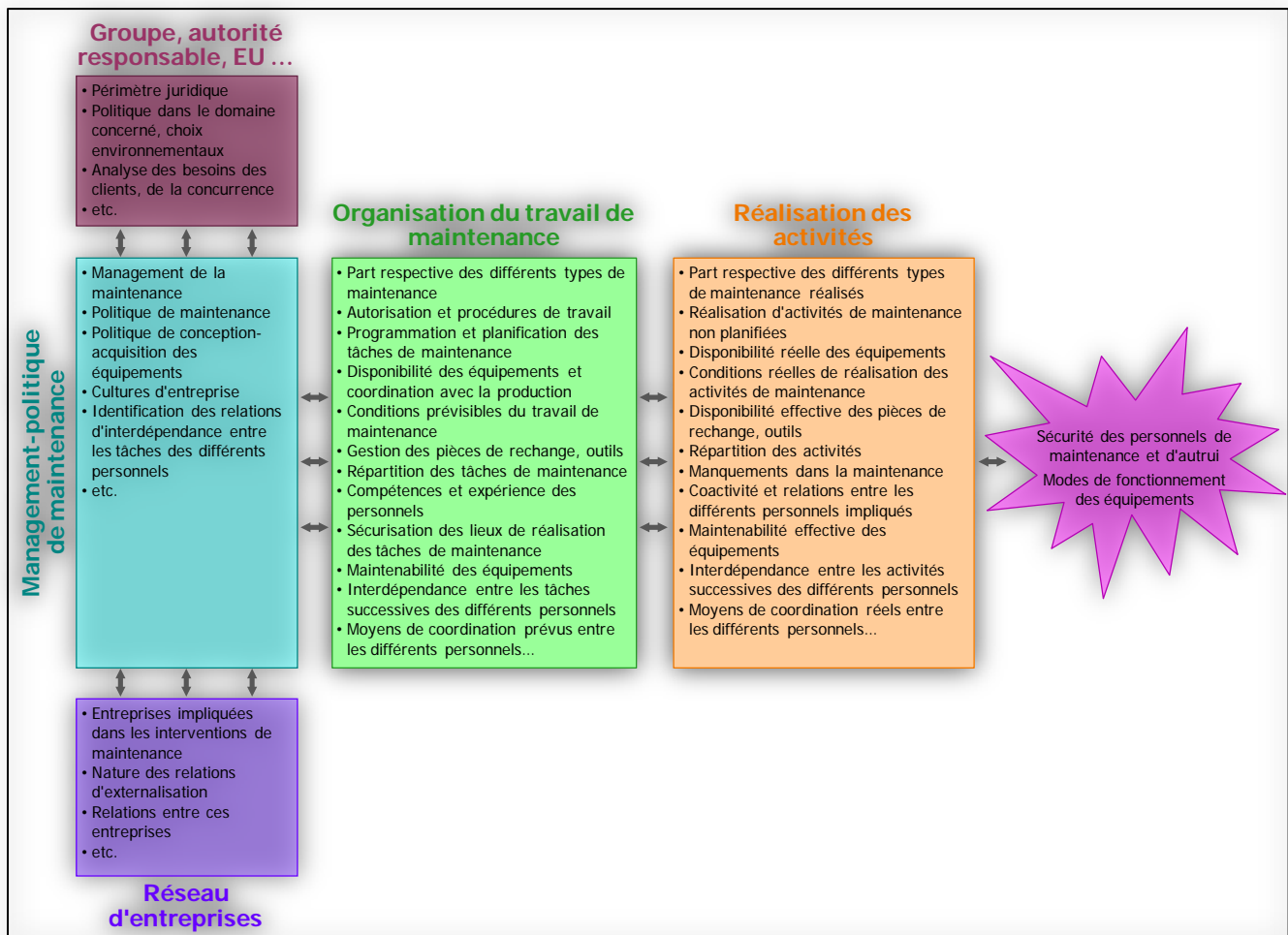


Figure 12. Nouveau cadre d'analyse de l'organisation et de la réalisation des activités de maintenance pour la sûreté et la sécurité

En termes de prévention

Sur le plan préventif, ce travail amène à formuler différentes suggestions d'aménagement ou de recommandations aux entreprises et aux préventeurs.

Pour ce qui est de la maintenabilité et des choix d'acquisition (d'aménagement) des équipements

- prendre davantage en compte la **maintenabilité intrinsèque** (de l'équipement lui-même) **et extrinsèque** (de l'équipement dans son environnement de maintenance) **des équipements lors de leur conception ou leur acquisition.**

Comme l'ont montré les analyses des postures et positions "contraignantes" des techniciens (cf. annexe IV) qui sont particulièrement nombreuses, cette faible maintenabilité des équipements contribue largement à l'adoption de telles postures et positions par les techniciens.

La maintenabilité intrinsèque des équipements dépend bien évidemment de leur conception par les constructeurs, mais aussi des choix des véhicules opérés par la communauté d'agglomération, après avis consultatif de l'entreprise. Quant à la maintenabilité extrinsèque des équipements (i.e. leur facilité à être maintenu, étant donné les caractéristiques des véhicules, mais aussi les lieux dans lesquels les véhicules sont maintenus), elle dépend à la fois des choix des véhicules par la communauté d'agglomération et des caractéristiques des locaux de maintenance. Cette maintenabilité extrinsèque apparaît peu prise en compte et pourrait faire l'objet d'échanges

fructueux pour la santé des techniciens, entre la communauté d'agglomération (ou plus généralement l'entreprise utilisatrice de la fonction maintenance) et l'entreprise assurant la fonction maintenance.

- **intégrer davantage les personnels et/ou responsables de maintenance** (utilisation du **retour d'expérience** à ce propos) **dans les choix d'acquisition des équipements** (faute de pouvoir l'effectuer dans les choix de conception), pour les raisons juste évoquées.

- pour ces mêmes raisons également, **anticiper les possibilités de travail collectif des techniciens dans les choix des équipements.**

Les résultats relatifs aux positions et postures des techniciens (cf. annexe IV) ont en effet montré que le travail à deux peut, dans certains cas, permettre de gérer certaines contraintes posturales et de position des techniciens. Cette stratégie de gestion des contraintes est d'ailleurs déjà intégrée par le responsable de maintenance, même si de nombreuses raisons ne permettent pas toujours sa mise en pratique. Néanmoins, la possibilité de travailler collectivement mériterait d'être intégrée plus en amont (choix des équipements), bien qu'il s'agisse du dernier maillon permettant de gérer des conditions de travail difficiles et que les principes de prévention les plus efficaces se situent encore plus en amont (cf. les points juste précédents).

- **prendre en compte les outils et les moyens de travail, nécessaires à la maintenance de ces équipements, lors de leur choix ou leur acquisition.**

- **éviter une trop forte variabilité des équipements à maintenir, et par conséquent, des outils, pièces et moyens de travail nécessaires.**

Faute de pouvoir disposer des outils adaptés et des moyens de travail nécessaires, les techniciens peuvent en effet être contraints d'adopter des postures et positions contraignantes.

Une trop forte homogénéité des équipements apparaît néanmoins également à proscrire, dans la mesure où la résolution de problèmes, associée en partie à cette variabilité des équipements, contribue à la richesse du travail de maintenance et, par conséquent, à son caractère valorisant.

- mieux **prendre en compte le nombre des équipements nécessaires, non seulement au regard du service à rendre, mais aussi à celui des indisponibilités engendrées par les interventions pour une maintenance optimale** (qu'elles soient menées en interne ou externalisées), et en tenant compte du type d'équipements (afin d'assurer la même qualité de service).

Les résultats ont en effet montré qu'entre 14 et 20 véhicules étaient indisponibles sur les 6 postes observées, entre les interventions planifiées, internes et externalisées, et les pannes occasionnant au moins des indisponibilités partielles. Or, pour disposer d'un bus de remplacement par type de véhicules en heure de pointe, ce sont au maximum 14 bus qui peuvent être indisponibles simultanément. Cette situation engendre, dans un certain nombre de cas, des difficultés pour la maintenance interne à disposer des véhicules pour mener les interventions, qui contribuent pourtant à la sécurité et la qualité du service. Elle peut également conduire à la non finalisation de certaines interventions, susceptible d'avoir des répercussions sur la sécurité et le service rendu, ou à la réalisation des interventions en plusieurs épisodes, par un même ou plusieurs techniciens (morcellement), ce qui n'est pas favorable à la réalisation des interventions, et donc à la fiabilité des véhicules.

En ce qui concerne l'organisation du travail de la maintenance interne

- **limiter, autant que faire se peut, les interventions des techniciens à l'extérieur** (sur parc), notamment celles de longue durée.

L'observation d'une de ces situations a en effet montré que celle-ci occasionne de nombreuses postures contraignantes (1 torsion ou inclinaison du tronc toutes les 47 secondes en moyenne), des

déplacements à pieds supplémentaires, et des activités plus contraintes, le technicien ne disposant pas des moyens nécessaires sur place (outils, par exemple).

- **limiter**, autant que faire se peut, **la prise en charge d'interventions, pour lesquelles seule une indisponibilité partielle des équipements est possible.**

Les résultats ont, en effet, montré que ces indisponibilités partielles des véhicules, associées à des interventions sur le réseau fréquentes ou de longue durée, peuvent contribuer à des omissions d'une partie des interventions, du fait du morcellement des activités occasionné, ou encore à des remontages en urgence, susceptibles d'être dangereux à la fois pour la maintenance, pour l'exploitation, mais aussi au regard du service rendu. Il n'en reste pas moins, que cette proposition présente l'inconvénient majeur de réduire les possibilités de réalisation des interventions de maintenance par le service de maintenance interne, alors que ces dernières contribuent à la sécurité, la fiabilité et la sûreté des équipements, et donc à la qualité du service.

- **informer systématiquement les techniciens des motifs et/ou des manifestations des défauts, lors d'interventions de maintenance corrective immédiates.**

Les observations (cf. annexe XII), ont montré que les manifestations du dysfonctionnement et/ou les motifs de l'intervention ne sont pas toujours transmis aux techniciens, lors d'interventions correctives immédiates. Ainsi, seules les informations relatives à l'échange de véhicules (bus de remplacement, heure et lieu de l'échange) peuvent faire l'objet d'une information. Or ceci n'est pas sans conséquences : impossibilité pour les techniciens d'anticiper les moyens adaptés à l'intervention en question, faute d'information sur les manifestations du dysfonctionnement (départ seul ou à deux, outils particuliers nécessaires en plus des outils standards disponibles dans la camionnette de dépannage, par exemple) ; et même, dans certains cas, incertitude sur la possibilité de ramener le bus en panne à l'atelier.

- **préciser**, autant que faire se peut, **les signalements de dysfonctionnements, effectués par écrit.**

Les observations révèlent que ceux-ci peuvent être très imprécis, peu lisibles, ambigus, inexacts ou encore, redondants mais sous des formes différentes (cf. annexe XII).

Comme pour le point évoqué juste précédemment, ces situations ne sont pas sans conséquences pour les techniciens de maintenance. Elles peuvent, par exemple, conduire à : une réévaluation de l'intervention à mener (le technicien commence à démonter le feu arrière droit, avant de s'apercevoir que ce sont les feux latéraux et de gabarit gauches qui dysfonctionnent) ; des difficultés à identifier le dysfonctionnement et, par conséquent, une phase d'identification du dysfonctionnement de plus longue durée, alors que le véhicule fait l'objet d'une indisponibilité partielle (nécessité de restitution rapide à l'exploitation). Ces situations conduisent à augmenter la durée des interventions, et donc l'indisponibilité des bus pour l'exploitation.

- **favoriser**, autant que faire se peut (dans la mesure où cela suppose des ressources supplémentaires, en particulier humaines), **la maintenance préventive**, ce qui doit permettre de réduire les opérations de type correctif, notamment immédiates (et ainsi le morcellement et l'incertitude associée aux activités des techniciens volants), mais aussi d'augmenter la fiabilité et la sécurité des véhicules.

Du point de vue des relations entre les différents intervenants de maintenance (internes et extérieurs)

Cette étude invite surtout les entreprises et ses partenaires, ainsi que les différents préventeurs concernés, à considérer et à s'interroger le plus en amont possible sur les relations d'interdépendance potentielles et réelles entre d'une part, les différentes tâches de maintenance externalisées et, d'autre part, celles externalisées et assurées en interne :

- **Le personnel de maintenance interne étant amené à contribuer à la réalisation des interventions externalisées** (prise en charge des dépannages a minima, voire du pré-diagnostic et du diagnostic), **des modes de coordination doivent être mis en place avec les entreprises extérieures, pour pallier au morcellement des activités des uns et des autres** (cf. annexe XI), et assurer une gestion optimale des interventions.

Rappelons que la transmission d'une situation dangereuse entre le service de maintenance interne et une entreprise extérieure a pu être observée (cf. § 2.3.1 partie "résultats" et annexe XIV).

- Inversement, **des moyens de coordination doivent être mis en place pour faciliter la visibilité du service de maintenance interne sur la durée d'indisponibilité** (délais des interventions) **des véhicules maintenus à l'extérieur.**

Les observations ont révélé que ces informations n'étaient pas toujours à la disposition du service de maintenance interne, ce qui limite ses possibilités propres d'intervention et entrave la planification de ces dernières. En outre, les délais des interventions peuvent être très longs (48 jours, cf. annexe XIV).

- **Lorsque les dépannages sont assurés en interne, alors que la réalisation des interventions est externalisée, les techniciens internes doivent toujours pouvoir disposer des connaissances, compétences, informations et moyens, leur permettant de mettre en place les conduites de prévention nécessaires.**

(cf. l'analyse d'une situation dangereuse, § 2.3.1 partie "résultats" et annexe XIV).

- **Prévoir un accompagnement pour les phases de travail "transitoires" au cours desquelles la responsabilité de l'équipement est transférée de la maintenance interne vers la maintenance externalisée et inversement.**

- **Eviter, autant que faire se peut, les situations de coactivité entre intervenants internes et extérieurs ou les gérer le plus en amont possible.**

(cf. § 2.2.3.b partie "résultats" pour un exemple d'une telle situation).

- **Dans le cas où les interventions externalisées à différentes entreprises entretiennent des relations, mettre en place des moyens de coordination permettant de gérer ces relations.**

- **Dans le cas où des interventions sont externalisées par l'entreprise utilisatrice de la fonction maintenance d'une part, et par l'entreprise assurant la fonction maintenance d'autre part, identifier si ces différentes interventions sont susceptibles d'entretenir des relations ; et si tel est le cas, mettre en place des moyens de coordination pour gérer ces relations.**

Rappelons qu'une analyse d'une telle situation a pu être observée (cf. § 2.3.2 partie "résultats" et annexe XV). Aussi, nous paraît-il pertinent d'intégrer les personnels internes de maintenance à toutes améliorations ou rénovations des équipements, quand bien même ces opérations de maintenance à échelle majeure, puis la maintenance "courante" de ces équipements seraient externalisées, dans la mesure où les techniciens internes assureraient les dépannages concernés.

L'utilisation du retour d'expérience des différents intervenants, internes et extérieurs, sur ces différents points pourrait utilement nourrir la réflexion sur les pistes de prévention les plus adaptées aux entreprises.

Limites et perspectives

Sur le **plan méthodologique**, cette étude tend malheureusement à confirmer les difficultés toujours très actuelles à identifier la population de maintenance. L'exploitation de l'enquête SUMER menée ici en est particulièrement révélatrice, alors même qu'elle distinguait pour la première fois un domaine professionnel "maintenance" et qu'elle devait permettre une appréhension plus juste de cette population, basée sur la fonction de ces personnels. Cette variable, recouvrant des réalités très différentes, une catégorisation de ces personnels a dû être effectuée, conduisant sans doute ainsi à omettre une part de la population de maintenance, si celle-ci n'était pas clairement identifiable grâce aux libellés de la profession exercée et de la tâche principale. Les résultats issus de cette exploitation doivent donc être considérés au regard de ces limites. On soulignera, par ailleurs, que plusieurs des dimensions relevant des contraintes organisationnelles et relationnelles dans l'enquête sont peu adaptées aux activités de maintenance, ou encore, qu'elle ne permet guère d'identifier les entreprises spécialisées de maintenance.

Du point de vue de **l'intervention ergonomique** et des **aspects méthodologiques**, ce travail pose la **question de l'analyse des activités dans une organisation réticulaire des entreprises**. Les difficultés à observer les interventions externalisées, notamment dans un réseau complexe d'entreprises, ont été soulignées. De telles observations supposent en effet d'une part, une négociation de l'intervention avec chacune des entreprises susceptibles d'être concernées, d'autre part, la possibilité pour les observateurs d'anticiper, afin d'être en mesure de déployer la méthodologie adoptée, les intervenants susceptibles d'être impliqués, ce qui est particulièrement difficile, voire impossible, si l'on souhaite étudier les interventions de maintenance corrective immédiates. Enfin, le suivi des différents acteurs nécessite autant d'observateurs, puis une coordination de ces observations. Aussi, l'objectif que nous avons initialement de suivre l'histoire d'une intervention de maintenance, et ainsi le réseau réel des différents acteurs y contribuant, qu'ils soient internes ou extérieurs, n'a pas pu voir le jour. En outre, ces difficultés à mener des observations des activités de différents acteurs, de surcroît dans une organisation réticulaire, nous paraissent dépasser la problématique abordée ici. Enfin, cette étude pose nécessairement la question de la généralisation des résultats issus du terrain, qu'il s'agisse de ceux relatifs au réseau d'entreprises et motifs d'externalisation, ou de ceux issus des analyses des activités des techniciens, une seule entreprise ayant pu faire l'objet d'investigations.

Afin de répondre à certaines de ces limites et dans le but de poursuivre les travaux engagés, différentes **perspectives** sont envisagées, par exemple :

- identifier le réseau des entreprises impliquées dans les interventions de maintenance (voire également les motifs d'externalisation de ces interventions) dans d'autres entreprises. Ceci doit notamment permettre d'évaluer la portée des résultats relatifs à l'organisation réticulaire, observés ici, et ainsi, de préciser la pertinence et l'étendue d'une généralisation des pistes de prévention suggérées à ce propos ;
- analyser les résultats issus de l'exploitation de l'enquête SUMER concernant les "sous-groupes" de personnels de maintenance constitués. Ces analyses pourraient permettre d'identifier des personnels de maintenance plus exposés que d'autres, et seraient ainsi susceptibles d'orienter des travaux futurs centrés sur l'analyse des activités des opérateurs en question ;
- en relation avec les résultats issus de l'exploitation de l'enquête SUMER, ré-examiner les verbalisations concomitantes des techniciens volants, afin d'identifier celles relatives à leurs contraintes posturales et articulaires ; et si celles-ci étaient suffisamment nombreuses, en mener des analyses qualitatives, permettant de mieux appréhender le sens qui leur est attribué. Cette piste de travail pourrait permettre d'éclairer les résultats relatifs aux contraintes posturales et

articulaires des techniciens (enquête SUMER) et à l'absence de plaintes de ces derniers à ce propos (analyses en situation), et sur cette base, d'identifier les pistes de prévention à privilégier en priorité, les unes n'excluant évidemment pas les autres (moyens de travail, maintenabilité intrinsèque ou extrinsèque, par exemple).

- exploiter l'enquête SUMER 2010, afin d'identifier si les tendances observées ici sont stables ou si l'on observe, au contraire, une évolution des expositions professionnelles des personnels de maintenance.

- AFNOR, 1986. Comment réussir votre maintenance. Paris, AFNOR, Collection Guides de l'utilisateur, 163 p.
- Agathocleous A., 2004. Working conditions in France. Eurofound. http://www.eurofound.europa.eu/ewco/surveys/FR0410SR01/FR0410SR01_4.htm
- Arnaudo B., Hamon-Cholet S., Waltisperger D., 2006a. Les contraintes posturales et articulaires au travail. Documents pour le Médecin du Travail, 3ème trimestre, 107, 329-336.
- Arnaudo B., Hamon-Cholet S., Waltisperger D., 2006b. Contraintes posturales et articulaires au travail. Premières Informations et Premières Synthèses, Mars 2006, 11.2, 6 p.
- Association Française des Ingénieurs et Techniciens de Maintenance, 2004. Guide national de la maintenance, Paris, AFIM. ([://www.afim.asso.fr](http://www.afim.asso.fr))
- Batson R.G., Ray P.S., Wan Q., Weems W.H., 1999. How preventive maintenance impacts plant safety. Proceedings of the Annual Conference on Maintenance and Reliability. Gatlinburg TN, Maintenance and Reliability Center, University of Tennessee.
- Boehm-Davis D.A., Remington R., 2009. Reducing the disruptive effects of interruption: A cognitive framework for analysing the costs and benefits of intervention strategies. Accident Analysis and Prevention, 41, 1124-1129.
- Bounot J., Mazeau M., Jules D., 1996. La maintenance des bus : Analyse des sources d'accidents. Performances Humaines et Techniques, 83, 20-30.
- Bourrier M., 1996. Organizing maintenance work at two american nuclear power plants. Journal of Contingencies and Crisis Management, 4, 2, 104-112.
- Bureau International du Travail, 1997. Le travail en sous-traitance. Actes de la Conférence Internationale du Travail, 85ème session, Genève, Suisse, rapport VI (1), 97 p.
- Caisse Régionale d'Assurance Maladie de Normandie, 2002. Analyse de 93 fiches d'accidents de "dépannage" issues de la base de données EPICEA. Rouen, Document de Travail 01/02 de la CRAM de Normandie, 30 p.
- Campo P., Lafon D., 2012. Compte-rendu de la conférence INRS sur les risques liés aux multi-expositions (mixed-expo 2012). Hygiène et Sécurité du Travail, 228, 59-62
- Carballeda G., Daniellou F., Garrigou A., 1994. Les opérateurs acceptent le coût de la performance : Que fait l'ergonome ? Actes du XXIX^e Congrès de la SELF "Ergonomie et Ingénierie". Tome 2, Paris, Eyrolles, 1994, 204-211.
- Carballeda G., 1999. La contribution des ergonomes à l'analyse et à la transformation de l'organisation du travail : l'exemple d'une intervention relative à la maintenance dans une industrie de processus continu. Bordeaux, Presses de l'Université de Bordeaux 2, 289 p.
- Chau N., Chauchard G.C., Dehaene D., Benamghar L., Mur J.M. et al., 2007. Contributions of occupational hazards and human factors in occupational injuries and their association with job, age and type of injuries in railways workers. International Archives of Occupational and Environmental Health, 80, 6, 517-525.
- Cœugnet S., Charron C., Van De Weerd C., Anceaux F., Naveteur J., 2011. La pression temporelle : un phénomène complexe qu'il est urgent d'étudier. Le Travail Humain, 74, 2, 157-181
- Cook N., 2007. Case study. Occupational Safety and Health Journal, 37, 10, 14-20.
- Coutrot T., Floury M.C., Guignon N., Hamon-Cholet S., Waltisperger D., Arnaudo B., Magaud-Camus I., Sandret N., 2006. L'exposition aux risques et aux pénibilités du travail de 1994 à 2003. Données Sociales-La société française, 385-393.
- Cuvelier L., Falzon P., Granry J.C., Moll M.C., 2009. La résilience : réorganiser le travail pour faire face à l'imprévu. Actes du 44ème Congrès de la SELF, Toulouse, 22-24 septembre, 127-132.

- Daniellou F., Carballeda G. Garrigou A., 1994. Travail de formalisation et travail de régulation : une double contrainte. Le cas de la maintenance d'une industrie à risques. Actes du XXIXème Congrès de la SELF, Paris, Eyrolles, Tome 2, 181-187.
- De La Garza C., 2000. L'activité de diagnostic dans un système dynamique : le cas du dépannage d'installations de signalisation ferroviaire. *Revue Européenne de Psychologie Appliquée*, 50, 1, 39-49.
- De La Garza C., Weill-Fassina A., 1995. Les modalités de gestion collective des risques ferroviaires sur des chantiers d'entretien des voies. *Recherche, Transports, Sécurité*, 49, 73-84.
- Desrioux F., 2005. Les coopérations dans le travail construisent la santé. *Santé et Travail*, 52, p. 23.
- Djamie B., 2007. Maintenance tertiaire et immobilière. Les PME tentées par le Facility Management. *Production Maintenance*, Avril, 17, 70-73.
- Duhamel C., 2005. La sous-traitance, maillon faible des savoir-faire de prudence. *Santé et Travail*, 52, 36-37.
- Edouard F., 2005. Conséquences sur l'emploi et le travail des stratégies d'externalisation d'activités. Avis et rapports du Conseil Economique et Social. Les Editions des Journaux Officiels, 95 p.
- Equipe SUMER, 2006. Les expositions aux risques professionnels par famille professionnelle. Résultats SUMER 2003. Document d'Etudes de la DARES, 121, 274 p.
- European Agency for Safety and Health at Work, 2009. Healthy workplaces. A European campaign on safe maintenance. Luxembourg, Publication of the European Agency For Safety and Health at Work, 20 p.
- European Agency for Safety and Health at Work, 2010a. Maintenance and occupational safety and health: a statistical picture. Luxembourg, Office of the Official Publications of the European Communities, 61 p.
- European Agency for Safety and Health at Work, 2010b. Safe maintenance in practice. Luxembourg, Publications Office of the European Union, 102 p.
- European Foundation for the Improvement of Living and Working Conditions, 2007. Working conditions in France. Electronic report.
http://www.eurofound.europa.eu/ewco/surveys/FR0410SR01/FR0410SR01_4.htm
- Eyrolle H., Cellier J.M., 2000. The effects of interruptions in work activity: field and laboratory results. *Applied Ergonomics*, 31, 537-543
- Farrington-Darby T., Pickup L., Wilson J.R., 2005. Safety culture in railway maintenance. *Safety Science*, 43, 1, 39-60.
- Faverge J.M., 1967. Psychosociologie des accidents du travail. Paris, PUF, 159 p.
- Faverge J.M., 1970. L'homme agent d'infiabilité et de fiabilité du processus industriel. *Ergonomics*, 13, 3, 301-327.
- Garrigou A., Carballeda G., Daniellou F., 1994. L'opérateur, la pompe et la gamme : Le rôle du geste dans le professionnalisme et la fiabilité du fonctionnement d'industries à risques. Actes du XXIXe Congrès de la SELF "Ergonomie et Ingénierie". Tome 1, Paris, Eyrolles, 397-402.
- Garrigou A., Carballeda G., Daniellou F., 1998. The role of 'know-how' in maintenance activities and reliability in a high-risk process control plant. *Applied Ergonomics*, 29, 2, 127-131.
- Gollac M., Bodier M., et coll., 2011. Mesurer les facteurs psycho-sociaux de risque au travail pour les maîtriser. Rapport du collège d'expertise sur le suivi des risques psycho-sociaux au travail pour le Ministère du Travail, de l'Emploi et de la Solidarité, 223 p.
- Gorgeu A., Mathieu R., Pialoux M., 2006. Polyvalence, polycompétence ouvrières et intensification du travail : l'exemple de l'industrie automobile. In P. Askenazy, D. Cartron, F. De Coninck, M. Gollac (eds.), *Organisation et intensité du travail*, Toulouse, Octarès, 53-61.
- Guignon N., Niedhammer I., Sandret N., 2008. Les facteurs psychosociaux au travail. Une évaluation par le questionnaire de Karasek dans l'enquête SUMER 2003. *Documents pour le Médecin du Travail*, 115, 389-398.
- Grosjean M., Lacoste M., 1999. Communication et intelligence collective. Le travail à l'hôpital. Paris, PUF, 225 p.

- Grusenmeyer C., 2000. Interactions maintenance-exploitation et sécurité. Etude bibliographique. Les Notes Scientifiques et Techniques de l'INRS, 189, 37 p.
- Grusenmeyer C., 2002. Interactions maintenance-exploitation et sécurité. Etude exploratoire. Cahiers de Notes Documentaires Hygiène et Sécurité du Travail, 186, 53-66.
- Grusenmeyer C., 2005. Les accidents liés à la maintenance. Etude bibliographique. Les Notes Scientifiques et Techniques de l'INRS, 248, 68 p.
- Grusenmeyer C., 2007. Sous-traitance et accidents. Exploitation de la base de données EPICEA. Les Notes Scientifiques et Techniques de l'INRS, 266, 121 p.
- Grusenmeyer C., 2009. Les accidents liés à la sous-traitance. Exploitation de la base de données EPICEA. In Héry M. (ed.) - La sous-traitance interne, Les Ulis, EDP Sciences, 98-115.
- Hale A.R., Heming B.H.J., Smit K., Rodenburg F.G.Th., Van Leeuwen N.D., 1998. Evaluating safety in the management of maintenance activities in the chemical process industry. Safety Science, 28, 1, 21-44.
- Harbine K.L., 2003. Health hazards in automobile repair shops. Clinics in Occupational and Environmental Medicine, 2003, 3, 45-59.
- Health and Safety Executive, 1985. Deadly maintenance. Plant and Machinery. A study of fatal accidents at work. London (United Kingdom), Report of Her Majesty's Stationery Office (Health and Safety Executive), 27 p.
- Health and Safety Executive, 1987. Dangerous maintenance. A study of maintenance accidents in the chemical industry and how to prevent them. London (United Kingdom), Report of Her Majesty's Stationery Office (Health and Safety Executive), 31 p.
- Health and Safety Executive, 1992. Dangerous maintenance. A study of maintenance accidents and how to prevent them. London (United Kingdom), HMSO Publications, 32 p.
- Héry M., 2009. Intervention de travailleurs d'entreprises extérieures : un sujet de préoccupation majeure en matière de santé et de sécurité au travail. In Héry M. (ed.), La sous-traitance interne, Les Ulis, EDP Sciences, 119-171.
- Hobbs A., Williamson A., 2002. Unsafe acts and unsafe outcomes in aircraft maintenance, Ergonomics, 45, 12, 866-882.
- Hobbs A., Williamson A., 2003. Associations between errors and contributing factors in aircraft maintenance. Human Factors, 45, 2, 186-201.
- INRS, 2004. Intervention d'entreprises extérieures. Aide-mémoire pour la prévention des risques. Paris, INRS, 72 p. ED 941.
- ISO 11226, 2000. Ergonomie. Evaluation des postures de travail statiques. La Plaine Saint-Denis, AFNOR, 20 p.
- Jean R., 2002. La sécurité au travail écartelée entre hyperprescription procédurale et déréglementation sociale. Actes du XXXVIIème Congrès de la SELF "Les évolutions de la Prescription", 2002, Aix-en Provence.
- Karsenty L., 2011. Confiance interpersonnelle et communications de travail. Le cas de la relève de poste. Le Travail Humain, 74, 2, 131-155.
- Kositts L.M., Jones K., 2011. Interruptions experienced by registered nurses working in the emergency department. Journal of Emergency Nursing, 37, 1, 3-8.
- Langevin V., François M., Boini S., Riou A., 2011. Job Content Questionnaire (JCQ) (Questionnaire dit de Karasek). Documents pour le Médecin du Travail, 125, 105-110.
- Largier A., 2008. Dispositif de gestion des compétences et logique métier. Socio-Logos, 3, mis en ligne le 23 mars 2008. <http://socio-logos.revues.org/document1323.html>
- Lefevre J.P., 2009. Vingt-cinq ans de suivi des opérations de sous-traitance. In Héry M. (ed.), La sous-traitance interne, Les Ulis, EDP Sciences, 191-205.
- Lind S., 2008. Types and sources of fatal and severe non-fatal accidents in industrial maintenance. International Journal of Industrial Ergonomics, 38, 927-933.
- Lind S., 2009. Accident sources in industrial maintenance operations. Proposals for identification modelling and management of accident risks. VTT Publications 710, Edita Prima Oy, Helsinki, 105 p.

- Main B.W., Cloutier D.R., Manuele F.A., Bloswick D.S., 2002. Maintenance risk assessment. Risk assessment for maintenance activities. Preventing injuries before they happen. Michigan, Occupational Safety and Health Administration, Survey report.
- Male G.E., 1998. Safety of transport and machinery. A survey of maintenance accidents attributed to technological failings. Sheffield (United Kingdom), Health and Safety Executive Specialist Inspector Reports, 35 p. Report n° 52
- Mariotti F., 2005. Qui gouverne l'entreprise en réseau ? Domont, Presses de la Fondation Nationale des Sciences Politiques, Collection académique, 261 p.
- Monteau M., 2010. L'organisation délétère. La SST au prisme de l'organisation. Paris, L'Harmattan, 375 p.
- Morken T., Mehlum I.S., Moen B.E., 2007. Work-related musculo-skeletal disorders in Norway's offshore petroleum industry'. *Occupational Medicine*, 57, 2, 112-117.
- Muylaert K., Roya S., Grusenmeyer C., Owczarek G., Flaspoler E., Kaluza S., Lafrenz B., Hebish R., 2010. Maintenance and Occupational Safety and Health: A statistical picture. *European Risk Observatory. Literature Review*, Luxembourg, European Agency for Safety and Health at Work, 61 p. TE-31-10-422-EN-N.
- Nenonen S., 2011. Fatal workplace accidents in outsourced operations in the manufacturing industry. *Safety Science*, 49, 1394-1403.
- NF EN 614-1, 2006. Sécurité des machines. Principes ergonomiques de conception. Partie 1. Terminologie et principes généraux. La Plaine Saint-Denis, AFNOR, 20 p.
- NF EN 1005-4, 2005. Sécurité des machines. Performance physique humaine. Partie 4. Evaluation des postures et mouvements lors du travail en relation avec des machines. La Plaine Saint-Denis, AFNOR, 18 p.
- NF EN ISO 14738, 2008. Sécurité des machines. Prescriptions anthropométriques relatives à la conception de postes de travail sur les machines. La Plaine Saint-Denis, AFNOR, 27 p.
- Nicot A.M., Rahou N., 2007. Place of work and working conditions. France. Mis en ligne le 26 juin 2007. <http://www.eurofound.europa.eu/ewco/studies/tn0701029s/fr0701029q.htm>
- Ouni R., Weill-Fassina A., 1998. Modalités de gestions des tâches interférentes en fonction de l'expérience professionnelle. *Performances Humaines et Techniques*, 92, 42-48.
- Pelletier J., 2011. 10 propositions pour améliorer la relation entre donneurs d'ordres et sous-traitants dans l'industrie. Rapport provisoire de l'ANACT pour la commission européenne, 43 p.
- Pereira V., Remoiville A., Trinquet P., 1999. Sous-traitance sur sites industriels : Evaluation des risques professionnels. Marseille, Rapport APRIT ARESI-BTP, 37 p.
- Perraudin C., Thévenot N., Valentin J., 2006. Sous-traiter ou embaucher ? Une analyse empirique des comportements de substitution des entreprises de l'industrie en France entre 1984 et 2003. Document de Travail du Centre d'Etudes de l'Emploi, 78, 34 p.
- Ray P.S., Batson R.G., Weems W.H., Wan Q., Sorock G.S., Matz S., Cotnam J., 2000. Impact of maintenance function on plant safety. *Professional Safety*, 45-48.
- Reason J., Hobbs A., 2003. Managing maintenance error. A practical Guide. Hampshire (UK), Ashgate Publishing Company, 183 p.
- Reiman T., 2011. Understanding maintenance work in safety-critical organisations - managing the performance variability. *Theoretical Issues in Ergonomics Science*, 12, 4, 339-366.
- SESSI, 2001. Les besoins de l'industrie en services. Rapport CPCI. http://www.industrie.gouv.fr/sessi/enquetes/services/so_services.html
- Suzuki T., Von Thaden T.L., Geibel W.D., 2008. Coordination and safety behaviors in commercial aircraft maintenance. *Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society. 52nd Annual Meeting*, New-York, 89-93.
- Sykes E.R., 2011. Interruptions in the workplace: A case study to reduce their effects. *International Journal of Information Management*, 31, 385-394.
- Tazi D., 2008. Externalisation de la maintenance et ses impacts sur la sécurité dans les industries de procédés. Thèse en systèmes industriels. Toulouse, Institut National Polytechnique de Toulouse, 176 p.

- Vidal M.C., Gomes J.O., 1996. L'ergonomie face à la sous-traitance dans les entreprises bancaires brésiliennes. In R. Patesson (ed.), *Intervenir par l'ergonomie. Regards, diagnostics et actions de l'ergonomie contemporaine. Actes du XXXIème Congrès de la SELF, vol.1, Nivelles (Belgique)*, 371-377.
- Vidal-Gomel C., 2007. Compétences pour gérer les risques professionnels : un exemple dans le domaine de la maintenance de systèmes électriques. *Le Travail Humain*, 70, 2, 153-194.

ANNEXE I - PRECISIONS METHODOLOGIQUES RELATIVES A L'EXPLOITATION DE L'ENQUETE SUMER

Variables utilisées pour la présélection des personnels de maintenance :

- les 3 familles professionnelles de maintenance : "ouvriers qualifiés de la maintenance", "ouvriers de la réparation automobile", "techniciens agents de maîtrise maintenance et organisation" ;
- la modalité "installation, entretien, réglage, réparation" de la variable "fonction principale exercée" ;
- les modalités suivantes des PCS (Professions et Catégories Socioprofessionnelles) :
 - techniciens de méthodes, entretien, sécurité ;
 - techniciens en mécanique et industries lourdes ;
 - techniciens en électricité, électronique ;
 - techniciens en informatique ;
 - réparateurs qualifiés en électricité, électronique ;
 - mécaniciens auto qualifiés et assimilés ;
 - carrossiers et métalliers qualifiés ;
 - ouvriers qualifiés entretien industriel (électricité) ;
 - ouvriers qualifiés entretien industriel (mécanique) ;
 - maîtrise de premier niveau électricité mécanique ;
 - maîtrise de premier niveau des industries lourdes ;
 - maîtrise de premier niveau des industries légères, chefs de chantier ;
 - autres agents de maîtrise ;
- la modalité "oui" aux variables "exposition dans l'assainissement et la maintenance", "exposition potentielle en maintenance de climatisation, tours réfrigérantes", "exposition potentielle dans les autres secteurs de l'assainissement et de la maintenance".

Constitution de l'échantillon des personnels de maintenance

Ont été sélectionnées l'ensemble des activités de maintenance, si elles concernent des installations, équipements de travail, matériels, appareils hospitaliers/médicaux, voies ferrées, etc., y compris la maintenance de l'outillage et la maintenance informatique, et quelles que soient les activités réalisées (activités d'encadrement ou réalisation d'interventions).

La maintenance des bâtiments, des locaux, l'entretien des espaces verts, la maintenance de carrières ou les activités de nettoyage, de même que la réparation de vêtements, chaussures, montres, instruments de musique ou les restaurateurs d'objets d'arts n'ont pas été inclus. Ont également été exclus les personnels appartenant aux familles professionnelles du bâtiment et des travaux publics, ainsi que des cas particuliers liés à l'ambiguïté du terme maintenance.

Pour cette catégorisation, un certain nombre de mots-clés ont été utilisés, tels que maintenance, maintenir ; réparation, réparateur, réparer ; dépannage(eur), dépanner, pannes ; démontage, rénovation, révision, essais, modification, mise au point, si ils concernent des installations, équipements de travail, matériels ; etc.

Les électriciens, monteurs, plombiers, chauffagistes, tuyauteurs, chaudronniers, électriciens, électromécaniciens, ouvriers d'entretien, opérateurs régleurs, automaticiens n'ont été retenus que si une référence à la maintenance d'équipements, matériels, outils et machines, ou à des réparations, dépannages, démontages, révisions, rénovations etc. était effectuée.

Constitution de l'échantillon des personnels de production

Il a donc été élaboré à partir de la modalité "production, fabrication, chantier" de la variable "fonction principale exercée". Cette variable incluant les chantiers, et pour des raisons de

congruence avec l'échantillon des personnels de maintenance sélectionné, les personnels de production, dont l'activité de l'entreprise relevait de la construction ou des familles professionnelles du bâtiment et des travaux publics ont été exclus. L'absence de personnels de maintenance (ou susceptibles de relever de cette population) dans cet échantillon a été vérifiée (conduisant ainsi à l'exclusion d'environ 300 dossiers à l'issue de deux examens).

Constitution des "sous-groupes" de personnels de maintenance

La catégorisation de ces sous-groupes a été basée sur les libellés de la profession et de la tâche principale des personnels de maintenance, ainsi que sur le code NAF de leur entreprise. Elle a été essentiellement guidée par les données. Ont ainsi été distingués :

- les personnels de maintenance de machines/matériels agricoles (machines et engins agricoles, tracteurs, motoculteurs, moissonneuses, etc.) ;
- les personnels de maintenance industrielle, i.e. maintenance des installations de production : machines, matériels, process, outillages, y compris matériels et engins de levage, chariots élévateurs, etc. :
 - des industries manufacturières et extractives ;
 - de la production et distribution d'électricité, gaz et eau ;
- les personnels de maintenance des véhicules :
 - autos, motos, PL, cars, bus ;
 - maintenance ferroviaire (trains, voies, caténaires, signalisation, voitures voyageurs etc.) ;
 - maintenance aéronautique (avions, aéroports, etc.) ;
- les personnels de la maintenance tertiaire :
 - maintenance informatique, bureautique, téléphonie, télécommunications (télécopieur, photocopieurs, imprimantes, DAB, réseaux de communication, etc.) ;
 - maintenance d'appareils électroménagers (TV, Hi-fi...) ;
 - maintenance d'appareils médicaux (appareils de radiologie, appareils auditifs, respiratoires, de chirurgie dentaire, etc.) ;
 - autres.

L'encadrement, les techniciens et opérateurs de maintenance n'ont pas été distingués dans ces différentes catégories.

**ANNEXE II - REPRESENTATION DU TRAITEMENT DES INTERVENTIONS DE MAINTENANCE CORRECTIVE DE TYPE SIGNALEMENTS ET DEPANNAGES
INTEGRANT LES DIFFERENTS ACTEURS CONCERNES**

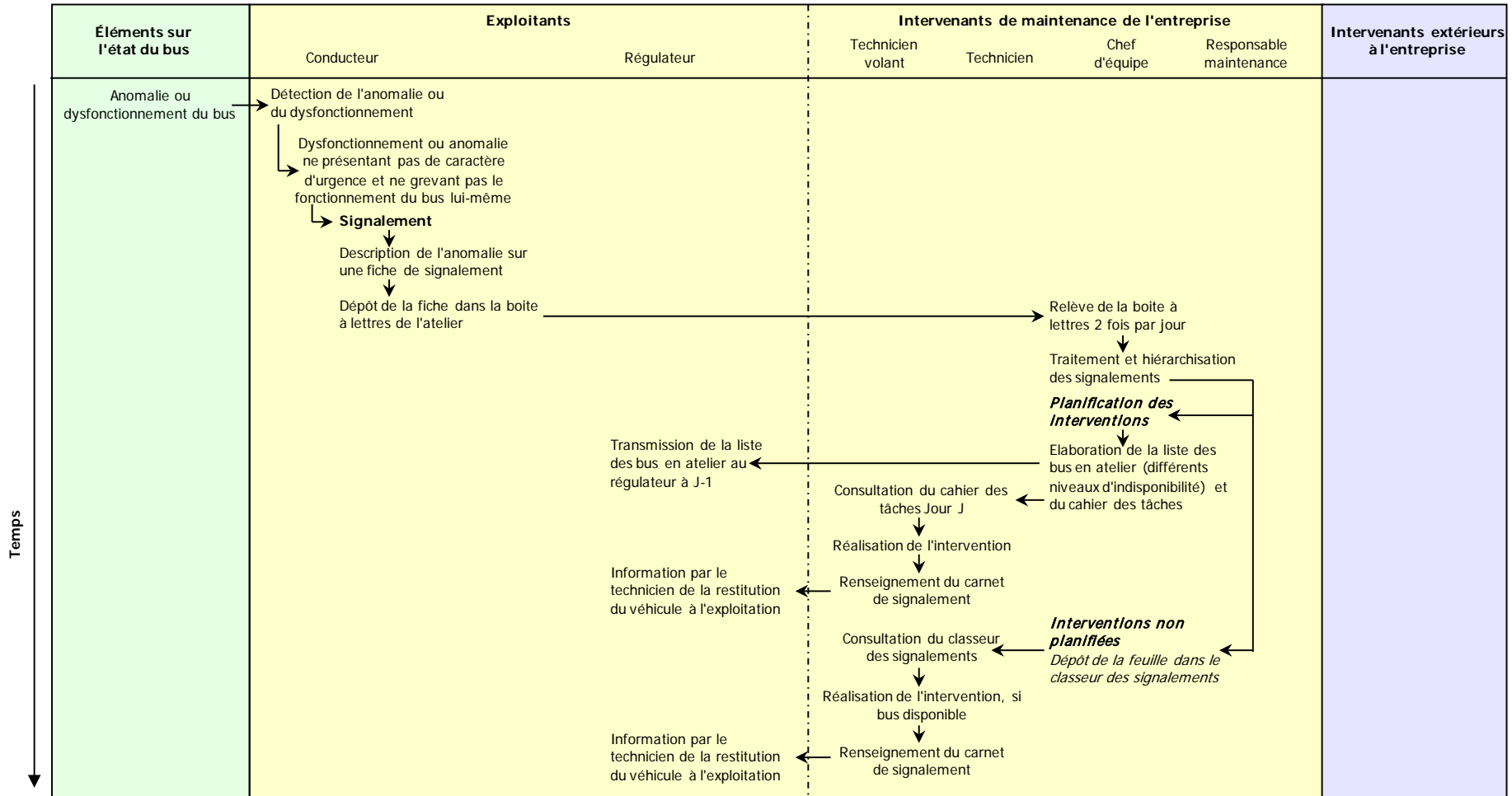


Figure I. Représentation du traitement des signalements

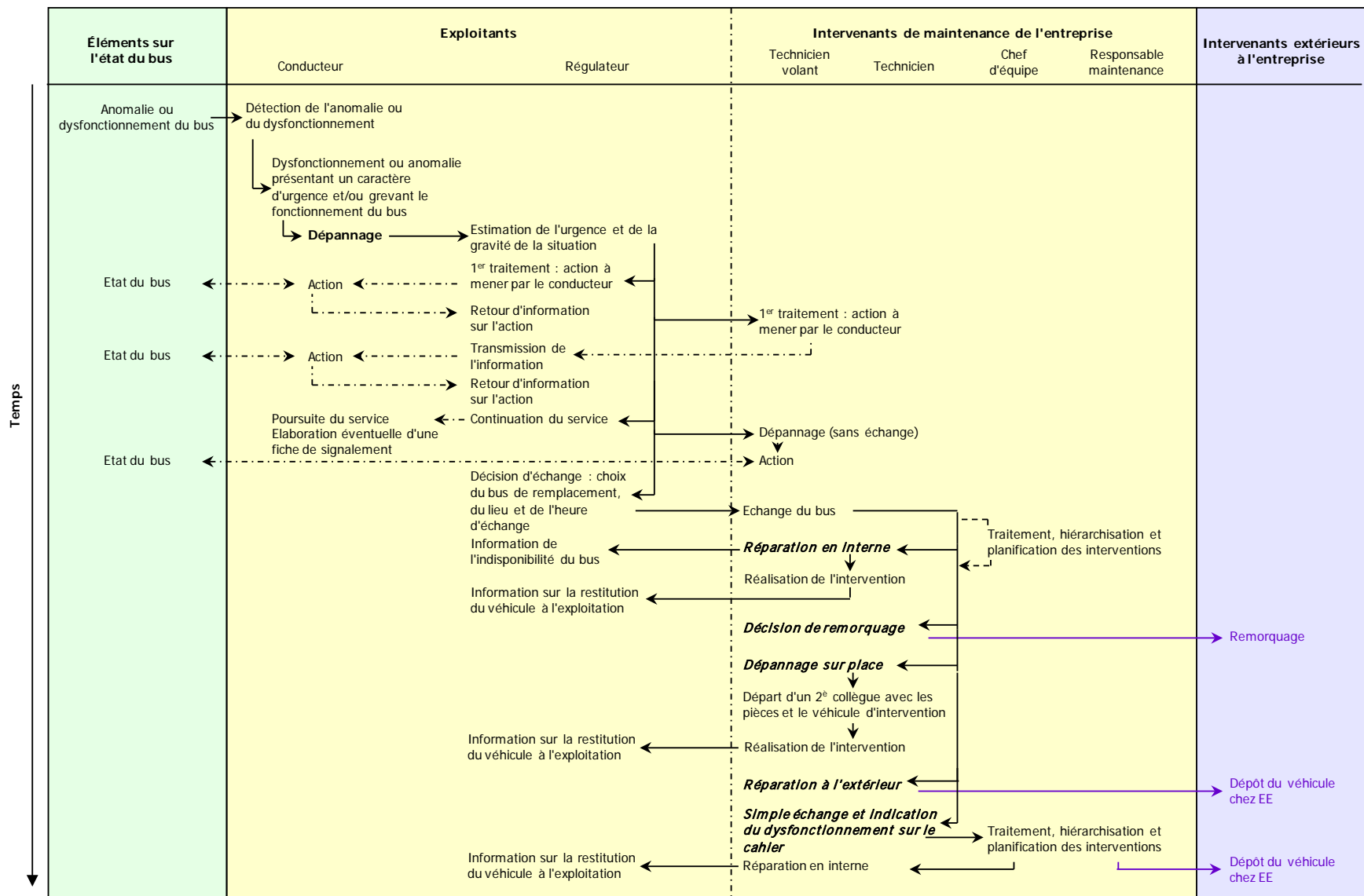


Figure II. Représentation du traitement des dépannages

ANNEXE III- REPRESENTATION SCHEMATIQUE DE LA SOUS-TRAITANCE EN CASCADE

La sous-traitance en cascade se rapporte aux situations dans lesquelles le nombre de contrats d'entreprise établis pour la réalisation d'une prestation donnée est supérieur à un. Une entreprise utilisatrice A confie à une entreprise extérieure B, une ou plusieurs opérations dans le cadre d'un contrat d'entreprise. L'entreprise B (sous-traitante de niveau 1) confie à son tour, tout ou partie des opérations qui lui ont été confiées à une troisième entreprise C. C devient alors sous-traitante de niveau 2 et B, entreprise utilisatrice. Cette sous-traitance en cascade peut être de niveau 2, 3, x. Comme le montre la figure III, la sous-traitance en cascade résulte de plusieurs relations bipartites entre entreprise utilisatrice et extérieure, relative à tout ou partie d'une même prestation, et non de relations tri ou quadripartites.

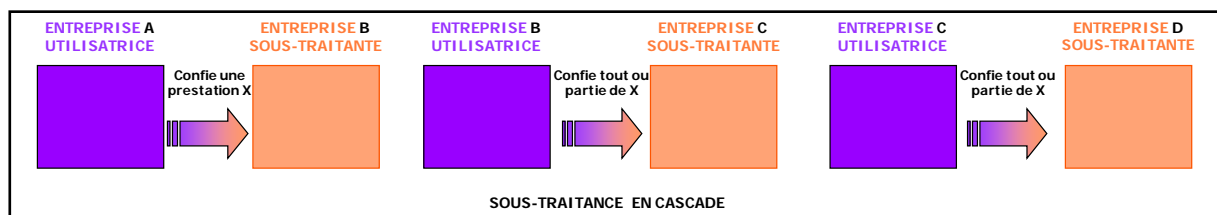


Figure III. Représentation schématique d'une sous-traitance en cascade

ANNEXE IV - ANALYSES DES POSTURES ET POSITIONS CONTRAIGNANTES D'UN TECHNICIEN VOLANT LORS D'UNE INTERVENTION DE MAINTENANCE PREVENTIVE

Position du problème

Selon Arnaudo et coll. (2006a, 2006 b), les personnels ayant une fonction "installation, entretien, réglage, réparation" (i.e. les personnels de maintenance notamment) constituent, sur la base de l'enquête SUMER 2003, ceux qui déclarent le plus souvent avoir des "postures pénibles"³⁶. Ils sont proportionnellement les plus nombreux (47,8%) à effectuer ce type de déclaration, vs 21,2% pour l'ensemble des salariés interrogés. Ils sont également identifiés (ibid.) comme les plus nombreux à associer ces "postures pénibles" et les "situations fatigantes" (avec 25,1% de ces personnels vs 11,4% de l'ensemble de la population ; sur ce sujet, voir également Daniellou et coll., 1994). En outre, lors des observations des activités des techniciens volants en situation, leurs postures et positions semblaient assez contraignantes. Aussi, et dans un **objectif d'assistance**, des analyses des postures et positions d'un technicien volant lors d'une intervention de maintenance préventive (visite des 30.000 kms d'un bus standard au gaz) ont été réalisées³⁷. Ces analyses visaient surtout à identifier d'une part, les opérations constitutives de cette visite les plus contraignantes de ces points de vue, et d'autre part, quelques éléments susceptibles de les expliquer. **Ces analyses sont purement indicatives**. En effet, elles n'ont concerné qu'un seul technicien et une seule intervention. Par ailleurs, les postures et positions de travail ont été déterminées sur la base des seules observations, et non pas grâce à des systèmes ou appareils de mesure. Elles ne sont donc pas basées sur des mesurages d'angles des différents segments du corps. Enfin, les analyses menées ne sont pas aussi fines que celles qui auraient pu être réalisées par un physiologiste ou un ergonome spécialisé du domaine, comme nous le verrons ci-dessous. **Les résultats ne peuvent donc pas être considérés représentatifs des contraintes posturales et de position des techniciens de maintenance.**

³⁶ Pour rappel, les "postures pénibles" constituent, selon ces auteurs, le fait de rester à genoux, les bras en l'air, accroupi ou en torsion plus de 2 heures par semaine. Les "situations fatigantes" regroupent quant à elles la station debout, les piétinements et déplacements à pieds, ainsi que les gestes répétitifs à cadence élevée.

³⁷ Merci à A. Aublet-Cuvelier (INRS - HT) et F. Cail (INRS – HT/LBE) pour leurs conseils sur certains points de ces analyses.

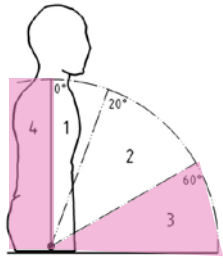
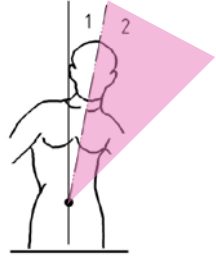
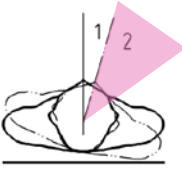

Méthodologie de traitement des données

Sur la base des enregistrements audiovisuels des activités effectués, un **post-codage des postures et positions du technicien volant lors de la visite de maintenance préventive** a été effectué.

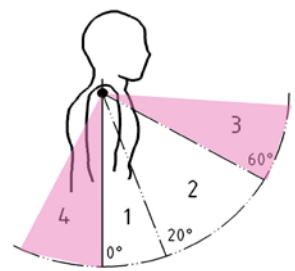
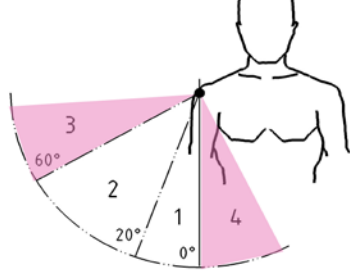

a - Postures contraignantes et inacceptables

Concernant les postures, nous nous sommes appuyés sur les normes ISO 11226 et NF EN 1005-4. Le post-codage a concerné exclusivement les **postures extrêmes** (zones rosées dans les figures suivantes) relatives à :

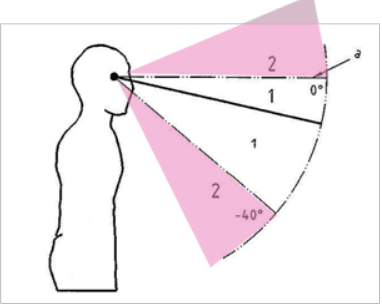

- **l'inclinaison vers l'avant ou l'arrière** (zones 3 et 4 dans la figure suivante), **la flexion latérale** (zone 2), **et la torsion** (zone 2) **du tronc** :

 <p>Inclinaison du tronc</p> <p>Inclinaison du tronc vers l'arrière et au-delà de 60° vers l'avant (Norme NF EN 1005-4)</p>	 <p>Flexion du tronc</p> <p>Flexion latérale (vers la gauche, la droite) ou torsion au-delà de 10° (clairement visible) (Norme NF EN 1005-4)</p>	 <p>Torsion du tronc</p>	 <p>Exemple</p>
--	---	---	---

- **l'élévation des bras vers l'avant et l'arrière, sur le côté et l'intérieur du corps** (zones 3 et 4) :

 <p>Elévation des bras au delà de 60° vers l'avant et vers l'arrière (Norme NF EN 1005-4)</p>	 <p>Elévation des bras au delà de 60° sur le côté ou vers l'intérieur du corps (Norme NF EN 1005-4)</p>	 <p>Exemple</p>
--	--	---

- **l'inclinaison de la tête** (zones 2) :

 <p>Inclinaison de la tête vers l'arrière (Norme ISO 11226) ou vers l'avant au-delà de -40° (Norme NF EN 1005-4)</p>	 <p>Exemple</p>
---	---

Toutes les postures évoquées dans les normes n'ont pas été prises en compte, certaines étant difficiles à identifier à partir des enregistrements audiovisuels. Par ailleurs, le post-codage des



postures a été réalisé en fonction des différentes parties du corps concernées (tronc, bras, tête), mais les différentes formes de contraintes (torsion, flexion, inclinaison du tronc, par exemple) n'ont pas été distinguées. En outre, l'acceptabilité des postures peut dépendre de la nature et de la durée de la posture, de la fréquence du mouvement ou encore des durées de récupération (Norme NF EN 1005-4). Par exemple, l'élévation des bras au-delà de 60° vers l'avant est considérée inacceptable en posture statique, c'est-à-dire si elle est maintenue pendant une période excédant 4 secondes. Par contre, elle est considérée ou non comme acceptable, en posture non statique, selon la fréquence du mouvement. Les analyses menées ici n'ayant pas pris en compte l'ensemble de ces paramètres, **ont été simplement distinguées** :

- les **postures "contraignantes"**, i.e. celles juste évoquées, indépendamment de leur durée de maintien et de la fréquence des mouvements ;
- les **postures "non recommandées" ou "inacceptables"**, en référence aux normes ISO 11226 et NF EN 1005-4, c'est-à-dire celles considérées comme telles, dans les normes, en posture statique.

b - Positions inconfortables et autres positions

Concernant les positions, nous nous appuyons sur les normes NF EN 1005-4, ISO 11226, mais surtout sur les normes NF-EN 614-1, NF EN ISO 14738 et les travaux d'Arnaudo et al. (2006a). Le post-codage a notamment concerné :

- les **positions agenouillée et accroupie** :

	
Accroupi	A genou

Les positions accroupie et à genoux sont considérées comme des positions inconfortables (NF EN 1005-4 ; ISO 11226) qu'il convient d'éviter et de limiter le plus possible (même lors des travaux de maintenance) (NF EN 614-1, NF EN ISO 14738). Selon Arnaudo et al. (2006a), le seuil de durée d'exposition à ces deux positions, au delà duquel la pénibilité et la pathogénicité augmentent de façon significative, est de 2 heures par semaine.

- la **position allongée** ; ces positions accroupie, à genoux et allongée sont considérées comme "inconfortables" dans les normes ;

	
---	--

De même que les positions accroupie et à genoux, la position allongée doit être évitée et limitée le plus possible (même lors des travaux de maintenance) (Norme NF EN 614-1, Norme NF EN ISO 14738)

- mais aussi, la **position debout** (statique ou de piétinement) ;
- les **déplacements à pieds** ; selon Arnaudo et coll. (2006a), le seuil de durée d'exposition à la position debout prolongée, au piétinement et aux déplacements à pieds, au delà duquel la pénibilité et la pathogénicité augmentent de façon significative, est de 20 heures par semaine.

Le post-codage des postures et positions du technicien volant n'a été réalisé que si celles-ci étaient flagrantes. En cas de doute sur le fait que l'élévation des bras se situait au delà de 60° vers l'avant par exemple, la posture n'a pas été considérée. Ce codage a concerné la quasi-totalité du temps consacré par le technicien volant à la visite de maintenance préventive (3h17 sur 3h21 ; la différence entre le temps consacré par le technicien à la visite et la durée des activités analysées est liée aux changements de cassettes ou aux cas où un obstacle gêne le champ de la caméra, ne rendant plus les postures de l'opérateur visibles).

Résultats principaux

Les résultats permettent d'identifier 693 postures contraignantes et positions inconfortables différentes sur l'ensemble du temps consacré à la visite de maintenance préventive par le technicien volant. Soulignons qu'il est fréquent que l'opérateur cumule plusieurs postures contraignantes ou des postures contraignantes et des positions inconfortables simultanément (cf. photos précédentes). Si l'on tient compte de cette simultanéité, **428 périodes au cours desquelles le technicien a des postures contraignantes et/ou des positions inconfortables sont observées**. Elles représentent **37% du temps de la visite**.

a - Résultats relatifs aux postures contraignantes et inacceptables

Les principaux résultats sont présentés dans le tableau I.

Nature des postures	Postures contraignantes			Postures inacceptables
	Effectif Fréquence	Durée des postures	Durée totale Pourcentage du temps de la visite	Effectif, fréquence moyenne des postures maintenues plus de 4 (postures "statiques")
Torsion, flexion et inclinaison du tronc	223 1 toutes les 53 secondes (1,13 / mn)	m = 5,33 s. σ = 9 s. médiane = 1,88 s. min < 1 s. max = 1 mn 07	19 mn 49 10,02%	69 (30,94% d'entre elles) 1 toutes les 2 mn 51
Élévation des bras vers l'avant-l'arrière, le côté et l'intérieur du corps	254 1 toutes les 46 secondes (1,3 fois / mn)	m = 9,52 s. σ = 11,10 s. médiane = 6,19 s. min < 1 s. max = 1 mn 19	40 mn 17 20,4%	161 (63,39% d'entre elles) 1 toutes les 1 mn 13
Inclinaison de la tête vers l'avant-l'arrière	156 1 toutes les 1,16 mn (0,79 fois / mn)	m = 6,51 s. σ = 7,49 s. médiane = 3,80 s. min < 1 s. max = 37,06 s	16 mn 56 8,56%	75 (48,08% d'entre elles) 1 toutes les 2 mn 38

¹ Observés sur l'ensemble de la visite

Tableau I. Principaux résultats relatifs aux postures du technicien volant

Les résultats montrent que :

- les postures contraignantes les plus nombreuses et fréquentes concernent les élévations des bras (254) avec 1/5 du temps de la visite ; les deux tiers d'entre elles (63,4%) sont "inacceptables" (maintenues plus de 4 secondes) et se produisent en moyenne toutes les 1mn13 ;

- les torsions, flexions et/ou inclinaisons du tronc sont également nombreuses (223 ; 10% du temps de la visite) ; près d'un tiers d'entre elles sont "inacceptables" en posture statique (30,9%) et observées toutes les 2mn51 ;
- les inclinaisons de la tête présentent également des effectifs (156) et fréquence (8,5% du temps de la visite) non négligeables, bien que moindres comparativement aux postures précédentes ; par contre, près de la moitié d'entre elles sont inacceptables (maintenues plus de 4 secondes) et assez fréquentes (1 toutes les 2mn38) ;
- aucune de ces postures contraignantes ne présente une fréquence élevée (i.e. $\geq 2/\text{min}$), en référence aux normes.

b - Résultats relatifs aux positions du technicien

Le tableau II présente les principaux résultats relatifs aux positions du technicien volant lors de la visite. **60 positions inconfortables** sont observées sur l'ensemble de l'intervention de maintenance préventive. **Il s'agit majoritairement des positions accroupi, à genoux et accroupi-à genoux** (11,4% du temps)³⁸, qui peuvent être maintenues longuement (plus de 80% d'entre elles sont maintenues plus de 4 secondes et le maximum observé est de 4mn38). Les positions allongées sont beaucoup moins nombreuses, mais peuvent être maintenues plus de 30 secondes.

On soulignera par ailleurs la position debout (statique ou de piétinement) pendant près des $\frac{3}{4}$ du temps de la visite et des déplacements à pieds nombreux (1 par mn) et de très courtes durées.

	Nature des positions, déplacements	Effectif Fréquence	Durée des positions, déplacements	Durée totale Pourcentage du temps de la visite
Positions inconfortables	Positions à genoux, accroupie et accroupi-à genoux (un genou plié, l'autre au sol)	57 1 toutes les 3 mn 28 (0,29 fois / mn)	m = 23,74 s. $\sigma = s.$ médiane = 11,01 s. min < 1 s. max = 4 mn 38	22 mn 33 11,4%
	Position allongée	3 1 toutes les 1 h 05 (0,02 fois / mn)	min = 1,25 s. max = 34,61 s.	39 s. 0,33%
Autres positions et déplacements	Position debout (statique ou de piétinement)	-	min < 1 s. max = 9 mn 58	2 h 25 mn 44 73,68%
	Déplacements à pieds	197 1 toutes les mn	m = 8,31 s. $\sigma = 6,71 s.$ médiane = 5,94 s. min < 1 s. max = 39,41 s.	27 mn 16 13,79%

¹ Observée sur l'ensemble de la visite

Tableau II. Principaux résultats relatifs aux positions du technicien volant

³⁸ Si cette visite pouvait être considérée représentative des activités de maintenance des techniciens, une projection de ce résultat sur la durée de la semaine montrerait que les techniciens sont en position accroupie et à genou 4 heures par semaine, alors que le seuil de durée d'exposition à ces deux positions, au delà duquel la pénibilité et la pathogénicité augmentent de façon significative, est de 2 heures par semaine, selon Arnaudo et coll. (2006a). De la même façon, ils seraient en position debout et de piétinement (déplacements à pieds non compris) plus de 25 heures (25,8 h) sur leurs 35 heures de travail, alors que le seuil de durée d'exposition à cette position et aux déplacements à pieds, au-delà duquel la pénibilité et la pathogénicité augmentent de façon significative est considéré être de 20 heures par semaine (Arnaudo et coll., 2006a et b).

c - Résultats relatifs aux opérations les plus contraignantes en termes de postures et positions

L'identification des opérations constitutives de la visite de maintenance préventive, selon la durée totale des postures contraignantes et positions inconfortables du technicien volant, montre que les plus critiques de ce point de vue et celles dont la durée est la plus importante constituent :

- les contrôles effectués sur la partie gaz du véhicule (62,5% de postures contraignantes et positions inconfortables ; durée de l'opération : 27mn37) ;
- le remplacement de la sonde lambda, paramétrage du calculateur non compris (59,91% ; 24mn17).

Un examen plus précis de ces deux opérations a été mené afin d'identifier certains des éléments contribuant à ces observations. Seuls quelques éléments relatifs à la deuxième opération (remplacement de la sonde³⁹) seront présentés ici à titre d'exemples :

▪ **faible maintenabilité de l'équipement :**

- hauteur de la trappe d'accès à la sonde, telle que le technicien est amené à travailler à genoux ou accroupi, ou debout tronc incliné ;
- emplacement de la trappe. Elle est située derrière la porte arrière droite du véhicule. En position ouverte, la porte gêne l'accès à la sonde. En position fermée, l'accès est dégagé. Par contre, chacun des déplacements de l'opérateur, entre sa desserte et la trappe d'accès, suppose d'emprunter la porte du milieu du bus et augmente ainsi les déplacements à pieds. L'ouverture-fermeture des portes paraît en effet concerner les deux demi-portes, sans qu'elles ne puissent être désolidarisées l'une de l'autre. Aussi, soit le technicien travaille à genoux ou accroupi, tout en maintenant la demi-porte arrière droite avec son pied, soit il augmente ses déplacements à pieds ;
- espaces de manipulation restreints (démontage-montage de la sonde), conduisant le technicien à travailler accroupi, mais aussi bras levés et en flexion du tronc. Cet espace restreint contraint également la manipulation proximale des outils et instruments, et peut conduire à l'utilisation de la bouche, comme moyen de préhension, l'intervention sollicitant déjà les deux mains ;
- espaces de visibilité restreints. Des mouvements de tête et des torsions du buste visant à augmenter la visibilité sur la partie concernée par l'intervention peuvent être observés. Par ailleurs, le travail sans visibilité peut permettre au technicien d'augmenter sa possibilité d'adapter les mouvements de son bras à l'espace de manipulation restreint ;

▪ **contraintes relatives aux outils :**

- outils inadaptés. Dans la plupart des cas, les techniciens travaillent avec des outils standards, ce qui contribue à l'adoption de postures contraignantes et/ou de positions inconfortables. Le coût des outils "constructeurs", mais aussi leur nombre et leur diversité, étant donné la variabilité des bus constitutifs du parc (6 marques, 18 types et 35 modèles différents, si l'on tient compte à la fois du type et de l'année du véhicule) ne contribuent pas à leur acquisition. Les espaces de manipulation restreints peuvent ainsi conduire les techniciens à concevoir, à partir d'outils existants, leurs propres outils, adaptés à l'emplacement des pièces ou organes et à leurs contraintes spatiales ;
- absence d'homogénéité et diversité des outils nécessaires. Elles contribuent toutes deux à de nombreux allers-retours du technicien à sa desserte (prise-dépose d'outils) et donc à des déplacements à pieds fréquents de ce dernier. Par exemple, pour remplacer la sonde, le technicien doit déposer deux plaques : une trappe d'accès, puis une plaque pare-feu. Or, les

³⁹ Durant le remplacement de la sonde, le technicien est en position accroupie-à genoux pendant près de la moitié de la durée de l'opération (48,5%, i.e. 11mn46 au total). Il maintient cette position pendant plus de 4mn30. Il a les bras levés un cinquième du temps (21,6%), est en torsion, flexion et/ou inclinaison du tronc pendant 13,2% de la durée de l'opération, et a la tête inclinée 2,9% du temps. Il est debout pendant 34,5% de la durée de cette opération et effectue également de nombreux déplacements à pieds (23 déplacements sont observés, c'est-à-dire près d'un toutes les minutes, i.e. 16,4% de la durée de l'opération).

On notera également qu'il peut être amené à travailler sans pouvoir visualiser son activité (6 situations de ce type ont pu être identifiées) ou avec une répartition irrégulière du poids du corps sur les deux pieds (1 événement).

clés pour déposer chacun de ces éléments sont différentes, ce qui occasionne autant d'allers et retours jusqu'à la desserte du technicien. Ces déplacements sont également importants à souligner dans la mesure où la prise ou le rangement d'outils dans la desserte s'accompagnent fréquemment de postures accroupies ou d'inclinaisons du tronc ;

- **absence de poste de travail du technicien.** L'espace à proximité de la sonde (le sol du bus) devient le lieu où le technicien entrepose momentanément ses outils, les pièces et trappes à monter ou démonter. Chaque prise et dépose de ces éléments occasionnent alors des inclinaisons, flexions et/ou torsions du tronc, en position accroupie, à genoux ou debout.

Conclusion-discussion

a - Synthèse, portée et limites des analyses

Ces analyses mettent donc en évidence un nombre important de postures contraignantes et de positions inconfortables du technicien volant lors de la visite de maintenance préventive. Au total, **305 postures inacceptables différentes** sont identifiées et **60 positions inconfortables** sont observées. La fréquence des postures contraignantes apparaît par contre peu élevée, ce qui tend à confirmer la nature peu répétitive des activités de maintenance (AFNOR, 1986 ; De La Garza & Weill-Fassina, 1995 ; Bounot et al., 1996 ; Lind, 2009). Par ailleurs, **ces résultats laissent penser que la position debout constitue la position principale de travail des techniciens de maintenance**, alors que les normes préconisent que cette dernière soit la position assise.

Ces résultats doivent néanmoins, et comme cela a été souligné précédemment, **être pris avec précaution** : la portée des analyses est limitée et celles-ci ne peuvent être considérées représentatives ; le post-codage des postures n'a pas été exhaustif ; les différentes formes de contraintes n'ont pas été distinguées et l'ensemble des variables contribuant à l'acceptabilité des postures n'a pas été pris en compte. En outre, **les normes utilisées pour le post-codage ne fournissent pas d'informations relatives au cumul des postures et/ou positions**, alors que le technicien volant apparaît fréquemment soumis à plusieurs contraintes posturales et/ou de position simultanément.

Il importe également de rappeler que ces analyses ont concerné une intervention de maintenance préventive. En effet, ces dernières sont planifiées et à l'initiative du service de maintenance interne, ce qui rend une préparation de ces interventions possible. Dès lors, on peut supposer que ces interventions soient moins contraintes du point de vue des postures et positions, qu'une intervention de maintenance corrective immédiate, par définition, non planifiée, moins fréquente et moins routinière. On soulignera enfin que si ces analyses ont porté sur les seules activités du technicien volant relatives à cette visite de maintenance préventive, celle-ci n'est pas menée d'une traite. Elle est entrecoupée d'activités diverses, conduisant à une variabilité des tâches, considérée favorable à la santé (ISO 11226).

b - Des contraintes posturales des techniciens à l'organisation du travail de maintenance ?

A partir de l'analyse plus précise, évoquée précédemment, d'une opération parmi les plus critiques du point de vue des postures contraignantes et positions inconfortables du technicien volant (remplacement d'une sonde), une tentative de représentation des différents éléments contribuant à ces observations, mais aussi des différents acteurs impliqués a été réalisée (cf. figure IV).

Cette figure illustre le fait, par exemple, qu'une part des postures contraignantes et positions inconfortables du technicien est liée à la faible maintenabilité des équipements. Cette dernière est, quant à elle, à mettre en relation d'une part, avec la conception des équipements réalisée par les constructeurs (faible prise en compte des activités de maintenance des véhicules), et d'autre part, avec les choix opérés lors de l'acquisition des équipements par la communauté d'agglomération (et donc l'entreprise utilisatrice). L'entreprise A (sous-traitante) dispose de la possibilité de donner un avis consultatif lors de l'acquisition des véhicules, via le cahier des charges établi en commun avec la communauté d'agglomération, relativement à la qualité du service après-vente ou la maintenabilité des équipements, par exemple ; ces derniers éléments ne constituant que quelques critères de choix parmi de nombreux autres.

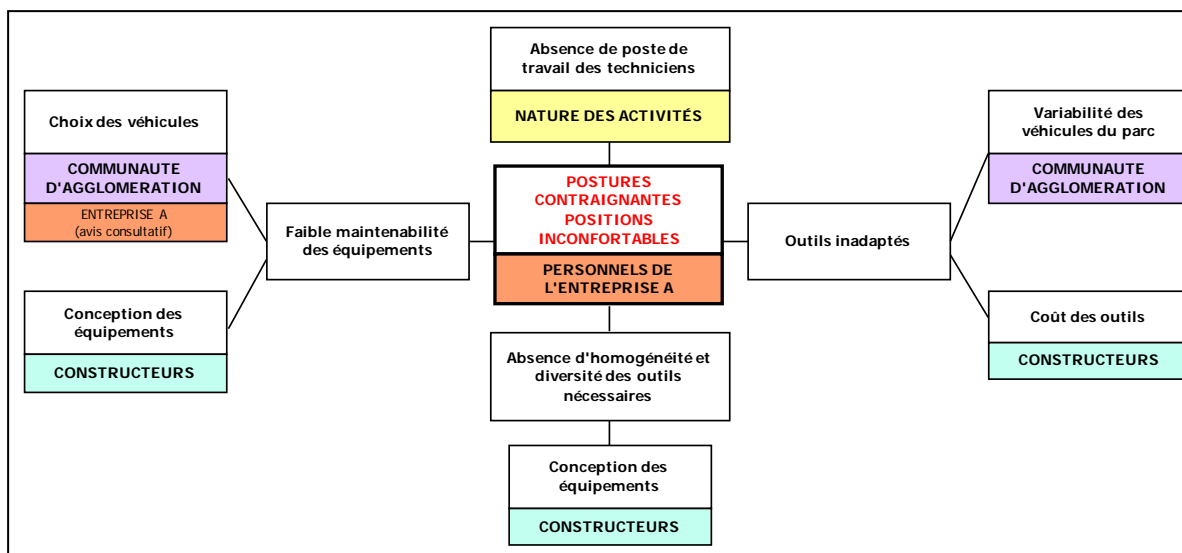


Figure IV. Éléments contribuant aux postures contraignantes et positions inconfortables du technicien et acteurs impliqués (remplacement d'une sonde)

Pour autant, les relations illustrées dans la figure ne peuvent être considérées comme des relations causales entre, par exemple, la sous-traitance de la maintenance d'une part, et les conditions d'intervention des techniciens d'autre part. En effet, la maintenabilité des équipements peut être peu considérée lors de leur acquisition, au sein d'une entreprise n'externalisant pas ses activités de maintenance. Néanmoins, la distance supplémentaire introduite par la relation de sous-traitance entre les acteurs impliqués dans l'acquisition des équipements et ceux impliqués dans la réalisation des interventions n'est pas favorable à la fiabilité et la sécurité, si l'on s'en réfère aux travaux de Favre (1967) sur la notion de zones frontalières.

c - Des régulations collectives des contraintes posturales, spatiales et de position

Les observations mettent en outre en évidence que **les contraintes posturales et de position du technicien⁴⁰ sont, pour une part d'entre elles, compensées par une gestion collective de leurs activités par les opérateurs**. En effet, si les deux opérateurs se répartissent les différentes opérations à effectuer tout au long de la visite de maintenance préventive, il n'est pas rare que l'un ou l'autre des opérateurs sollicite l'aide de son collègue, lui propose ou encore lui apporte spontanément son aide dans la réalisation des activités. Il en résulte des contraintes moins importantes pour celui effectuant l'activité en question, même si cela peut conduire à une interruption dans les activités de travail menées par l'autre. Cette gestion collective peut par exemple permettre :

- de compenser le fait qu'une opération n'est réalisable qu'à partir de zones d'accès différentes, ce qui limite les déplacements à pieds du technicien en charge de l'opération ;
- la manipulation plus aisée de pièces particulièrement lourdes ;
- de compenser une absence de visibilité ou une visibilité partielle sur l'action menée ;
- d'augmenter les possibilités de manipulation.

De la même façon, les contraintes spatiales associées à la réalisation des différentes opérations constitutives de la visite de maintenance préventive (c'est-à-dire les possibilités d'accès aux différentes parties de l'équipement à maintenir selon les différents emplacements de l'atelier⁴¹) sont, pour partie, régulées grâce à des adaptations par les techniciens du déroulement temporel des différentes opérations. Les techniciens organisent ainsi le déroulement temporel de l'ensemble des opérations constitutives de la visite en fonction des contraintes spatiales. De nombreuses phases de coordination des opérateurs sont alors observées. Elles visent à permettre une organisation

⁴⁰ Dans le cas précis, la visite de maintenance préventive était réalisée par le technicien volant et un collègue mécanicien.

⁴¹ L'atelier dispose de quatre travées, équipées de moyens d'accès différents (fosse, pont de levage, colonnes, etc.).

temporelle et une répartition des opérations constitutives de la visite des deux techniciens, qui tiennent compte à la fois :

- des contraintes liées à la maintenabilité intrinsèque et extrinsèque des véhicules (possibilités d'accès en fonction des emplacements) ;
- de la possibilité pour les deux opérateurs d'intervenir simultanément, mais sans se gêner ;
- mais aussi de la durée de chacune de ces opérations, l'objectif étant d'éviter, autant que faire se peut, des périodes d'attente de l'un des techniciens, les opérations restant à mener requérant d'autres accès que ceux nécessités par l'activité menée par le collègue.

Les contraintes posturales, spatiales et de position des techniciens apparaissent ainsi complètement intégrées à leurs activités, jusqu'à contribuer à déterminer l'organisation temporelle de la visite. Cette intégration pourrait concourir à expliquer qu'aucune plainte des techniciens ne soit formulée à ce propos. Les difficultés d'accès présentent même un caractère valorisant pour certains d'entre eux. Elles contribuent en effet à l'aspect non routinier et peu répétitif du travail ("*Quand c'est "tout cuit", c'est pas euh, ça devient la routine, c'est pas intéressant, mais là euh...*"), à la diversité des activités menées, et à mettre les techniciens en situation de résolution de problèmes, qu'il est gratifiant de solutionner ("*et puis, ça permet de réfléchir un peu et puis de trouver des systèmes... C'est bien. C'est vrai que c'est bien*"). Il n'en reste pas moins que ces contraintes posturales et de position peuvent avoir des conséquences néfastes diverses sur la santé.

Type de maintenance concerné

Vingt et une des 22 interventions de maintenance (95,45% d'entre elles), auxquelles les activités des techniciens volants participent, sont de type correctif. Les activités relevant de la maintenance préventive concernent, pour leur part, une seule intervention (soit 4,5%).

Nature des interventions

La répartition des activités relatives aux 22 interventions observées selon leur nature est présentée dans la figure V.

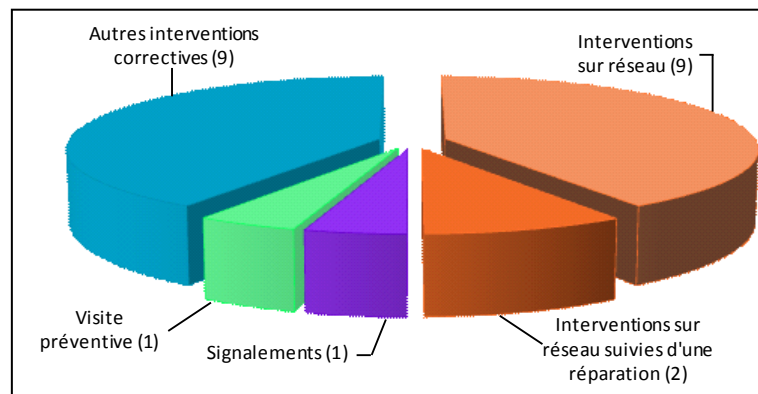


Figure V. Répartition des différentes interventions selon leur nature (effectifs)

Elle montre que :

- 11 de ces interventions constituent des **interventions sur réseau** (interventions de maintenance corrective immédiates). Elles concernent un véhicule en cours d'utilisation par l'exploitation. Le dysfonctionnement est important au sens où il gêne le fonctionnement du véhicule, le service rendu ou présente un caractère de gravité ou de sécurité (cf. Annexe II). Ces dysfonctionnements, après traitement immédiat, donnent lieu dans un deuxième temps à une réparation, immédiate ou non, par le technicien volant ou un autre collègue (interne ou extérieur). Pour 2 des interventions sur réseau observées, le technicien volant réalise ou participe aux réparations relatives aux dysfonctionnements détectés. Pour 9 d'entre elles, les réparations sont prises en charge par un collègue ou reportées ;
- 1 intervention relève du **traitement de signalements** (maintenance corrective différée). Les signalements concernent des véhicules qui ne sont pas en cours d'utilisation par l'exploitation et des dysfonctionnements ne présentant pas un caractère d'urgence immédiat (annexe II) ;
- 9 sont des **interventions correctives "autres"**. Il s'agit notamment des réparations (interventions de maintenance correctives définitives) non immédiates, plus coûteuses en temps et plus complexes que les signalements, et relatives à des véhicules qui ne sont pas en cours d'utilisation. Elles font suite, soit à la détection d'un dysfonctionnement par un technicien de maintenance, soit à une intervention sur réseau les jours précédents les observations ;
- enfin 1 intervention concerne une **visite de maintenance préventive**.

Répartition des différentes interventions sur réseau selon leur nature

Parmi les 11 interventions sur réseau :

- 4 sont des **échanges de véhicules**. Le technicien volant se rend sur place avec un bus de remplacement qu'il échange avec celui du conducteur. Ce sont les régulateurs qui décident des bus de remplacement en tenant compte notamment des véhicules disponibles (liste des bus en atelier à leur disposition), de leur type et des créneaux horaires (heures creuses/pleines ; annexe II) ;

- 2 consistent en des **échanges de matériels**. Ils concernent le matériel embarqué du véhicule (échange d'oblitérateur par exemple) et se font généralement sur le parc ;
- 4 font l'objet d'un **dépannage sur place** ; cas des dépannages sur le réseau ou sur le parc (difficultés de démarrage des véhicules lors de leur prise en main par les conducteurs par exemple) ;
- 1 fait l'objet d'un **dépannage par radio**. Dans ce cas, le technicien volant demande au conducteur de réaliser une manipulation, via la régulation.

Véhicules concernés par les interventions

Les 22 interventions de maintenance identifiées concernent 17 bus différents. Trois véhicules sont concernés par 2 interventions et un par 3 interventions différentes. Parmi ces 17 véhicules, 7 sont des bus standard, 5 des bus standard au gaz, 2 des bus articulés, 2 des bus de moyenne capacité et 1 un minibus. Leur répartition est assez proche de celle qui peut être observée au niveau du parc des véhicules (cf. figure VI).

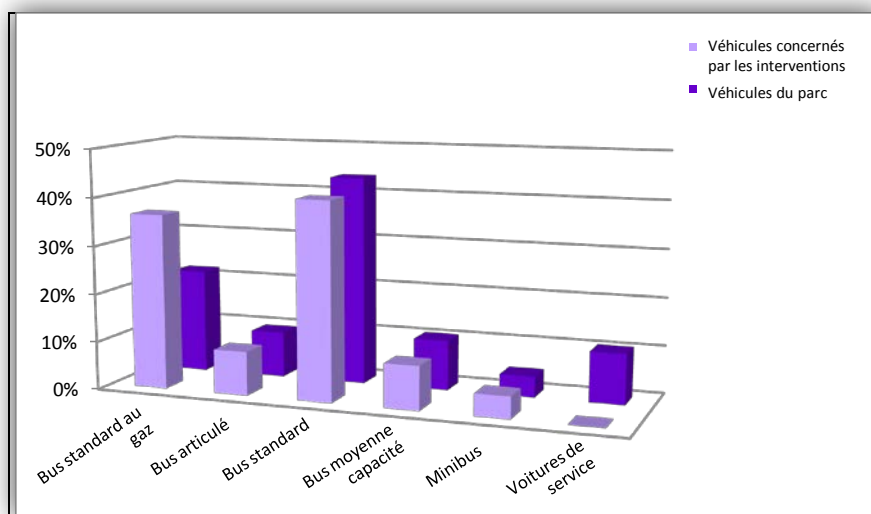


Figure VI. Répartition en pourcentages des véhicules concernés par les interventions et constitutifs du parc

Néanmoins, aucune intervention ne concerne les voitures de service. En outre, les bus standards au gaz sont davantage représentés dans les interventions observées, comparativement aux véhicules du parc. Ces véhicules sont, selon les techniciens et leurs responsables, les moins fiables.

L'ancienneté des véhicules concernés par les interventions apparaît un peu moins importante que celle de l'ensemble du parc de véhicules (médianes respectives : 4,76 vs 6,06 années). La dispersion de l'ancienneté des premiers est légèrement moins importante ($\sigma=5,61$, $\min=0,92$, $\max=19,38$) que celle des seconds ($\sigma=5,73$, $\min=0,69$, $\max=19,38$). Bien que les données recueillies ne puissent être considérées comme représentatives, elles pourraient illustrer un autre phénomène évoqué fréquemment par les techniciens : une moins grande fiabilité des véhicules les plus récents. En outre, les bus au gaz, jugés moins fiables, sont des véhicules assez récents.

ANNEXE VI - EXPLOITATION DE L'ENQUETE SUMER : DESCRIPTION DES ECHANTILLONS ET RESULTATS PLUS DETAILLES

Description des échantillons des personnels de maintenance et de production

Secteurs d'activités

La répartition de ces deux échantillons en fonction des 3 grands secteurs d'activités (agriculture, industrie, tertiaire⁴²) montre notamment **une plus forte proportion des personnels de maintenance dans le tertiaire (50,2%) comparativement aux personnels de production (18,5%)**. Cette tendance est cohérente avec les résultats obtenus pour l'ensemble du domaine maintenance (regroupant les 3 familles professionnelles de maintenance identifiées par la DARES) en France et avec ceux observés en Espagne (Muylaert et al., 2010). Ainsi, 62,3% des personnels de maintenance travaillaient dans le secteur des services en 2003 en France et 68,7% en Espagne. L'examen des deux échantillons selon le code des activités économiques de 2003 en 17 postes montre que cette tendance résulte du fait que les activités de réparation automobile et d'articles domestiques, de même que les activités de maintenance d'autres véhicules (maintenance ferroviaire et aéronautique, par exemple) relèvent des services, tandis que les activités de construction de véhicules automobiles, par exemple, se situent dans l'industrie manufacturière. Ainsi, tandis que plus des deux tiers (67,4%) de l'échantillon des personnels de production se trouvent dans l'industrie manufacturière, un tiers (35,6%) de l'échantillon des personnels de maintenance se situe dans cette dernière, plus d'un quart (27,7%) concerne le commerce, la réparation d'automobiles et d'articles domestiques, et 11,4% les transports et communications. Cette tendance pourrait également s'expliquer par une "tertiarisation" des activités de maintenance, résultant de l'externalisation de ces activités. Selon plusieurs travaux (SESSI, 2001 ; Djamié, 2007 ; Nicot & Rahou, 2007), la maintenance serait en effet la fonction, la plus largement externalisée.

Familles professionnelles

Les deux échantillons se distinguent du point de vue des familles professionnelles. Tandis que l'échantillon des personnels de maintenance concerne principalement 3 des 86 familles professionnelles de l'enquête (67,2% de l'échantillon relève des "ouvriers de la réparation automobile", des "ouvriers qualifiés de la maintenance", et des "techniciens et agents de maîtrise de la maintenance et de l'organisation"), **l'échantillon des personnels de production se répartit plus équitablement sur l'ensemble des familles professionnelles** (la famille professionnelle la plus représentée ne concerne que 8,1% de ces personnels). Ceci résulte sans aucun doute des méthodes de constitution de ces deux échantillons, l'un d'entre eux reposant sur un examen précis après sélection de variables en lien avec la maintenance, l'autre sur une sélection aléatoire à partir d'une modalité d'une variable plus large (fonction principale exercée).

Qualifications

Les personnels de maintenance ont globalement des qualifications plus élevées que ceux de production : 40,2% des premiers relèvent des professions intermédiaires et 56,8% des ouvriers, tandis que ces chiffres sont respectivement de 17,8% et 76,5% pour l'échantillon des personnels de production ($\chi=363,2$, $p<.0005$). Ceci paraît vraisemblablement refléter la réalité, de nombreux personnels de maintenance étant techniciens.

Statut de l'emploi

Pour ce qui est du statut de l'emploi, les personnels des deux échantillons sont majoritairement en CDI (90% pour la production et 92,7% pour la maintenance). Toutefois, **davantage d'intérimaires et de CDD constituent l'échantillon des personnels de production, tandis que davantage d'apprentis constituent celui des personnels de maintenance** ($\chi=50,6$, $p<.0005$). On soulignera que l'enquête ne permet pas d'identifier le fait que les personnels soient ou non sous-traitants.

⁴² Rappelons que le secteur de la construction n'a pas été retenu.

Temps de travail

Aucune différence notable quant au temps de travail, complet ou partiel ($\chi=0,2$, $p>.06$), n'est observée.

Comparaison des expositions professionnelles des personnels de maintenance et de production

Ambiances et contraintes physiques

AMBIANCES ET CONTRAINTES PHYSIQUES			
Nature des expositions	Echantillon des personnels de maintenance	Echantillon des personnels de production	Ensemble des familles professionnelles
Nuisances sonores	69,2% (1957) $\chi=5,98$ $p<.02^*$	66,1% (1871)	31,9%**
Nuisances thermiques	35% (989) $\chi=2,13$ $p<.02$	33,1% (937)	20,7%
▪ Travail à l'extérieur, exposé aux intempéries	24,2% (685) $\chi=81,4$ $p<.0005$	14,7% (418)	12,5%
Radiations ou rayonnement	13,9% (394) $\chi=35,2$ $p<.0005$	8,9% (252)	4,1%
Situations avec contraintes visuelles	55,5% (1570) $\chi=98,4$ $p<.0005$	42,3% (1197)	55,3%
Manutention manuelle de charges	57,4% (1623) $\chi=0,83$ $p<.05$	56,2% (1589)	42,8%
Contraintes posturales et articulaires	88,4% (2502) $\chi=0,71$ $p<.05$	89,2% (2522)	71,8%
▪ Position debout, piétinement	66,6% (1883) $\chi=43,5$ $p<.0005$	74,6% (2109)	48,9%
▪ Déplacements à pieds	67,1% (1897) $\chi=9,25$ $p<.01$	63,2% (1788)	43,5%
▪ Position à genoux	55,1% (1559) $\chi=964,7$ $p<.0005$	15,6% (442)	14,9%
▪ Position fixe de la tête et du cou	27,8% (787) $\chi=91,8$ $p<.0005$	17,2% (486)	22,5%
▪ Maintien des bras en l'air	41,5% (1174) $\chi=419,5$ $p<.0005$	16,8% (474)	15,2%
▪ Autres contraintes posturales (accroupi, en torsion, etc.)	58,8% (1664) $\chi=491,3$ $p<.0005$	29,5% (836)	24,9%
▪ Répétition d'un même geste	10,9% (307) $\chi=335,1$ $p<.0005$	30,6% (865)	16,9%
Travail avec machines et outils vibrants	44,5% (1259) $\chi=291,1$ $p<.0005$	23,1% (652)	12%
Conduite	58,4% (1652) $\chi=363$ $p<.0005$	33,2% (938)	33,3%

* Les résultats des tests concernent la comparaison des deux échantillons (maintenance et production), sans les valeurs manquantes
** Les résultats concernant l'ensemble des familles professionnelles sont issus du rapport de l'équipe SUMER (2006)

Tableau III. Expositions aux ambiances et contraintes physiques des personnels de maintenance et de production

Agents biologiques et chimiques

Aucune différence notable entre ces deux catégories de personnels n'est observée du point de vue de l'exposition générale à des agents biologiques ($\chi=0,25$, $p>.06$). Par contre, **les personnels de maintenance apparaissent plus fréquemment exposés à un ou plusieurs agents chimiques** ($\chi=48,6$, $p<.0005$), tels que les gaz d'échappement, fumées de soudage ou essence automobile ; ce qui tend à confirmer les travaux de Coutrot et al. (2006).

Contraintes organisationnelles et relationnelles

Caractéristiques du temps de travail

On soulignera simplement la **plus grande proportion de personnels de production à déclarer travailler en horaires postés** (40,9% vs 20,4%, ($\chi=280,6$, $p<.0005$), tandis que **les personnels de maintenance travaillent plus fréquemment le dimanche ou les jours fériés** (40,6% vs 34,4%, $\chi=22,83$, $p<.0005$) et effectuent davantage d'astreintes (30% vs 9,1%, $\chi=395,38$, $p<.0005$).

Contraintes de rythmes de travail

Les exigences à l'origine de ces rythmes, évoquées dans l'enquête, ne sont guère adaptées aux activités de maintenance (rythme imposé par le déplacement d'un produit ou une pièce, par la cadence automatique d'une machine ou par des normes de production à respecter, par exemple). La même observation peut être effectuée pour la dimension "polyvalence", dans la mesure où elle concerne exclusivement le fait d'être amené à effectuer des rotations sur différents postes, et non pas la mobilisation de compétences relevant de domaines différents (électricité, mécanique, électronique, par exemple). On retiendra par conséquent essentiellement (tableau IV), d'une part, le fait que **les interruptions de tâches sont significativement plus nombreuses pour les personnels de maintenance que ceux de production** (respectivement 66,4% vs 46,6%, $\chi=226,28$, $p<.0005$) et d'autre part, **l'impossibilité déclarée à faire varier les délais plus importante pour les seconds que pour les premiers** (respectivement 44% vs 25,3%, $\chi=315,02$, $p<.0005$). Quant au fait d'être contraint de se dépêcher, les résultats montrent des tendances contrastées : les personnels de maintenance estimant ne jamais devoir se dépêcher sont bien moins nombreux que ceux de production, alors que ces derniers déclarent plus souvent devoir toujours le faire. Le cumul des modalités "toujours", "souvent" et "parfois" met toutefois en évidence des **contraintes temporelles globalement plus importantes pour les personnels de maintenance**, avec 88,3% vs 82,2% pour les personnels de production.

Autonomie et marges d'initiative

Les résultats révèlent une **plus grande autonomie et des marges d'initiative plus importantes des personnels de maintenance** dans la résolution d'incidents et dans l'organisation de l'ordre des tâches, comparativement aux personnels de production (tableau IV), mais également **des conséquences plus importantes d'une erreur** des premiers, à la fois en termes financiers, de qualité, de sécurité ou de sanctions. Ces résultats nous paraissent témoigner d'une part, de la nature des activités concernées (incertitude et caractère peu routinier des activités de maintenance exigeant le développement de stratégies d'adaptation ou d'organisation temporelle du travail variées), et d'autre part, des relations étroites qu'entretiennent la maintenance et la sécurité (accidents liés à des manquements dans la maintenance par exemple).

Aspects collectifs du travail

Les possibilités de discussion avec la hiérarchie ou les collègues, en cas de désaccord sur la façon de travailler, **ne distinguent pas de façon majeure les deux populations**, lorsque les modalités "oui, facilement" et "oui difficilement" sont cumulées (possibilités de discussion avec la hiérarchie : 94% pour les personnels de production vs 95,8% pour ceux de maintenance ; avec les collègues : 92,1% et 94,3% respectivement).

Par contre, **les moyens dont disposent les personnels de maintenance pour effectuer leur travail sont jugés significativement plus fréquemment insuffisants par comparaison aux personnels de production**, qu'il s'agisse des informations ou des moyens matériels à leur disposition, du nombre de leurs collègues ou de leur formation. Seule leur possibilité de coopérer apparaît significativement

CONTRAINTES ORGANISATIONNELLES ET RELATIONNELLES			
Nature des contraintes*	Echantillon des personnels de maintenance	Echantillon des personnels de production	Ensemble des familles professionnelles
Contraintes de rythmes de travail			
▪ Interruption d'une tâche pour une autre non prévue	66,4% (1878)	46,6% (1317)	58,1%***
	$\chi=226,28$ p<.0005**		
▪ Obligation de se dépêcher :			
toujours	8,1% (230)	12,2% (345)	12,3%
souvent	26,4% (746)	22,8% (645)	
parfois	53,7% (1517)	47,1% (1330)	
jamais	11,7% (331)	17,8% (504)	
	$\chi=78,46$ p<.0005		
▪ Impossibilité de faire varier les délais	25,3% (711)	44% (1233)	36,4%
	$\chi=315,02$ p<.0005		
Autonomie et marges d'initiative			
▪ Action en cas d'incident			
- règlement personnel	63,1% (1782)	51% (1438)	22,4%
- règlement personnel dans des cas précis	21,5% (607)	24,3% (687)	
- appel à d'autres	15,4% (434)	24,7% (697)	
	$\chi=102,85$ p<.0005		
▪ Possibilité de changer l'ordre des tâches			
- tout le temps	28,6% (809)	20% (564)	14,8%
- selon les tâches	56,4% (1593)	46,3% (1320)	
- non	8,3% (234)	25,6% (722)	
- sans objet	6,7% (189)	7,7% (219)	
	$\chi=320,61$ p<.0005		
▪ Conséquences d'une erreur :			
- grave pour la qualité du produit/service	88,6% (2491)	82,4% (2323)	69%
	$\chi=42,87$ p<.0005		
- coûts financiers importants	83,5% (2341)	73,2% (2052)	58,1%
	$\chi=88,17$ p<.0005		
- grave pour la sécurité	77,1% (2159)	50,8% (1426)	36,8%
	$\chi=420,36$ p<.0005		
- sanctions	57,6% (1601)	47,8% (1331)	47%
	$\chi=54,63$ p<.0005		
Collectif de travail			
▪ Pour l'effectuation correcte du travail, avez-vous :			
- informations insuffisantes	22,9% (645)	14,9% (420)	18,7%
	$\chi=58,50$ p<.0005		
- nombre de collègues insuffisants	26,8% (750)	19,8% (551)	25,7%
	$\chi=38,20$ p<.0005		
- impossibilité de coopérer	3,8% (106)	6,5% (183)	-
	$\chi=21,83$ p<.0005		
- moyens matériels inadaptés et insuffisants	26,5% (747)	22,4% (628)	20,4%
	$\chi=13,19$ p<.0005		
- formation inadaptée et insuffisante	24,72% (695)	17,25% (485)	19,7%
	$\chi=47,39$ p<.0005		
* Toutes les contraintes organisationnelles et relationnelles ne sont pas présentées ici.			
** Les résultats des tests concernent la comparaison des deux échantillons (maintenance et production), sans les valeurs manquantes			
*** Les résultats concernant l'ensemble des familles professionnelles sont issus du rapport de l'équipe SUMER (2006)			

Tableau IV. Contraintes organisationnelles et relationnelles des personnels de maintenance et de production

plus importante que celle des opérateurs de production (tableau IV). Ces résultats tendent à confirmer certaines des observations effectuées lors de travaux antérieurs de l'INRS, comme les difficultés à disposer des pièces de rechange nécessaires, des outils adaptés aux pièces ou aux accès permis par les équipements, ou encore les difficultés liées à la réalisation de certaines interventions par un technicien seul.

Comparaison des scores au questionnaire de Karasek des personnels de maintenance et de production

Éléments de présentation du questionnaire de Karasek (Job Content Questionnaire)

Ce questionnaire évalue, grâce à 26 questions (dans l'enquête SUMER 2003), trois dimensions de l'environnement psychosocial au travail, telles qu'elles sont ressenties par les salariés (Guignon, Niedhammer & Sandret, 2008 ; Langevin et al., 2011) :

- la demande psychologique (exigences psychologiques du travail) : quantité et rapidité du travail ; complexité-intensité ; morcellement-prévisibilité ;
- la latitude décisionnelle (possibilité de prendre des décisions, d'être créatif) : marges de manœuvre ; utilisation actuelle des compétences ; développement des compétences ;
- le soutien social : soutien professionnel d'une part, et émotionnel d'autre part, par les supérieurs et les collègues.

Le "*job strain*" ("tension au travail") est défini comme une situation caractérisée par une forte demande psychologique (supérieure à la médiane ; i.e. les exigences du travail sont importantes) et une faible latitude décisionnelle (inférieure à la médiane ; les ressources disponibles pour faire face aux exigences sont insuffisantes). Dans ces situations, les risques de répercussions négatives sur la santé sont considérés importants.

Le soutien social module le déséquilibre forte demande psychologique/faible latitude décisionnelle. L'"*isostrain*" est ainsi la combinaison d'une situation de "*job strain*" associée à un faible soutien social. Le "*job strain*" est alors aggravé : les salariés "tendus", et qui ne peuvent pas compter sur leur entourage professionnel, sont dans des situations potentiellement encore plus négatives pour leur santé. Ce modèle permet de situer les salariés sur un graphique défini par 2 axes correspondant à la médiane de chaque score, l'un concernant la demande psychologique, l'autre la latitude décisionnelle.

Demande psychologique

Les personnels de maintenance ont en moyenne un score plus élevé que les personnels de production (21,49 vs 21,11 respectivement, $=-2,36$, $p<.02$). Les exigences du travail des premiers apparaissent donc plus fortes que celles des seconds. L'examen des 3 dimensions constitutives de la demande psychologique révèle que ce résultat est lié à la complexité et l'intensité du travail des personnels de maintenance d'une part (score de 7,08 vs 7,01 pour les personnels de production, $=-1,03$, $p<.05$), mais surtout au morcellement et manque de prévisibilité de leurs tâches (avec respectivement des scores de 7,41 vs 6,96, $=-6,38$, $p<.0005$). Par contre, les exigences du travail en termes de quantité et de rapidité sont plus importantes pour les personnels de production que pour ceux de maintenance (respectivement 7,14 vs 6,99, $=2,31$, $p<.05$).

Latitude décisionnelle

Les scores de latitude décisionnelle sont également en moyenne plus élevés pour les personnels de maintenance que pour ceux de production (respectivement 73,76 vs 68,51, $=-12,57$, $p<.0005$). Leur autonomie est donc significativement plus importante, et cela quelles que soient les dimensions constitutives de cette dernière : qu'il s'agisse de leurs marges de manœuvre (9,30 vs 8,68, $=-9,32$, $p<.0005$), de l'utilisation actuelle de leurs compétences (8,62 vs 7,78, $=-14,70$, $p<.0005$) ou du développement de ces dernières (9,67 vs 9,11, $=-8,80$, $p<.0005$).

Situation des salariés sur les deux axes

Les personnels de maintenance se situent ainsi parmi les "actifs", c'est-à-dire les professions déclarant à la fois une forte demande psychologique et une forte latitude décisionnelle. Par contre, **les personnels de production se situent dans le cadran "tendus"**, c'est-à-dire dans des situations de

travail où la demande psychologique, bien que moindre que celle des personnels de maintenance, est supérieure à la médiane observée pour l'ensemble des personnels de l'enquête SUMER 2003, et où leur latitude décisionnelle est inférieure à la médiane. **Les personnels de production sont donc davantage exposés au "job strain" que leurs collègues de maintenance** (30,3% vs 21,2% respectivement, $\chi=28,5$, $p<.0005$), et donc davantage susceptibles d'être soumis à des risques de répercussions négatives sur leur santé.

Soutien social

Du point de vue du soutien social, les scores des deux échantillons de personnels sont proches de la médiane observée (23,3) pour l'ensemble des personnels de l'enquête SUMER 2003 (avec 23,8 pour les personnels de maintenance et 23,5 pour ceux de production) et **ils ne se distinguent pas significativement** ($=-1,85$, $p>.06$). Par contre, l'examen des dimensions constitutives de ce soutien montre qu'il est de nature très différente dans un cas et dans l'autre. Tandis que **les personnels de production bénéficient d'un plus fort soutien de leurs supérieurs** à la fois sur le plan professionnel (scores de 5,69 vs 5,65, $=0,87$, $p<.04$) et émotionnel (scores de 5,62 vs 5,57, $=0,93$, $p<.04$) comparativement aux **personnels de maintenance**, ces derniers **sont davantage soutenus par leurs collègues** sur ces deux plans (soutien professionnel : 6,35 vs 6,16, $=-4,49$, $p<.0005$, soutien émotionnel : 6,21 vs 6,06, $=-3,70$, $p<.0005$) comparativement aux personnels de production. Ainsi, 19,3% des personnels de production sont en situation d'"*isostrain*", contre 12,9% pour les personnels de maintenance ($\chi=19,14$, $p<.0005$).

ANNEXE VII - COMPLEMENTS RELATIFS AU RESEAU D'ENTREPRISES IMPLIQUEES DANS LA MAINTENANCE DES VEHICULES

Le réseau dans lequel l'entreprise A s'insère du point de vue de la maintenance des véhicules (figure 6) doit être complété sur quelques points. En effet, certaines interventions de maintenance des véhicules sont externalisées, non pas par le service maintenance, mais directement par la communauté d'agglomération, dans la mesure où cette dernière est détentrice des véhicules. Les interventions de maintenance concernées relèvent exclusivement de la maintenance à échelle majeure (Grusenmeyer, 2000). Il s'agit :

- **des opérations de rénovations et de réfections complètes des bus** menées à mi-durée de vie des véhicules. L'externalisation est gérée directement par la communauté d'agglomération, dans la mesure où ces opérations visent la pérennisation des véhicules dont elle est propriétaire, et où ces rénovations totales sont très coûteuses. Ces opérations sont prises en charge par une entreprise extérieure sur le site de cette dernière, dans le cadre d'une sous-traitance externe ou d'une prestation de service ;
- **d'opérations de maintenance améliorative**. Ainsi, un système d'aide à l'exploitation était, au moment des observations, en cours d'installation dans chacun des bus par une entreprise extérieure. L'installation du système et sa maintenance faisaient l'objet d'une relation d'externalisation (sous-traitance interne, puis garantie pendant 1 an) entre la communauté d'agglomération et l'entreprise extérieure chargée de l'implantation du système.

La figure VII complète le réseau d'entreprises impliquées dans la maintenance des véhicules sur ces deux points. On soulignera qu'**aucune relation formalisée n'existe donc entre ces entreprises extérieures et le service de maintenance interne de l'entreprise A**. Il n'y a pas de cadre formel qui lie les entreprises extérieures de la communauté d'agglomération et l'entreprise A, elle-même entreprise extérieure de la communauté d'agglomération, ni de lien formel entre les premières et les entreprises extérieures du service de maintenance interne de l'entreprise A.

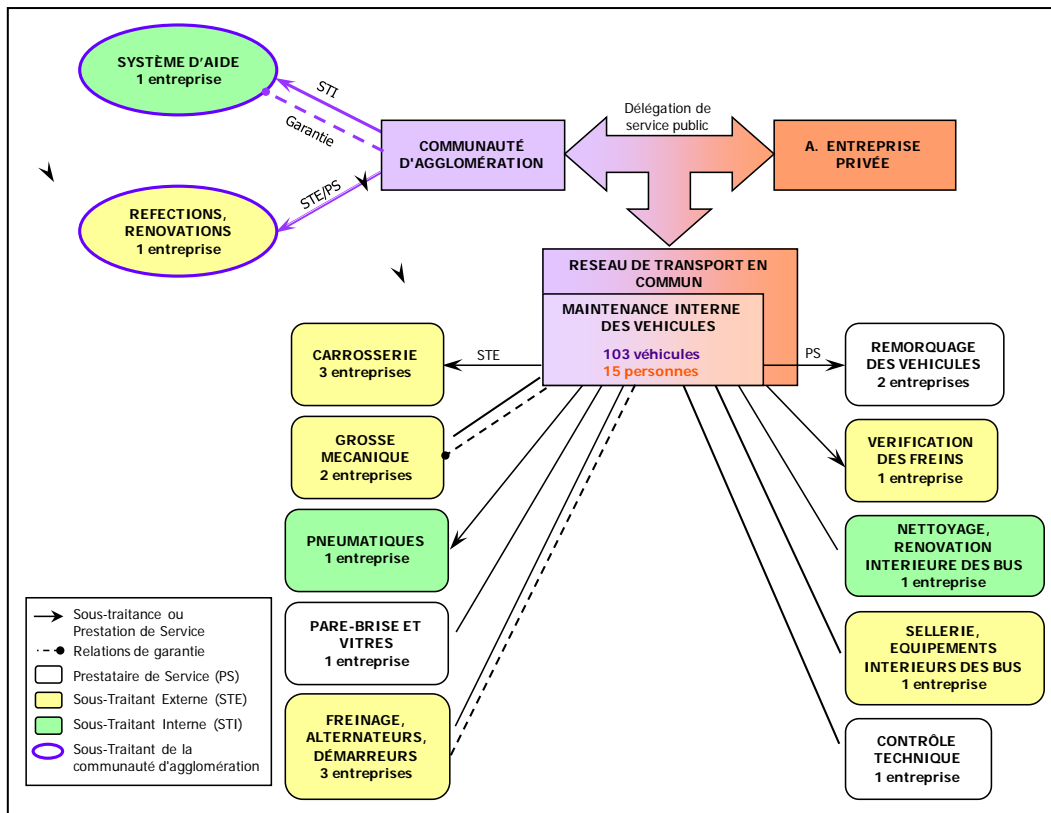


Figure VII. Ensemble du réseau d'entreprises impliquées dans la maintenance des bus quelle que soit l'entreprise utilisatrice

ANNEXE VIII- PRISE EN CHARGE ET MOTIFS D'EXTERNALISATION DES INTERVENTIONS

NATURE DES INTERVENTIONS TYPE DE MAINTENANCE	PRISE EN CHARGE		MOTIFS D'EXTERNALISATION OU NON
	INTERNE	EXTERNALISATION	
Carrosserie (panneaux extérieurs) <i>Correctif</i>	–	Totale	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Coût des équipements (cabine de peinture) ▪ Coût de leur maintien aux normes ▪ Nombre de personnels nécessaires (2 carrossiers) du fait du nombre d'interventions (<i>environ 15 accrochages par mois</i>) ▪ Absence de compétences en interne ▪ Spécialisation des personnels extérieurs
Grosses interventions de mécanique (grosses réparations) <i>Correctif</i>	x	Majoritaire	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Moindre coût financier de l'externalisation de certaines de ces opérations ▪ Coût plus important d'une réparation externalisée de certaines de ces opérations (boite de vitesse) ▪ Intérêt financier représenté par la garantie (1 an) associée à l'intervention ▪ Espace et nombre d'emplacements limités dans l'atelier ▪ Outillages requis faisant quelquefois défaut en interne ▪ Compétences existantes en interne, mais effectifs insuffisants ▪ Durée importante nécessitée par certaines de ces interventions ▪ Rotation du personnel interne rendant difficile la réalisation de certaines de ces interventions, du fait de leur durée ▪ Temps libéré en interne pour réaliser de la maintenance préventive ▪ Délai d'obtention des pièces plus important dans le cas d'une commande en interne ▪ Externalisation évaluée en fonction de la durée probable de l'intervention
Pneumatiques <i>Correctif/Préventif</i>	–	Totale	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Facilité à planifier le budget de maintenance correspondant, le coût du contrat étant fonction du nombre de kilomètres parcourus, élément précisé dans le cadre de la délégation de service public ▪ Budget très important : plus de 600 pneus à maintenir ▪ Nombre de personnels internes nécessaires (1 technicien à temps plein), du fait du nombre important d'interventions ▪ Obligation contractuelle de résultats (transfert de la responsabilité de l'état des pneumatiques) ▪ Forte spécialisation du technicien extérieur, gage de qualité et de sécurité ▪ Habilitation du technicien extérieur à retailler les pneumatiques
Interventions importantes sur les freins, alternateurs et démarreurs <i>Correctif</i>	x	Majoritaire	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Moindre coût des échanges réparables* en comparaison des échanges standards à neuf ▪ Garantie des pièces en termes de sécurité et de qualité ▪ Espace et nombre d'emplacements limités dans l'atelier ▪ Outillages requis faisant quelquefois défaut en interne ▪ Compétences en interne ▪ Durée importante nécessitée par certaines de ces interventions ▪ Rotation du personnel interne rendant difficile la réalisation de certaines de ces interventions, du fait de leur durée ▪ Rapidité d'obtention des pièces dans le cas des échanges réparables externalisés ▪ Délai d'obtention des pièces plus important dans le cas d'une commande en interne ▪ Rapidité de l'échange standard ou de l'échange réparable en comparaison du temps nécessaire à la réparation de la pièce ▪ Réactivité importante du fait de la proximité des entreprises, dans le cas des partenaires locaux
Remorquage des véhicules <i>Correctif</i>	x	Majoritaire	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Coût financier d'une astreinte d'un technicien interne le dimanche plus important qu'un remorquage mené par une entreprise extérieure, sachant que les anomalies grevant la disponibilité des véhicules sont rares à ces périodes (peu de bus le dimanche) ▪ Nécessité de disposer de véhicules de remorquage spécifiques pour les bus de grand gabarit (convoi exceptionnel) ▪ Possibilité en interne de remorquer les petits véhicules avec une barre de remorquage ▪ Forte spécialisation des personnels extérieurs ▪ Horaires du personnel interne : absence de technicien le dimanche ▪ Prise en charge des échanges de véhicules par le régulateur en poste le dimanche ▪ Entreprises extérieures agréées ▪ Habilitation des entreprises extérieures à transporter un véhicule lourd sur le périmètre de transport urbain (autorisations spécifiques, dérogations de circulation et homologations nécessaires)

Tableau V. Prise en charge et motifs d'externalisation des interventions selon leur nature

Contrôle d'efficacité des freins	–	Totale	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Espace limité dans l'atelier, ne permettant pas l'installation d'un banc de freinage ▪ Matériels de mesure de l'entreprise extérieure identiques à ceux utilisés pour les contrôles techniques ▪ Nombre de personnels internes nécessaires, du fait du nombre important d'interventions de ce type (plus de 200 contrôles de freinage par an) ▪ Souhait de s'assurer de la qualité du freinage (et d'effectuer les réparations nécessaires) avant le passage du véhicule au contrôle technique ▪ Souhait de contrôler régulièrement le freinage des véhicules pour des raisons de sécurité ▪ Centres externes agréés garantissant la qualité de la prestation ▪ Contrôle technique à réaliser deux fois par an pour chaque véhicule (soit plus de 200 contrôles par an)
<i>Préventif</i>			
Grand nettoyage et rénovation intérieurs des bus	–	Totale	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Souhait de réaliser trois rénovations intérieures de chacun des véhicules dans l'année ▪ Nombre de personnels internes nécessaires, du fait du nombre important d'interventions de ce type (trois rénovations intérieures par véhicule dans l'année, soit 309 rénovations par an) ▪ Temps libéré en interne pour réaliser de la maintenance préventive et/ou corrective ▪ Opérations réalisées le matin et en fin de journée (17h30-23h30) afin de ne pas grever la disponibilité des véhicules (peu compatibles avec le système de rotation, les horaires et les effectifs du personnel interne)
<i>Préventif</i>			
Sellerie	–	Totale	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Garantie probable sur l'intervention ▪ Probablement, outillages requis ▪ Spécialisation des personnels extérieurs ▪ Proximité de l'entreprise extérieure (partenaire local) ▪ Temps libéré en interne pour réaliser de la maintenance préventive et/ou corrective
<i>Correctif</i>			
Maintenance des pare-brise et vitres	–	Totale	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Garantie probable sur les pièces et l'intervention ▪ Probablement, outillages requis ▪ Forte spécialisation des personnels extérieurs ▪ Opportunité de faire réaliser ces interventions menées par une entreprise extérieure dans l'atelier ▪ Rapidité d'obtention des pare-brise et vitres par l'entreprise extérieure ▪ Réactivité importante de l'entreprise extérieure (du jour pour le lendemain)
<i>Correctif</i>			
Contrôle technique	–	Totale	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Matériels de mesure de l'entreprise extérieure spécifiques ▪ Centres externes agréés garantissant la qualité de la prestation ▪ Contrôles techniques : gage de qualité et de sécurité vis-à-vis des voyageurs ▪ Contrôle technique à réaliser deux fois par an pour chaque véhicule (soit plus de 200 contrôles par an) ▪ Obligation légale d'effectuer les contrôles dans un organisme indépendant et agréé
<i>Préventif</i>			
Visites programmées, préparations au contrôle technique, préparations mines, réalisation des niveaux sur le parc	Totale	–	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Compétences en interne ▪ Souhait de réaliser de la maintenance préventive en interne ▪ Visites : interventions déterminantes pour la durée de vie du moteur du véhicule ▪ Moyen de détection de dysfonctionnements ou d'anomalies ▪ Visites programmées nombreuses (tous les 15 à 20.000 km, soit 200 visites dans l'année) ▪ Souhait de s'assurer de l'état des véhicules (et d'effectuer les réparations nécessaires) avant le passage au contrôle technique ou aux mines ▪ Qualité des interventions préventives menées en interne ▪ Sécurité des voyageurs
<i>Préventif</i>			
Réparations et dépannages mécaniques, électriques, électroniques des véhicules et leurs équipements	Majoritaire	x	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Garantie lors de l'acquisition du véhicule ▪ Coût très important d'un contrat de maintenance relatif à la vidéosurveillance ▪ Compétences en interne : mécanique, électricité, électronique ▪ Rapidité d'intervention en interne ▪ Rapidité de l'échange standard par une entreprise extérieure pour certaines pièces ▪ Réactivité importante permise par une prise en charge interne de ces opérations ▪ Délai important de réparation pour certaines interventions externalisées (radios par exemple)
<i>Correctif</i>			

Tableau V. Prise en charge et motifs d'externalisation des interventions selon leur nature (*suite*)

Interventions sur la partie gaz des véhicules et Contrôles par Inspection Détaillée (CID)	Totale	-	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Garantie et service après-vente, proposés sur la partie gaz des véhicules, non honorés ▪ Absence de compétences externes dans la région ▪ Compétences en interne (formation de plusieurs techniciens) ▪ Interventions nécessitant l'acquisition d'un diplôme spécifique ▪ Souhait de développer ces compétences en interne (formation de plusieurs techniciens)
<i>Correctif/Préventif</i>			<ul style="list-style-type: none"> ▪ Souhait d'autonomie et de souplesse sur ces interventions, étant donné la très grande spécificité (et par conséquent, la rareté) des compétences requises par de telles interventions
Interventions sur les articulations des véhicules	-	Totale	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Coût important de l'externalisation de ces interventions ▪ Garantie probable sur l'intervention ▪ Outillages requis faisant défaut en interne ▪ Espace et nombre d'emplacements limités dans l'atelier ▪ Absence de compétences internes ▪ Compétences en externe ▪ Durée importante et complexité des interventions correctives sur les articulations ▪ Effectifs insuffisants étant donné la durée de ces interventions ▪ Rotation du personnel interne rendant difficile la réalisation de ces interventions, du fait de leur durée
<i>Correctif/Préventif</i>			
<p>* L'échange réparable est proche d'un échange standard. Il désigne le remplacement, dans un ensemble mécanique ou autre, d'une partie usée ou détériorée, par son équivalent remis à neuf ou reconstruit. Cet échange se fait moyennant le prix de la rénovation. Il peut bénéficier d'une garantie de qualité et de sécurité comparable à celle d'un matériel neuf.</p>			

Tableau V. Prise en charge et motifs d'externalisation des interventions selon leur nature (*suite*)

Annexe IX. - DISTRIBUTION DES INTERVENTIONS DES TECHNICIENS VOLANTS SELON LEUR LIEU PRINCIPAL

La figure VIII montre la distribution des 22 interventions de maintenance selon le lieu principal des activités des techniciens volants.

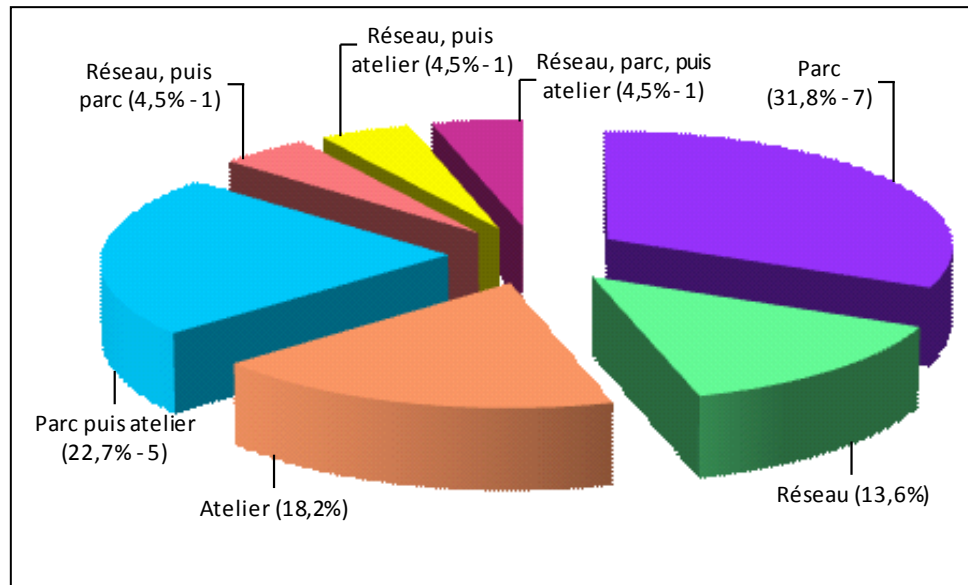


Figure VIII. Distribution des différentes interventions selon le lieu principal de réalisation des activités (effectifs)

Ces résultats montrent que :

- des interventions fréquentes (31,8%) des techniciens volants ont lieu sur le parc des véhicules ou à l'extérieur du garage. La plupart d'entre elles concernent des interventions sur réseau, généralement de courte durée, pour lesquelles les techniciens interviennent lors de la prise en main de son véhicule par le conducteur, ou alors que ce dernier effectue son service (dépannage par téléphone, par exemple). Néanmoins, deux de ces interventions concernent des interventions correctives, nécessitant un temps de travail plus important ;
- 5 interventions (22,7%) font l'objet d'un premier traitement sur le parc des véhicules (pré-diagnostic, voire diagnostic de la panne, vérification des signalements détectés par les conducteurs), puis d'un diagnostic plus approfondi et/ou d'une réparation dans l'atelier. Le premier traitement sur parc permet le pré-diagnostic ou diagnostic, sans investir un des emplacements de l'atelier, puis la détermination de la travée la plus adaptée, au regard du diagnostic et/ou de la réparation à réaliser ;
- 4 interventions (18,2%) sont essentiellement menées dans l'atelier (visite de maintenance préventive ou interventions correctives, ayant pour la plupart déjà fait l'objet d'un diagnostic) ;
- pour 3 interventions, le lieu principal des activités est le réseau. Le diagnostic ou pré-diagnostic du dysfonctionnement est réalisé par les techniciens lors de leur déplacement sur le réseau, et son traitement peut être assuré dans un second temps par un autre intervenant ;
- enfin, des situations mixant ces différents lieux sont observées (par exemple, échange de véhicules, dépannage et pré-diagnostic sur le réseau ; diagnostic sur le parc des véhicules ; puis réparation dans l'atelier) ; en outre, les techniciens peuvent être amenés à changer d'emplacement de travail dans l'atelier-même, selon l'évolution de la réalisation de l'intervention.

Annexe X. - DUREE DE CONTRIBUTION DES TECHNICIENS VOLANTS A LA REALISATION DES 22 INTERVENTIONS

La durée de contribution des techniciens volants à la réalisation des 22 interventions est présentée dans la figure IX.

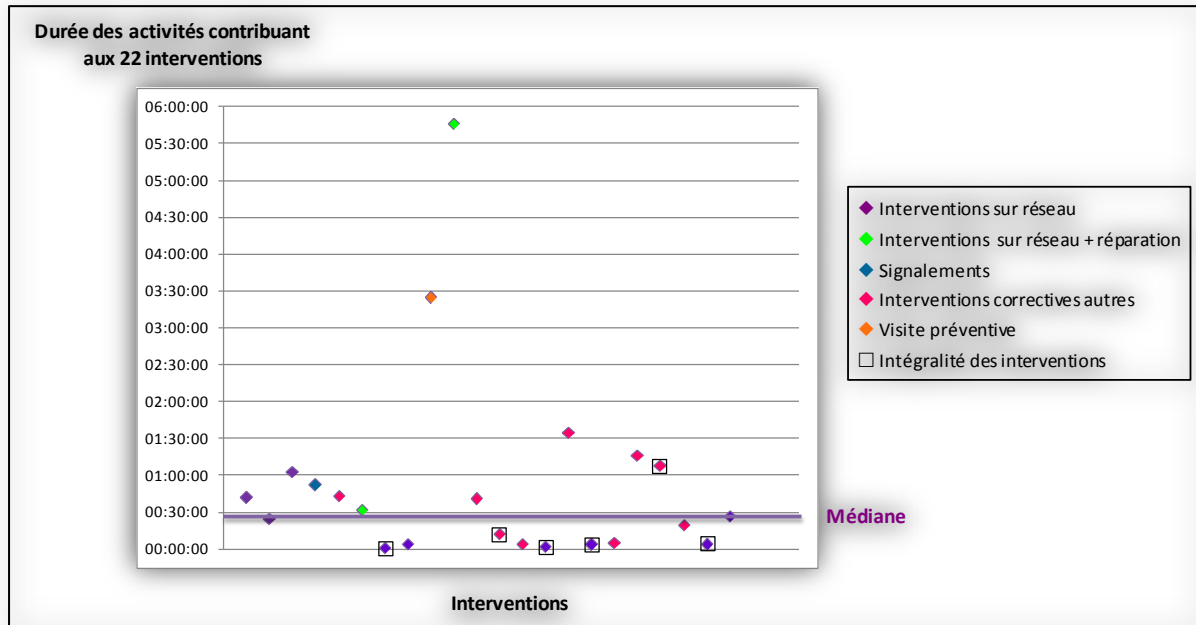


Figure IX. Durée des activités des techniciens volants contribuant à la réalisation des 22 interventions

Ces résultats mettent en évidence une durée médiane des contributions des techniciens volants aux 22 interventions relativement courte, puisque celle-ci est inférieure à la demi-heure (médiane = 29mn17). Ils tendent par conséquent à conforter les observations selon lesquelles ces opérateurs contribuent à la réalisation des différentes interventions de façon morcelée. De fortes variations de la durée de leurs contributions sont également à souligner, le minimum observé étant de 55 secondes, tandis que le maximum est de 5 heures 45.

Annexe XI. - REPRESENTATIONS DES REPARTITIONS DES ACTIVITES OBSERVEES ENTRE LES DIFFERENTS ACTEURS AU REGARD DE LA DIACHRONIE DES INTERVENTIONS

Les figures suivantes illustrent les différentes répartitions des activités observées entre les différents acteurs au regard de la diachronie (i.e. des grandes étapes) des interventions.

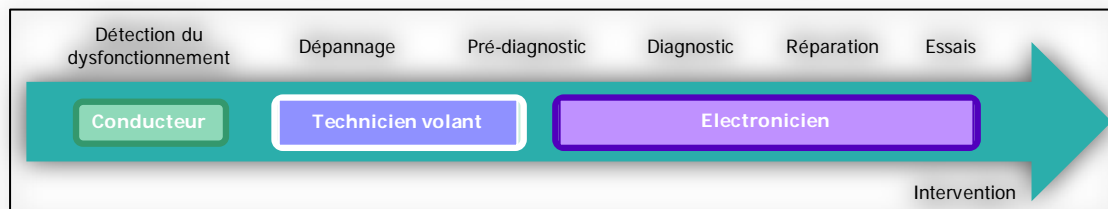


Figure X. Répartition des activités liées à l'organisation du service de maintenance interne (polyvalente/spécialisée)

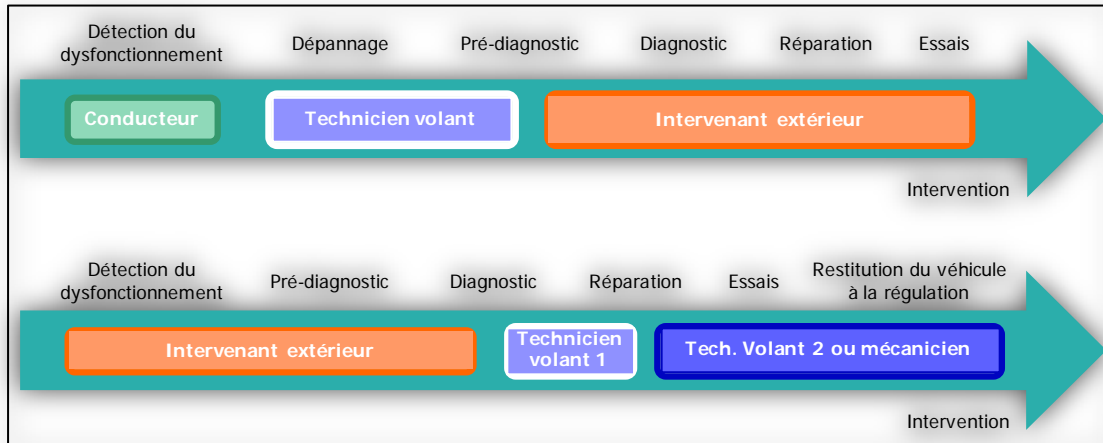


Figure XI. Répartitions des activités liées à l'externalisation des interventions

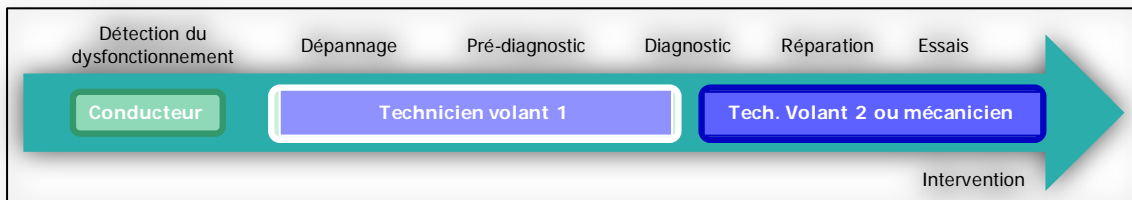


Figure XII. Répartitions des activités liées au système de rotation, à la planification des interventions et/ou la gestion des pièces de rechange



Figure XIII. Déroulement des activités liées à la priorité donnée à l'exploitation

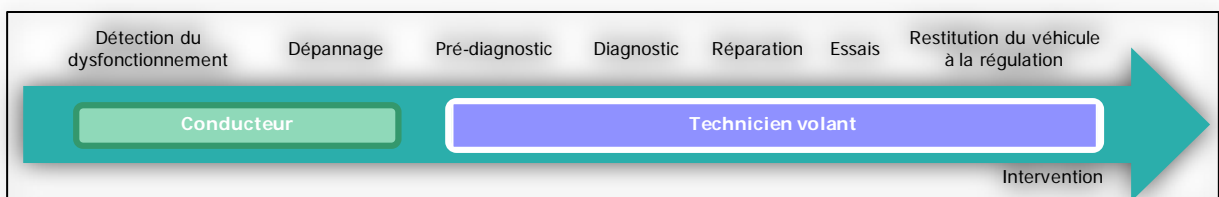


Figure XIV. Répartitions des activités liées à certaines prises de décision des régulateurs

Annexe XII. - QUELQUES ELEMENTS RELATIFS A L'INCERTITUDE INTRINSEQUE AUX INTERVENTIONS

Par opposition à "l'incertitude extrinsèque" aux interventions, l'incertitude intrinsèque à ces dernières est relative aux aléas ou difficultés qui surviennent au sein d'une intervention donnée et qui contraignent l'atteinte du but associé à cette intervention.

Il peut, par exemple, s'agir d'incertitudes relatives aux :

- **dysfonctionnements à l'origine de l'intervention** : manifestations du dysfonctionnement, conditions de survenue de celui-ci et/ou motifs de l'intervention non transmis aux techniciens et/ou non observés par ces derniers ; ambiguïtés, faible lisibilité ou inexactitudes dans le signalement du dysfonctionnement, effectué par écrit ou verbalement ; redondance des signalements de dysfonctionnements effectués via les fiches de signalement par les conducteurs, sous des formulations différentes.

Ces situations peuvent conduire les techniciens à réévaluer les interventions à mener et leur nombre ; à des phases d'identification du dysfonctionnement de plus longue durée, alors que le véhicule doit quelquefois être restitué rapidement à l'exploitation ; à l'impossibilité d'anticiper les moyens adaptés à l'intervention en question, situation plus particulièrement critique dans le cas des interventions sur réseau ou encore à une incompréhension des techniciens ;

- **moyens de réalisation des interventions** : impossibilité de trouver certaines pièces de rechange au détail ou indisponibilité des pièces ; outillages ou moyens inadaptés à la réalisation de l'intervention.

Ces situations peuvent conduire à la réalisation d'opérations pertinentes, mais inopportunes au regard des pièces disponibles sur le marché ; à des réévaluations des modes opératoires en fonction des pièces disponibles sur le marché ou dans les stocks de l'entreprise, ou encore en fonction des outils ou moyens à disposition ; à la réalisation d'opérations dans des conditions non optimales, voire très contraignantes, faute d'outillages ou de moyens adaptés ;

- **la maintenabilité des équipements** : faible accessibilité ou inaccessibilité de certaines parties du véhicule sans démontages supplémentaires ; accessibilité gênée par d'autres éléments constitutifs du véhicule ; espaces de travail insuffisants au regard de l'utilisation des outils, etc.

Ces situations amènent les techniciens à démonter davantage d'éléments qu'ils ne le prévoyaient initialement, à adopter des postures contraignantes, à travailler avec la main non dominante, à des catachrèses ou à de nombreuses réévaluations des modes opératoires ;

- **la conception des véhicules** : indisponibilités de certaines informations ; défauts de conception ; conception des véhicules d'un même type différente d'un véhicule à l'autre ; messages d'erreurs "parasites" au regard de la situation de maintenance.

Ces situations peuvent rendre le diagnostic des dysfonctionnements plus délicat, mais aussi conduire à la réalisation d'opérations qui s'avèreront vaines, ou perturber le déroulement de l'intervention ;

- **la variabilité des véhicules du parc** : accès ou réglages à effectuer très variables d'un véhicule à l'autre, par exemple.

Cette variabilité des véhicules peut conduire à des phases de recherche d'information assez longues, mais aussi à initier des opérations qui ne s'avèreront pas adaptées au véhicule et ainsi, à réévaluer le mode opératoire adopté ;

- **la complexité des diagnostics ou la faible fréquence de certaines pannes** : les techniciens se retrouvent alors confrontés à des situations très complexes, nouvelles pour eux ou pour lesquelles il n'existe pas de retour d'expériences, y compris des constructeurs.

Ces situations peuvent conduire à de longues phases de recherche d'informations et/ou de diagnostic ou encore à procéder par essais-erreurs.

Dans la plupart des cas, ces situations d'incertitude contribuent à augmenter le temps d'intervention.

Annexe XIII. - EXEMPLE D'UNE INTERRUPTION DE TYPE "REPORT" LIEE A LA REGULATION PAR LA MAINTENANCE INTERNE D'UN GRAND NOMBRE D'INDISPONIBILITES DES VEHICULES

Cet exemple illustre une situation dans laquelle une interruption d'une intervention de maintenance de type "report" liée, entre autres, aux contraintes de service est observée. L'interruption de travail concerne une visite de maintenance préventive réalisée par un technicien volant en collaboration avec un collègue mécanicien. Le contexte de survenue de cette interruption et le déroulement temporel des différents événements ont été reconstitués grâce aux verbalisations concomitantes des opérateurs et à l'examen des documents à leur disposition.

Contexte de survenue de l'interruption

Au jour J-1, les chefs d'équipe maintenance ont planifié comme à l'habitude les interventions du lendemain. Ils ont prévu la prise en charge de la réalisation d'une visite des 30.000 km d'un véhicule standard au gaz par le technicien volant et son collègue le lendemain, lors du poste du matin. Une telle visite s'accompagne habituellement, selon les techniciens, d'une indisponibilité complète du bus pour l'exploitation. L'intervention en question est alors notée en rouge sur la liste des bus en atelier, dont un exemplaire à l'atelier permet aux techniciens de connaître les tâches à effectuer et un exemplaire est transmis à la régulation.

Il se trouve qu'à cette période, de nombreux bus standards au gaz sont déjà indisponibles. En effet, le parc comporte 25 bus standards au gaz. Or, 7 bus de ce type sont indisponibles ou doivent faire l'objet d'interventions : l'un est utilisé pour réaliser de l'initiation civique ; 3 font l'objet d'une interdiction de circulation, suite à des contrôles non satisfaisants ; 2 sont en panne et les interventions correspondantes sont prises en charge par une entreprise extérieure sur son site (constructeur), et un fait l'objet de travaux non précisés. Avec la visite de maintenance préventive programmée en interne, c'est près d'un tiers (32% - 8 bus) de ces véhicules qui sont indisponibles. Le taux de réserve pour ce type de bus, et donc la marge de manœuvre pour l'exploitation en cas de difficulté ou d'imprévu, sont donc faibles.

Aussi, les chefs d'équipe maintenance décident de modifier le degré d'indisponibilité du bus, objet de la visite de maintenance préventive interne, d'une indisponibilité complète à une indisponibilité partielle : l'exploitation pourra utiliser ce bus jusqu'à 8h30 (c'est-à-dire jusqu'à la fin de l'heure de pointe du matin) et après 13h. Les chefs d'équipe transmettent la liste des bus en atelier à la régulation, en précisant cette disponibilité du véhicule entre 6h et 8h30 le lendemain matin. Un exemplaire de cette liste est également affiché dans le bureau maintenance et le travail de chacun des techniciens pour le lendemain matin est planifié sur le cahier des tâches (ce cahier comporte le numéro du véhicule, l'intervention à mener et les personnels ayant à effectuer l'intervention).

Déroulement temporel des différents événements

Le jour J, le technicien volant et son collègue consultent, lors de leur prise de poste (à 5 heures), comme tous les matins, les tâches qu'ils ont à effectuer sur le cahier des tâches. Ils prennent connaissance du fait qu'ils doivent réaliser la visite des 30.000 km du bus standard au gaz. Aucune indication sur le degré d'indisponibilité des véhicules n'est donnée sur ce cahier. Les chefs d'équipe sont absents à ces périodes de la journée (ils effectuent des horaires de jour) et ces visites requièrent habituellement une indisponibilité complète du bus. Aussi, les techniciens de maintenance ne consultent-ils pas la liste des bus en atelier, persuadés que le bus fait l'objet d'une indisponibilité complète ("biais de confirmation"), et s'apprêtent à effectuer l'intervention. Le bus étant sur le parc des véhicules (il ne doit sortir qu'à 6 heures), les techniciens le déplacent dans le garage et commencent la visite.

Un peu plus tard, le conducteur du bus prend son poste. Il prend connaissance de son tour et du bus qui lui est attribué, puis se rend sur le parc pour aller chercher son véhicule. Il fait deux fois le tour du

parc avant de s'apercevoir que le bus est dans l'atelier en cours de visite. Les techniciens devront alors interrompre la visite qu'ils avaient débuté. Ceci occasionnera une période assez longue pendant laquelle les techniciens ne seront pas en mesure d'intervenir. Une reconstitution de ces événements est présentée dans la figure XV.

Conséquences de cette situation

Pour le conducteur, cette situation est susceptible d'avoir conduit à un léger retard. Il est, en outre, amené à effectuer son tour avec un véhicule sur lequel une visite a été débutée, ce qui est susceptible de ne pas être anodin en termes de sécurité.

Pour leur part, les techniciens ont du restituer rapidement un véhicule, pour lequel une intervention a été initiée, situation également susceptible de se révéler dangereuse. Ils ont en effet dû remonter rapidement le filtre à air. En outre, cette situation conduit à une interruption de la visite pour les deux techniciens, puis à une période assez longue pendant laquelle leurs activités sont entravées. Ils disposeront par conséquent d'un temps plus limité pour réaliser la visite, qui ne leur permettra pas d'effectuer certaines réparations dont la nécessité sera révélée à cette occasion. Ces réparations devront être programmées ultérieurement et la visite ne sera donc pas classée "*terminée*", mais "*en attente de prise en main*". De plus, la reprise de cette intervention après fonctionnement du véhicule amène les techniciens à maintenir un véhicule, dont le moteur et un certain nombre de pièces sont encore chauds (risque de brûlures).

Synthèse

L'analyse de cette situation montre donc que **l'organisation des activités des techniciens est contrainte à la fois par :**

- **les exigences de l'exploitation**, i.e. la continuité du service, la productivité ; c'est cette dernière qui prime (conflit productivité/fiabilité ; T désigne le technicien, O l'observateur) :

T : Donc euh voilà, on a une interruption entre les 2. Donc on s'occupe en attendant. Enfin, on s'occupe non, on fait tout ce qui est logistique on va dire.

O : D'accord.

T : Parce que le problème, c'est que le matin, on a tous les bus qui partent, donc là il y a une heure de pointe, donc si vous voulez faire des interventions sur les bus...

O : Ce n'est pas possible.

T : ... ce n'est pas possible, ils sont en train de sortir.

- **la capacité et la constitution du parc de véhicules**, et donc le nombre de bus de réserve, dans la mesure où celui-ci conditionne la possibilité d'immobiliser un bus pour maintenance ;
- **la fiabilité de ces véhicules**, dans la mesure où elle détermine la survenue de pannes ou dysfonctionnements (c'est-à-dire le nombre d'indisponibilités) et donc le nombre de véhicules en maintenance et de réserve :

T : Mais c'est rare parce que théoriquement quand on nous donne ça, c'est que le bus est en rouge et puis il est arrêté. Mais là, vous voyez avec le nombre d'indisponibilités qu'il y a, il y a une réserve qui est limitée. Hein, donc euh, donc après ben, c'est les premiers rentrants, ils les mettent en ... en premiers rentrants.

O : D'accord. Oui, oui, d'accord. Ah oui, oui, oui. Ah oui, parce que là vous avez moins de marge de manœuvre que d'habitude, c'est ça ?

T : Un peu moins, oui....

T2 : Oui.

T : ... par rapport au nombre de carrosseries qu'il y a, vous voyez par rapport aux problèmes moteur, clignotants euh...

O : Oui, parce que X...

T : Donc ils...

O : D'accord, oui, je comprends. Oui, en fait, la marge de manœuvre, elle peut être courte quand même.

T : Ah oui. Ça peut aller très vite hein, il suffit de 2-3 accidentés, 2-3 problèmes moteurs ou hop et puis voilà.

- mais aussi par le fait que certaines interventions soient externalisées et menées sur le site des entreprises extérieures. En effet, la seule marge de manœuvre possible concerne alors ceux dont les interventions sont menées en interne ("*on jongle sur les premiers rentrants*").

Annexe XIV.- ANALYSE CLINIQUE D'UNE SITUATION IMPREVUE IMPENSEE, IMPLIQUANT DES INTERVENANTS EXTERIEURS ET OCCASIONNANT UN INCIDENT ET LA TRANSMISSION D'UNE SITUATION DANGEREUSE (détails)

L'analyse de cette situation a été menée sur la base des observations des activités des techniciens volants, de leurs verbalisations concomitantes et de leurs communications verbales avec autrui (chefs d'équipe, autres techniciens, conducteur, régulateur).

Contexte de la situation

Antérieurement aux observations, un message d'erreur (orange) et l'apparition d'un voyant relatif à l'articulation d'un véhicule étaient apparus à plusieurs reprises, de façon intermittente, sur un bus articulé, lors de son utilisation par les conducteurs. Le véhicule avait donc fait l'objet d'échanges par les techniciens volants et il avait été déposé plusieurs fois chez un intervenant extérieur, sur son site ("*en fait, ça faisait plusieurs fois qu'on l'amenait pour cette panne*"). En effet, d'une part, le véhicule était encore sous garantie, d'autre part, les interventions sur les articulations des véhicules font l'objet d'une externalisation totale (dépannages mis à part).

Les intervenants extérieurs n'étant pas parvenus à identifier un dysfonctionnement (seuls le voyant et le message apparaissaient), ils avaient simplement réinitialisé le système. Ces pannes intermittentes sont en effet très difficiles à diagnostiquer. De plus, et outre l'apparition du voyant et du message, aucun dysfonctionnement ne s'était manifesté. Le bus en question avait donc été remis en circulation.

Déroulement temporel des différents événements et conséquences de la situation

Un défaut considéré comme une fausse alarme

Le jour J, le message d'erreur (rouge) et le voyant apparaissent à nouveau de façon intermittente sur le poste de conduite du bus articulé. Le conducteur en informe la régulation, qui contacte la maintenance. Des échanges verbaux ont alors lieu entre un des chefs d'équipe maintenance et un des techniciens internes. Après avoir envisagé un échange de véhicule, ce défaut sera finalement considéré comme une fausse alarme (un défaut de signal) par la maintenance interne ("*Ca arrive que des fois ça nous donne des défauts qui... qui n'ont pas de conséquence ou qui sont intempestifs et puis qui restent en mémoire*").

Différents éléments contribuent à cette décision :

- l'absence de dysfonctionnement manifeste, alors que le voyant et le message sont apparus à plusieurs reprises ;
- l'absence d'identification de dysfonctionnement par les intervenants extérieurs ;
- l'absence de compétences internes sur les systèmes d'articulation, permettant une remise en cause éventuelle des informations fournies par l'entreprise extérieure ;
- le fait que le véhicule soit récent, encore sous garantie, et donc maintenu à l'extérieur, et non par le service de maintenance interne ;
- le fait que les interventions sur ces systèmes soient, après la garantie, prises en charge par une entreprise extérieure ;
- l'intermittence du message et le fait que les intervenants internes pensent qu'il s'agit d'un message orange (et non rouge), c'est-à-dire de moindre importance ;
- le fait qu'il ne soit pas rare que des messages d'erreur sans conséquence s'affichent de façon intempestive ;
- l'absence d'information des techniciens sur la mise en place d'une sécurité (régulation de vitesse à 50km/h), du fait du défaut. La mise en place de cette sécurité, dont l'objectif est de permettre un dégagement du bus, n'a pas été immédiatement détectée par le conducteur, dans la mesure où il se trouvait sur une partie de la ligne située en ville, n'autorisant donc pas une vitesse supérieure à 50km/h. Cette information aurait peut-être pu permettre une réévaluation du traitement du signal de l'anomalie.

La maintenance interne considère donc qu'il ne faut pas tenir compte de ce message, (il s'agit d'un "problème connu", qui n'est pas estimé significatif d'un défaut), et que le bus peut continuer à rouler normalement. Cette considération pourrait, en outre, être renforcée par le fait que les bus articulés, parce que moins nombreux (il s'agit des véhicules pour lesquels la marge de manœuvre est la plus petite), sont plus difficiles à échanger. Or, il se trouve qu'à cette période, 3 des 11 bus articulés (27% de ces véhicules) étaient indisponibles, au moins une partie de la journée. Le bus en question continuera donc sa tournée.

L'apparition d'un dysfonctionnement ayant des conséquences directes sur la sécurité associée à la conduite du véhicule

Le conducteur poursuit donc son tour avec le même véhicule, ce qui conduira à l'apparition d'un dysfonctionnement. Ainsi, dans un virage, ou plus précisément en sortie d'un rond-point, et à vitesse réduite, le bus ne répond pas normalement sur un faible freinage : la remorque du véhicule se déporte, occasionnant un choc avec le trottoir⁴³. Ce défaut a ainsi des conséquences directes sur la sécurité associée à la conduite du véhicule (déviation de la trajectoire du véhicule), et par conséquent, sur le conducteur et les passagers (heurt du trottoir), d'où une forte émotion du conducteur ("*la peur de ma vie*").

Le conducteur contacte donc à nouveau la régulation et un échange de véhicule est, cette fois-ci, décidé.

La transmission du dysfonctionnement, et donc du risque, du conducteur aux techniciens de maintenance interne, puis aux intervenants extérieurs

Un technicien volant et un chef d'équipe partent ensemble pour effectuer l'échange de véhicules. En effet, d'une part, le véhicule étant sous garantie, il sera déposé directement dans l'entreprise extérieure, ce qui nécessite 2 véhicules. D'autre part, le technicien volant ne travaille dans cette entreprise que depuis peu de temps ; aussi un chef d'équipe l'accompagne pour effectuer cet échange. Enfin, lorsqu'un dysfonctionnement est susceptible d'avoir des répercussions sur la sécurité, et pour gérer ces risques, le service de maintenance interne a mis en place une pratique consistant à effectuer les échanges de véhicules à plusieurs.

A l'issue de l'échange de véhicules, les intervenants de maintenance internes sont donc amenés à déposer le véhicule chez l'intervenant extérieur, et ainsi à conduire un bus présentant un danger (véhicule susceptible de se déporter). Avant le départ, le chef d'équipe effectue par conséquent une intervention sur le véhicule, dont l'objectif est sa mise en sécurité (réinitialisation de l'ensemble des systèmes). Il espère ainsi neutraliser le dysfonctionnement le temps du trajet, mais cette neutralisation ne sera que provisoire. Aussi, est-il amené à conduire le bus avec un dysfonctionnement manifeste, pendant plusieurs minutes, ce qui le conduira à développer des comportements sécuritaires : vitesse réduite, adaptation de sa conduite (évitement de l'utilisation du frein), choix d'un trajet pour lequel la circulation est moindre.

Dans un deuxième temps, ce dysfonctionnement et le danger associé sont transmis à l'entreprise extérieure, dans la mesure où elle prendra en charge l'intervention. Ce danger pourrait se transformer en risque, si les techniciens externes étaient amenés, par exemple, à effectuer des essais de conduite du bus pour diagnostiquer la panne.

On notera par ailleurs qu'aucun délai pour cette intervention n'est évoqué par l'entreprise extérieure ou les intervenants internes lors du dépôt du véhicule. Cette information est pourtant importante, à

⁴³ Des entretiens a posteriori avec un des chefs d'équipe maintenance laissent penser que le dysfonctionnement était probablement le suivant. Sur les bus articulés, les roues motrices se situent à l'arrière du bus, au niveau de la remorque (3ème essieu). La force de déplacement du bus vient donc de l'arrière du véhicule (propulsion). Lorsque la remorque n'est plus dans l'axe par rapport à la partie avant du véhicule, cette force doit être compensée au niveau de l'articulation, par l'action de vérins. Cette action vise à éviter que le bus ne se déporte et qu'il ne se mette en portefeuille. L'action de ces vérins est fonction de l'angle que forment la remorque et la partie avant du bus, angle mesuré par un rhéostat. Dans le cas précis, le boîtier électronique associé au rhéostat était probablement défaillant. Aussi, la mesure de l'angle fournie par cet instrument ne correspondait plus à l'angle réel. En conséquence, l'action des vérins commandée par le rhéostat et le boîtier électronique, n'était plus adaptée à la force de déplacement du véhicule, selon son angle réel de braquage ; ce qui a conduit le bus à se déporter.

la fois pour l'élaboration des tournées des conducteurs et pour les échanges potentiels ultérieurs de ce type de véhicule. Un entretien a posteriori avec le chef d'équipe révélera que le bus en question est resté indisponible (en réparation dans l'entreprise extérieure) pendant 48 jours, au cours desquels une courte période de remise en circulation (avec une nouvelle apparition de ce dysfonctionnement) aura lieu.

Synthèse

Une reconstitution des différents événements survenus est présentée dans la figure XVI.

Différents éléments contribuent à la considération du défaut, par les intervenants de maintenance interne, comme une fausse alarme. Ils relèvent de :

- **l'externalisation totale des interventions** : absence d'identification du dysfonctionnement par les intervenants extérieurs et absence de dysfonctionnement manifeste. On observe ici un phénomène proche du biais de confirmation, puisque la maintenance interne ne réinterroge pas (n'est pas en mesure de réinterroger) le diagnostic effectué par l'entreprise extérieure. Elle ne dispose en effet pas des compétences requises concernant la maintenance de ces systèmes. Tout au moins, une confiance est accordée au diagnostic de l'entreprise extérieure ;
- **les interfaces entre services** : transmission des informations relatives à la description des manifestations du défaut entre l'exploitation et la maintenance, transmission erronée ou incompréhension. C'est le cas par exemple pour la couleur du message (rouge/orange). Or ces informations sur les manifestations du défaut sont déterminantes pour l'élaboration du diagnostic, et donc son traitement ;
- **la conception des véhicules** : absence possible d'information immédiate sur les systèmes de sécurité déclenchés automatiquement par le véhicule (cas de la régulation de vitesse) ; apparitions intempestives de messages d'erreur sans conséquence ;
- **l'évidence du signal** : difficulté à traiter des messages intermittents. Le caractère intermittent des manifestations d'un défaut éventuel peut en effet inviter à s'interroger sur la véracité du défaut, mais aussi sur celle du message (surtout si plusieurs manifestations de ce dernier se sont avérées ne pas correspondre à un défaut réel) ;
- **l'intégration potentielle des marges de manœuvre des opérateurs et des moyens à leur disposition à leur traitement du signal** : hypothèse selon laquelle les techniciens intégreraient, dans leurs traitements des signaux, la disponibilité des véhicules de même type, et donc la marge de manœuvre dont ils disposent ;
- **l'organisation de la maintenance et les relations inter-entreprises** : prise en charge des interventions par les constructeurs durant la période de garantie des véhicules et retour d'information sur ces interventions aux techniciens de maintenance internes, contribuant à la construction de l'expérience de ces derniers (déclenchement intempestif de messages, signifiant associé au signal).

Par ailleurs, cet incident lié à l'absence d'identification du dysfonctionnement par les intervenants extérieurs et au biais de confirmation observé, est susceptible de mettre à mal la confiance interpersonnelle⁴⁴ entre le conducteur et les techniciens internes. Le fait que les techniciens de maintenance aient informé les régulateurs que le conducteur pouvait continuer sa tournée n'est pas en concordance avec le comportement attendu de ces derniers par le conducteur dans le cadre d'une relation de confiance ("*Faut pas leur dire que c'est rien*" ; "*Tu leur as dit que je pouvais rouler comme ça*").

⁴⁴ Selon Karsenty (2011), la confiance décidée concerne une "*situation de risque que l'on pense pouvoir éviter en décidant de se fier à autrui*" (p. 135).

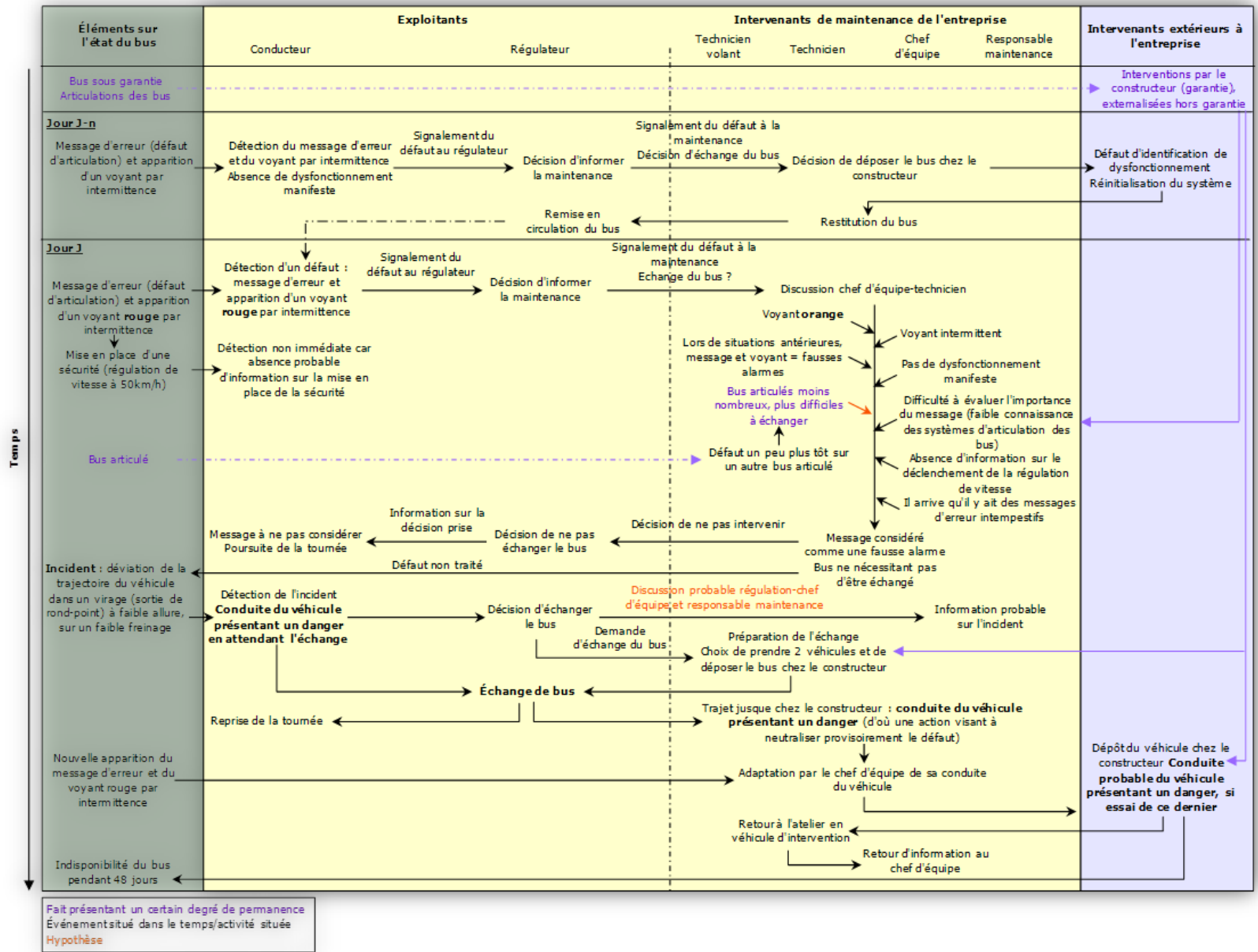


Figure XVI. Événements survenus conduisant à la considération d'un défaut comme une fausse alarme et à la transmission d'un dysfonctionnement

Dans une deuxième phase, la transmission du dysfonctionnement, et donc du risque, de l'exploitation à la maintenance interne, puis à une entreprise extérieure est observée. Elle est à mettre en relation avec l'organisation de la maintenance interne (prise en charge des dépannages par les techniciens volants) et l'organisation de la maintenance au-delà de l'entreprise (relations de garantie, sous-traitance ou prestation de service externes). Elle témoigne des relations d'interdépendance entre l'exploitation et la maintenance interne (Grusenmeyer, 2000), mais aussi de relations de même type entre la maintenance interne et la maintenance externalisée, au moins dans certains cas.

Enfin, l'analyse de cette situation montre que les techniciens internes développent de nombreux comportements sécuritaires :

- tentative de neutralisation du dysfonctionnement par une réinitialisation des systèmes électroniques ;
- simulation de la régulation automatique de vitesse par le technicien (réduction de la vitesse) ;
- choix de l'itinéraire (évitement de la voie rapide) ;
- adaptation de la conduite du véhicule (évitement de freinage et utilisation du frein moteur) ;
- intervention menée à deux opérateurs, dont un chef d'équipe ;
- conduite du véhicule présentant le dysfonctionnement par le chef d'équipe, plus expérimenté, et du véhicule de dépannage par le technicien de maintenance, moins expérimenté.

Ces pratiques paraissent néanmoins reposer essentiellement sur l'expérience des techniciens et du responsable de maintenance.

Annexe XV. - ANALYSE CLINIQUE D'UNE SITUATION IMPREVUE IMPENSEE CONDUISANT A L'ECHEC D'INTERVENTION D'UN TECHNICIEN EXTERIEUR, SOUS-TRAITANT INTERNE DE LA COMMUNAUTE D'AGGLOMERATION (détails)

L'analyse de cette situation a été réalisée sur la base des mêmes sources d'information que précédemment, ainsi que sur l'observation des activités de l'électronicien et les listes des bus en atelier recueillies en fin de journée l'avant-veille, la veille et le jour J. Toutefois, l'ensemble des éléments ayant participé à cette situation ne peut être considéré comme exhaustif, dans la mesure notamment où les activités du technicien sous-traitant n'ont pu être suivies.

Contexte de la situation

Un système d'aide à l'exploitation était en cours d'installation sur l'ensemble des véhicules du parc (maintenance améliorative) par une entreprise extérieure de la communauté d'agglomération (sous-traitance interne ; cf. figure VII). Au moment des observations, près des trois quart du parc de véhicules avait fait l'objet d'une première installation. Toutefois, celle-ci ne donnant pas entière satisfaction, le système était en cours de ré-installation. Le service de maintenance interne n'a pas en charge la maintenance de ce système d'aide, puisque celui-ci est en phase d'installation et fait l'objet, à l'issue de cette dernière, d'une garantie d'un an par l'entreprise extérieure. La maintenance interne n'intervient pas dans ces installations et les relations avec l'entreprise extérieure sont gérées directement par les régulateurs. Ce système d'aide venait d'être installé (jours J-2 et J-1) sur un bus au gaz, qui est remis en circulation le jour J.

Déroulement temporel des différents événements et conséquences de la situation

Détection d'un défaut sur le système d'aide et décision inhabituelle d'échange du véhicule

Le jour J, le conducteur du véhicule contacte la régulation pour signaler un dysfonctionnement du système d'aide (message de panne, moyens de communication associés au système ayant probablement arrêté de fonctionner pendant quelques minutes). Le régulateur contacte alors l'intervenant extérieur pour lui faire part de ce signalement. Ce dysfonctionnement n'ayant jamais été rencontré par l'intervenant extérieur, il demande au régulateur la possibilité de disposer de deux bus présentant ce même dysfonctionnement. Le régulateur accède à cette demande, décision inhabituelle, puisque le bus peut assurer le service.

L'intervenant extérieur précise au régulateur qu'il faut laisser tourner le moteur du bus, afin qu'il puisse constater la panne, la coupure du contact occasionnant une réinitialisation du système. Le régulateur décide donc d'effectuer un échange de véhicules. Il en informe le conducteur, puis appelle le technicien volant par radio et lui demande de procéder à cet échange. Le bénéficiaire (intervenant extérieur) et l'objet (système d'aide) de l'échange sont évoqués, mais pas ses motifs (dysfonctionnement du système, nature de ce dysfonctionnement), ni les conditions à remplir pour permettre la détection de l'anomalie (absence de coupure du contact). Aucun interlocuteur de maintenance interne n'est informé des motifs de cet échange, par le régulateur ou l'intervenant extérieur.

Echange du véhicule et survenue d'un autre dysfonctionnement

Le technicien volant procède à l'échange. Juste avant son arrivée sur le lieu de l'échange de véhicules, un des oblitérateurs du bus se met à fumer. Le conducteur retire donc l'oblitérateur, le place dans le vide-poche, et rédige une feuille de signalement relatif à ce dysfonctionnement. Les échanges verbaux entre le conducteur et le technicien, se focalisent essentiellement sur le dysfonctionnement de l'oblitérateur, dans la mesure où ces défauts font partie des tâches des techniciens internes.

Incompréhension de la maintenance interne et constat d'échec relatif à l'intervention sur le système d'aide

A son retour à l'atelier, le technicien gare le véhicule et coupe le contact. Il s'enquiert auprès du chef d'équipe, puis de l'électronicien, des motifs pour lesquels un échange de véhicule a été opéré concernant le système d'aide. Mais aucun de ces opérateurs n'en est informé.

Un examen conjoint des dysfonctionnements par le technicien volant et l'électronicien est alors décidé. Ils constatent le dysfonctionnement de l'oblitérateur. L'électronicien élabore un diagnostic relatif à cette panne de l'oblitérateur et décide de procéder à son remplacement. Tandis que le technicien volant va chercher un oblitérateur de rechange, l'électronicien tente de remettre le système d'aide en marche pour comprendre le motif de l'intervention extérieure. Les deux opérateurs échangent ensuite sur la décision inhabituelle d'effectuer un échange de bus pour une intervention sur le système d'aide et l'électronicien parvient, après plusieurs tentatives, à redémarrer le système.

C'est alors que l'intervenant extérieur arrive. Des échanges verbaux s'engagent alors avec le technicien volant et l'électronicien, relatifs au constat d'échec concernant l'intervention sur le système d'aide (contact coupé), au dysfonctionnement concerné, sa fréquence et ses manifestations, et à l'absence d'information sur cette intervention de la maintenance interne. L'intervenant extérieur reste malgré tout dans le bus pour examiner le système d'aide, tandis que l'électronicien se rend dans son atelier pour réparer l'oblitérateur défaillant (cf. figure XVII).

Synthèse

Plusieurs éléments contribuent à cet échec d'intervention. Aucun n'est suffisant à l'expliquer ; c'est leur conjonction et leur agencement qui contribuent à ce dernier. Ils relèvent de :

▪ **l'organisation du travail et des relations inter-entreprises :**

- répartition d'activités contribuant à un même but sur des acteurs différents ;

Les acteurs impliqués dans la décision, la planification et la réalisation de l'intervention concernant le système d'aide (régulateur et intervenant extérieur), sont très différents de ceux amenés à préparer concrètement cette intervention (technicien volant), c'est-à-dire mettre à disposition le véhicule pour l'intervention et maintenir les conditions d'accomplissement du diagnostic. Cette répartition d'activités contribuant à un même but sur des acteurs différents n'est pas problématique en soi, si elle fait l'objet d'une information, d'une coordination ou d'un travail d'articulation⁴⁵ ;

- absence de coordination de ces activités ;

Mais le régulateur omet, semble-t-il, d'informer le technicien volant des motifs et conditions à maintenir pour permettre la réalisation de l'intervention. Le technicien volant est ainsi amené à réaliser un échange de bus, sans en connaître les raisons ; ce qui ne contribue probablement pas à donner du sens aux activités de cet opérateur.

Cette omission pourrait être mise en relation avec les compétences des régulateurs. Ils disposent en effet d'une expertise leur permettant de faire un premier diagnostic de la gravité des anomalies signalées et ainsi d'évaluer dans quelle mesure ceux-ci peuvent nuire à la continuité et la qualité du service. Néanmoins, ils ne connaissent pas les contraintes liées au système d'aide, puisque celui-ci est en cours d'installation. Aussi sont-ils susceptibles de ne pas mesurer l'importance, pour la réalisation du diagnostic de l'anomalie, de l'absence de coupure de contact. Cette omission pourrait également être liée à la charge de travail du régulateur au moment où ce dysfonctionnement est géré ;

⁴⁵ La notion d'articulation renvoie à la nécessité pour toute action en situation collective d'être raccordée aux autres, d'une manière dynamique et contextualisée, et non pas seulement par des pré-agencements figés de fonctions, de procédures et de machines.

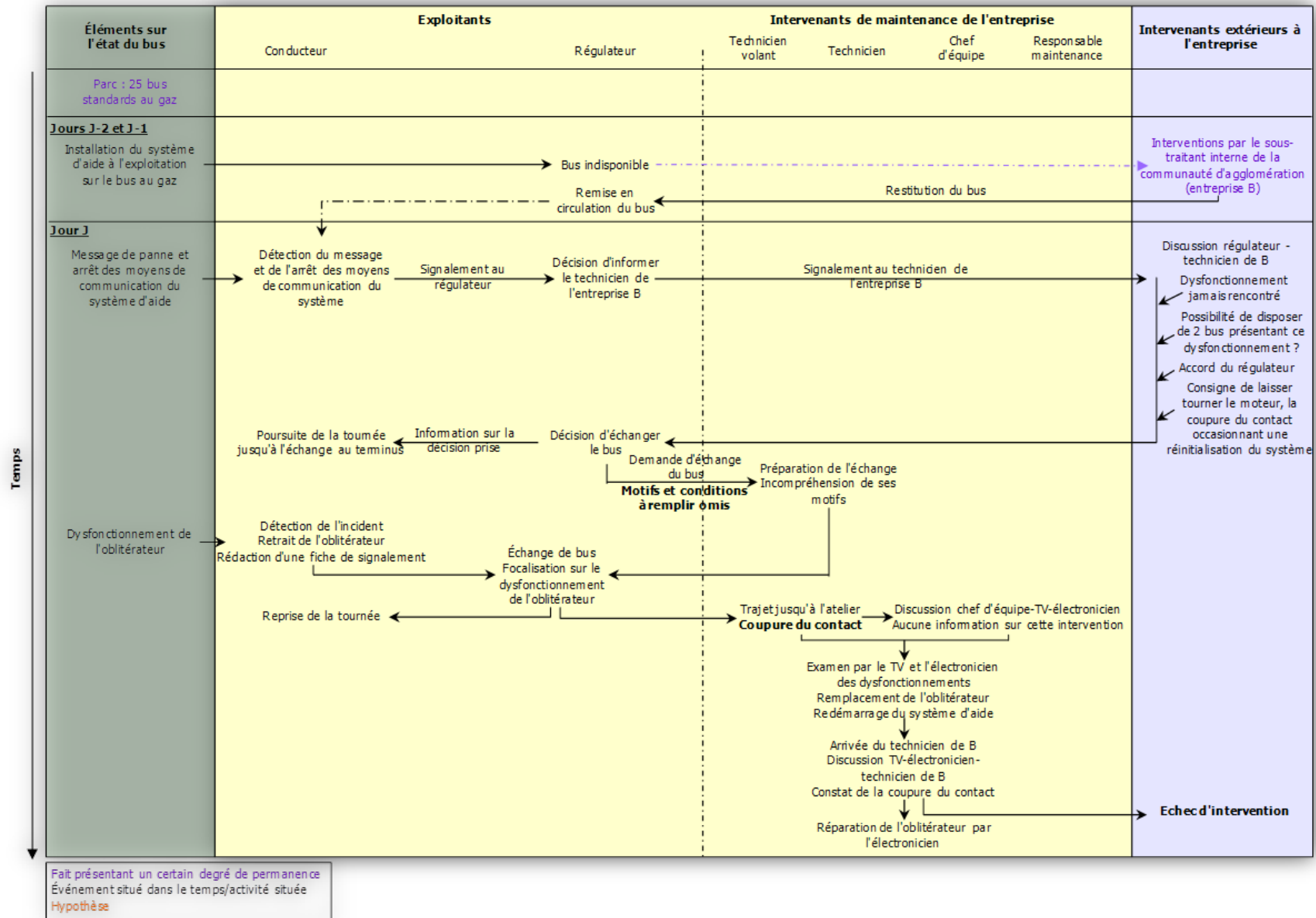


Figure XVII. Événements survenus conduisant à l'échec d'intervention d'un technicien sous-traitant de la communauté d'agglomération

- absence de connaissance du système d'aide par le technicien volant, le service de maintenance interne n'étant pas impliqué dans son installation ;
L'absence de coordination des activités des différents acteurs est d'autant plus importante que le technicien volant ne connaît pas le système d'aide et ne sait donc pas l'arrêt du contact occasionne une réinitialisation du système ("*ouais, mais moi, je sais pas moi*"). Le service interne de maintenance ne participe en effet pas à l'installation de ce système. Cette situation soulève donc la question de l'organisation de l'installation et de la maintenance de ce système. En outre, le technicien n'est pas clairement informé que l'intervention prévue sur ce système est liée à un dysfonctionnement de ce dernier ;
- faibles opportunités de récupération de l'information ;
L'analyse de la situation révèle qu'aucun autre interlocuteur de maintenance, qu'il s'agisse de l'électronicien, du chef d'équipe ou du responsable, n'est informé de cette intervention, et par conséquent, des motifs de cette dernière ou encore des conditions nécessaires à sa réalisation ;
- absence de relations inter-entreprises ;
Aucune relation formelle, ni moyen de coordination, n'existent entre les intervenants extérieurs chargés de l'installation du système et les personnels de maintenance interne. En effet, les deux entreprises concernées, l'entreprise extérieure installant le système, et l'entreprise exploitant le réseau de transport, n'entretiennent pas de relations contractuelles. Chacune de ces deux entreprises est sous-traitante de la communauté d'agglomération, mais aucune relation formalisée entre ces deux entreprises (cf. figure XVIII), ni aucune organisation (formelle ou non) de leurs relations ou interactions n'existent. Il n'y a donc pas de cadre formel qui lie ces deux entreprises, alors que leurs personnels sont amenés à interagir.

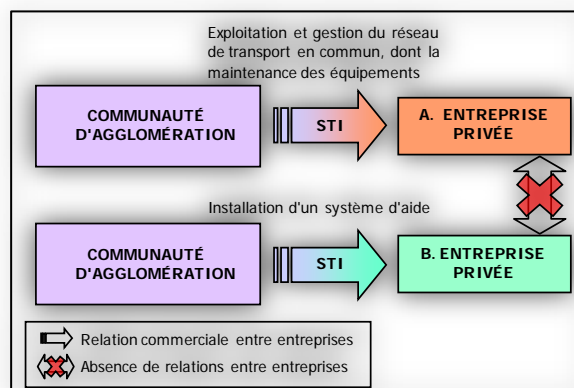


Figure XVIII. Représentation des relations entre les trois structures

▪ **absence de planification et décision d'intervention inhabituelle :**

- absence de planification de l'intervention ;
Comme le montre la reconstitution temporelle des événements, l'intervention concernant le système d'aide n'est pas prévue. Cette absence de planification pourrait contribuer à l'absence d'information de la maintenance interne sur l'intervention en question ;
- décision d'intervention inhabituelle ;
Cette situation est inhabituelle à plusieurs titres :
 - * d'abord, le dysfonctionnement du système d'aide n'a jamais été rencontré auparavant par l'intervenant de maintenance extérieur ;
 - * la gestion des dysfonctionnements suite à l'installation du système d'aide ne semble pas avoir été prévue par les entreprises, aussi cette situation sort-elle du cadre formel des interventions ;
 - * l'intervention fait suite à un signalement par le conducteur, mais aussi à une demande de l'intervenant extérieur, situation également inhabituelle ;

* enfin, un échange de bus est décidé, ce qui est également inhabituel, puisque le dysfonctionnement ne grève pas le fonctionnement du véhicule proprement dit ;

▪ **éléments contextuels : survenue d'un autre dysfonctionnement et focalisation sur ce dernier :**

La survenue du dysfonctionnement de l'oblitérateur juste avant l'arrivée du technicien volant sur le lieu de l'échange contribue à une focalisation sur ce dernier lors des échanges entre le conducteur et le technicien. En effet, ce dysfonctionnement constitue l'événement le plus récent ; il n'avait pas fait l'objet d'un signalement auparavant, et le technicien n'en était pas informé ; en outre, cet événement relève des compétences et des activités habituelles du technicien, tandis que ni le conducteur, ni le technicien volant ne connaissent le système d'aide.

Ainsi, **cette situation est "impensée"** (échange de bus pour le système d'aide) **pour le technicien volant**. Mais elle est également **imprévue par l'organisation** : il n'existe pas de règles (prescrites ou non) de l'organisation relatives à une telle situation.