



**HAL**  
open science

# La planification par l'exploitant dans le transport routier de marchandises : contributions théoriques et méthodologiques. Partie 1

Koosha Kadhemi, Julien Cegarra, Virginie Govaere, Liên Wioland

## ► To cite this version:

Koosha Kadhemi, Julien Cegarra, Virginie Govaere, Liên Wioland. La planification par l'exploitant dans le transport routier de marchandises : contributions théoriques et méthodologiques. Partie 1. [Rapport de recherche] Notes scientifiques et techniques NS 328, Institut National de Recherche et de Sécurité (INRS). 2015, pp.65. hal-01427890

**HAL Id: hal-01427890**

**<https://hal-lara.archives-ouvertes.fr/hal-01427890v1>**

Submitted on 6 Jan 2017

**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.

scientifique & technique  
**note**  
note scientifique  
& technique  
scientifique  
**technique**

**La planification par l'exploitant dans  
le transport routier de marchandises :  
contributions théoriques et  
méthodologiques**  
Partie 1



# **La planification par l'exploitant dans le transport routier de marchandises : contributions théoriques et méthodologiques**

Partie 1

Koosha Kadhemi, Université de Toulouse  
Julien Cegarra, Université de Toulouse  
Virginie Govaere, INRS HT-EPAP  
Liên Wioland, INRS HT-EPAP

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

Publication réalisée dans le cadre de l'étude A.8/1.025  
**« Prévention dans le transport et la logistique :  
évolutions technologiques et organisationnelles  
dans des entreprises en réseau »**

**NS 328**  
février 2015



# **La planification par l'exploitant dans le transport routier de marchandises : contributions théoriques et méthodologiques**

## **(Partie 1)**

Koosha KADHEMI<sup>1</sup>, Julien CEGARRA<sup>1</sup>, Virginie GOVAERE<sup>2</sup>, Liên WIOLAND<sup>2</sup>

<sup>1</sup> EQUIPE CSDV-ISAE, UNIVERSITE DE TOULOUSE, CENTRE UNIVERSITAIRE J-F CHAMPOLLION, PLACE VERDUN, 81012 ALBI CEDEX  
9, FRANCE – [KOOSHA.KHADEMI@UNIV-JFC.FR](mailto:KOOSHA.KHADEMI@UNIV-JFC.FR) – [JULIEN.CEGARRA@UNIV-JFC.FR](mailto:JULIEN.CEGARRA@UNIV-JFC.FR)

<sup>2</sup> INRS, DEPARTEMENT HOMME AU TRAVAIL, AVENUE DE BOURGOGNE, 54500 VANDŒUVRE-LES-NANCY, FRANCE –

# Préambule

Les travaux réalisés à l'INRS dans le cadre des études et recherches autour des effets en termes de santé et de sécurité des évolutions organisationnelles et technologiques dans le secteur du Transport Routier de Marchandises et de la Logistique (études A8/1.018, A8/1.024, A8/1.025) pointent le rôle primordial de l'agent d'exploitation quant à la qualité et la sécurité des transports. En effet, celui-ci se situe au carrefour des échanges entre la direction, les conducteurs, les partenaires et les clients. Son activité s'articule principalement autour de l'organisation, de la planification et du suivi des tournées de transport. Ainsi, l'exploitant est en charge de choisir le véhicule selon la nature de la marchandise, de réaliser les plannings en affectant les conducteurs et de fixer les heures de départ et d'arrivée. Il fixe également les fenêtres temporelles des livraisons et l'ordre de passage lorsque plusieurs destinataires sont concernés par la même tournée. Pendant un transport, l'exploitant endosse plutôt un rôle de superviseur en restant en permanence en contact avec les conducteurs pour apporter du soutien ou de nouvelles consignes, en assurant le suivi de commande aux clients et en gérant tous types d'imprévus. Cette dernière dimension est d'autant plus fondamentale que l'environnement du transport est dynamique, puisqu'il est soumis à de nombreuses évolutions non contrôlées par l'exploitant (accidents, pannes, conditions météorologiques, etc.).

Pourtant, les études sur l'activité de l'exploitant transport et les risques auxquels il est exposé sont rares dans la littérature en Ergonomie. Une collaboration initiée en 2012 avec le laboratoire CLLE<sup>1</sup>, et plus particulièrement avec sa composante « Compatibilité entre Système Humain et Système Artificiel », vise à combler ce vide. Une réflexion approfondie autour de l'activité de l'exploitant transport et de ses processus cognitifs, dont la gestion de l'incertitude, occupent une place centrale dans la démarche d'analyse.

Le fruit de cette collaboration est rapporté sous forme de 3 rapports constituant les étapes du projet. Ceux-ci sont intitulés :

1. La planification par l'exploitant dans le transport routier de marchandise : contributions théoriques et méthodologiques
2. La planification par l'exploitant dans le transport routier de marchandise : méthode d'analyse et perspectives d'application inter-domaines
3. La planification par l'exploitant dans le transport routier de marchandise : enseignements et perspectives issus d'une démarche d'analyse empirique

---

<sup>1</sup> CLLE : Laboratoire Cognition, Langues, Langage et Ergonomie de l'Université de Toulouse Jean Jaurès.

A travers le rapport « la planification dans le transport routier de marchandise : contributions théoriques et méthodologiques », un état de l'art sur les fondements théoriques de la planification est proposé. Ce premier document introduit également les éléments initiaux pour la conception d'une méthode d'analyse adaptée à l'activité de l'exploitant.

Le second rapport intitulé « la planification dans le transport routier de marchandise : méthode d'analyse et perspectives d'application inter-domaines » propose une formalisation et une application de la méthode d'analyse, basée sur un traitement des protocoles. En plus d'une définition détaillée de la méthode conçue, ce rapport introduit le déploiement de la méthode au sein d'une entreprise. Une typologie des différentes dimensions de la planification est également proposée dans ce rapport. Celle-ci représente une base de référence pour la mise en œuvre d'une démarche de comparaison inter-domaines. Cette mise en œuvre dans un second secteur d'activité (le soin à domicile) fera l'objet d'un quatrième rapport attendu en 2016.

Le troisième rapport, « la planification dans le transport routier de marchandise : enseignements et perspectives issus d'une démarche d'analyse empirique », est dédié à l'analyse de l'activité de l'exploitant, basée sur le traitement de données recueillies en conditions réelles de travail. L'ensemble des travaux entrepris dans les deux premiers rapports, dont l'analyse bibliographique, l'analyse d'un premier terrain de pré-étude et l'exploration préliminaire des résultats permettent de dégager 3 thématiques majeures : l'activité de l'exploitant, les processus cognitifs mis en jeu dans cette activité et la gestion de l'incertitude dans cette activité. En termes de prévention, les résultats permettent d'identifier des pistes d'actions, notamment au niveau d'éventuels systèmes d'aides à la gestion de l'incertitude.

Ce travail ne prétend pas proposer une description exhaustive de l'activité de l'exploitant, et nul doute que ces résultats peuvent être largement complétés. Cependant, en adoptant des approches différentes, nous avons veillé à ce que le portrait de l'activité soit dressé à travers plusieurs angles de vue. Les approches quantitatives ou qualitatives, statiques ou dynamiques se sont succédées tout au long de la collaboration afin d'éviter toutes conclusions réductrices, sur une activité qui demeure complexe et peu connue.



# Sommaire

---

<b>Préambule .....</b>	<b>2</b>
<b>Introduction.....</b>	<b>6</b>
<b>I. La planification dans le TRM : Contributions théoriques .....</b>	<b>7</b>
1. La planification : concepts généraux.....	7
2. La planification dans le transport routier de marchandise .....	9
3. L'anticipation dans l'activité d'ordonnancement de l'exploitant transport .....	16
4. L'adaptation dans l'activité de suivi et de ré-ordonnancement de l'exploitant transport .....	19
5. Discussion .....	22
<b>II. Proposition d'une méthode d'analyse .....</b>	<b>24</b>
1. Méthodes d'analyse des verbalisations .....	25
2. Schèmes de codage .....	26
<b>III. Pré-validation de la méthode sur un échantillon de données .....</b>	<b>31</b>
1. Objectifs.....	31
2. Données.....	31
3. Procédure expérimentale.....	32
a. Le type d'activité .....	33
b. Le codage psycholinguistique des verbalisations.....	34
c. Le codage « Prédicat-argument » des verbalisations.....	34

d. Etiquetage grammatical automatisé .....	35
4. Résultats .....	36
a. Compréhension de l'activité : liens entre buts et les représentations mentales .....	36
b. Cooccurrences et prédictions entre les différents schèmes de codage appliqués .....	42
5. Interprétation des résultats .....	47
<b>Conclusion générale .....</b>	<b>48</b>
<b>Références .....</b>	<b>50</b>
<b>Annexes .....</b>	<b>59</b>
1. French TreeTagger.....	59

# Introduction

Dans un contexte général de mondialisation et de libre circulation des biens, le transport routier de marchandise (TRM) se présente comme un maillon important de l'économie nationale et mondiale (Tatineni et Demetsky, 2005). Entre la direction qui dicte la politique générale et les chauffeurs livreurs, derniers acteurs de la chaîne de distribution, l'agent d'exploitation endosse un rôle intermédiaire primordial quant à la qualité et la sécurité des transports.

D'une part, les politiques de production et de distribution basées sur le principe de juste-à-temps ont considérablement réduit le temps d'action et de réaction du planificateur. D'autre part, avec l'émergence de nouvelles activités telles que l'e-commerce, les demandes sont toujours plus importantes et variées. En considérant également un secteur d'activité soumis à de nombreuses réglementations nationales et européennes, nous pouvons constater que l'activité de l'exploitant doit prendre en compte divers types de contraintes. A travers l'élaboration et le suivi des tournées de véhicules, l'affectation des chauffeurs et le dispatching de la marchandise, l'activité majeure de ce dernier s'articule autour de la planification. Si des études montrent que l'automatisation de cette planification n'est pas envisageable actuellement (Lenior et al ., 2006), peu de travaux font référence aux processus cognitifs permettant aux exploitants d'élaborer des plans de transport.

Les récents progrès technologiques accentuent d'autant plus l'importance de la compréhension de l'activité mentale de l'exploitant et de la détection de ses besoins réels. En effet, la gestion des flottes par géolocalisation ou le suivi du trafic en temps réel sont autant de moyens modernes qui impliquent une reconsidération systémique du transport routier de marchandise.

Ainsi, dans un cadre général de prévention des risques psychologiques, liés notamment à la surcharge mentale, l'intérêt principal de cette étude est de comprendre les processus cognitifs qui sont mis en œuvre concernant l'ordonnancement dans le TRM.

Une première partie de ce manuscrit est consacrée à une revue théorique des mécanismes d'ordonnancement dans le domaine des transports. Une démarche transversale et pluridisciplinaire a été adoptée pour expliciter ces différentes dimensions. Pour ce faire, nous fondons ce travail principalement sur les références issues de la psychologie ergonomique, mais également celles provenant de la Recherche Opérationnelle (RO), discipline ayant largement contribué à la modélisation de la planification logistique. En effet, la littérature sur la planification dans le transport

étant nettement plus riche dans les sciences de l'ingénierie, il apparaît difficile de réduire le champ théorique à l'ergonomie et la psychologie.

A travers la deuxième partie, la réflexion est portée sur une méthode d'analyse de l'activité de l'exploitant. Cette méthode est basée sur des schèmes de codage permettant d'accéder à l'activité cognitive de l'exploitant par l'analyse de ses verbalisations.

Et enfin, le troisième et ultime chapitre de ce travail vise à pré-valider la méthode avancée dans la partie précédente. Cette étude a également pour objectif d'explorer les différentes possibilités d'automatisation de l'application des schèmes de codage afin de faciliter les futures analyses des données issues du terrain.

# **I. La planification dans le TRM : Contributions théoriques**

## **1. La planification : concepts généraux**

En psychologie ergonomique, la définition de la planification cognitive de Hoc (1987, page 68) est souvent citée à titre de référence. Celle-ci consiste à considérer la planification comme une « élaboration et utilisation de représentation schématique et/ou hiérarchisée (plans) dans le but de guider l'activité ».

Dans cette définition, l'élaboration et l'utilisation de plan sont confondues afin de ne pas séparer les mécanismes sous-jacents à chacune d'entre elles. Cependant, si l'utilisation d'un plan est toujours précédée par son élaboration, les deux aspects ne concernent pas toujours les mêmes acteurs. D'après Cegarra (2004), il s'agit là d'une différenciation entre la planification cognitive et l'ordonnement. Dans la planification cognitive, l'objectif d'un opérateur, lorsqu'il élabore un plan, est d'organiser et de simplifier l'accomplissement des tâches qu'il va réaliser lui-même. La planification des joueurs d'échecs et la préparation de vol par les pilotes d'avions de combats (Amalberti et Deblon, 1991) sont des situations qui reflètent bien ce cas de figure. A l'inverse, les plans qui sont conçus en production industrielle (Erschler et Grabot, 2001) ou par le conducteur de

travaux (Forrierre et al. 2011) sont destinés à des tiers, tant des personnes que des organisations. Concernant l'activité de l'exploitant transport, les plans élaborés sont également destinés à autrui (chauffeurs, partenaires, clients, etc.) puisque ce dernier ne prend pas part au transport de marchandise au sens propre du terme. Plutôt que d'utiliser le terme de « planification », nous adapterons donc la notion « d'ordonnancement » afin de définir l'activité de l'exploitant transport.

La deuxième dimension de la définition qui doit être explicitée est le rôle de la « représentation schématique et/ou hiérarchisée » du plan. Ainsi, le plan doit être considéré comme une représentation d'une situation à un moment donné. La fonction de schématisation correspond à une simplification de la situation, en faisant abstraction des détails peu significatifs. La schématisation permet ainsi de réduire la complexité de la situation et de faciliter sa compréhension. Un plan est hiérarchisé s'il fait apparaître différents niveaux d'organisation de la situation qu'il représente.

Et enfin, la notion de « guide » fait directement référence à l'utilisation du plan comme une direction et une procédure à suivre dans l'accomplissement de l'activité.

En Recherche Opérationnelle, la définition de l'ordonnancement se matérialise par des notions plus concrètes et davantage représentables physiquement. Esquirol et Lopez (1999, page 13) avancent ainsi la définition suivante : « *organiser dans le temps la réalisation de tâches, en tenant compte des contraintes temporelles, contraintes d'utilisation et de disponibilité des ressources* ».

Cette définition se fonde sur trois notions clés : la tâche, les contraintes et les ressources qu'il faut distinguer de l'acception dans le domaine de l'ergonomie.

Une tâche correspond à une entité de travail qui doit être réalisée pendant une durée, délimitée par une date de début et une date de fin. La tâche se définit également par un but à atteindre. Pour pouvoir réaliser la tâche, l'opérateur a besoin de ressources. Celles-ci correspondent aux moyens techniques et humains qui lui sont mis à disposition. Et enfin, les contraintes sont décrites par les auteurs comme des restrictions sur certaines valeurs. Les contraintes peuvent concerner le temps de réalisation de la tâche (contraintes temporelles) ou les ressources mises en œuvre (disponibilité, capacité, etc.).

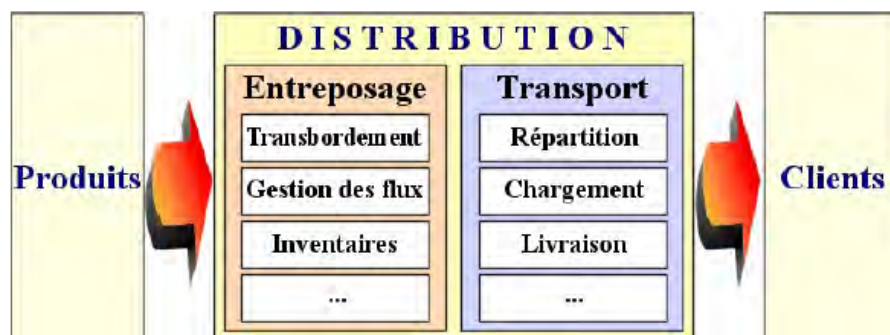
L'ordonnancement peut être statique ou dynamique. Dans un contexte statique, l'ensemble des données est considéré comme connu, et stable dans le temps. A l'inverse, l'ordonnancement dynamique prend en compte l'apparition d'informations nouvelles pendant l'exécution de la tâche.

De même, l'ordonnancement peut être répétitif ou non répétitif. Dans les systèmes où le même séquençement est toujours privilégié dans un contexte stable, l'ordonnancement sera répétitif, avec peu de modifications apportées entre un plan et le suivant. A l'inverse, lorsque les demandes, les ressources ou les contraintes changent, le même ordonnancement ne peut être maintenu. On parle dès lors d'ordonnancement non répétitif.

Ces concepts généraux de la planification et de l'ordonnancement ont été mis en lumière dans de nombreux domaines. Comme cela a été évoqué en introduction, notre intérêt va se porter sur l'ordonnancement dans le transport et, plus précisément, dans le transport routier de marchandise.

## 2. La planification dans le transport routier de marchandise

L'activité de transport est à intégrer dans la notion globale de distribution. Celle-ci représente l'ensemble du processus qui se met en place une fois le produit conçu, jusqu'à la livraison définitive auprès du client (Tompkins et Hermelink, 1994). Ainsi, la distribution englobe deux activités : l'entreposage, qui se réalise sur un même lieu, et le transport des produits (Bolduc, 2003 ; cf. Figure 1). L'étape du transport peut être réalisée en interne, par une chaîne logistique qui est propre à l'entreprise ou par un service d'exploitation d'une société de transport extérieur.



*Fig. 1 : Schématisation de la distribution*

Avant que le produit soit chargé, déplacé et livré, celui-ci doit être réparti par l'exploitant. Cette répartition consiste en l'établissement des ordres de chargement, au choix du camion et à la conception d'un itinéraire de livraison réaliste et réalisable, basée sur les connaissances cartographiques de l'opérateur en charge de la répartition (Bolduc, 2003). En réalité, l'activité de l'exploitant ne se résume pas à la répartition. Celui-ci peut intervenir à différents niveaux, précisément quatre, décrits par Cegarra (2004) :

- **La planification :**

Cette étape se situe en amont de l'application d'un plan concret. Il s'agit de faire des choix stratégiques, sur le long terme, permettant de maintenir un équilibre entre les demandes émanant des clients et les capacités globales de l'entreprise. La planification a pour objectif de fixer une politique de fonctionnement générale, sur une période de plusieurs années.

- **L'ordonnancement :**

Le but est d'élaborer des plans, avec un horizon temporel plus court que la planification. En plus de la conception du plan, l'ordonnancement comprend également le suivi de son exécution, le ré-ordonnancement. Celui-ci se traduit par la modification du plan initial pour répondre à des modifications liées aux contraintes ou au contexte.

- **La répartition :**

Comme nous l'avons vu précédemment, la répartition se résume principalement à l'affectation d'une tâche (une livraison) à une ressource (un camion). La répartition se fait sur un horizon temporel court, de l'ordre de quelques jours.

- **La régulation :**

Elle s'effectue durant l'exécution du plan. Ce sont les réactions du planificateur face aux imprévus. Nous pouvons assimiler la régulation au ré-ordonnancement, puisque les deux ont en commun la notion d'adaptabilité du plan initial pour répondre à de nouvelles contraintes. Cependant, en ce qui concerne la régulation, les modifications ne concernent pas le plan en général, mais plutôt des ajustements afin que le plan élaboré en amont puisse être exécuté dans le temps imparti.

Selon le domaine d'activité et la taille de l'entreprise, chaque niveau de planification est pris en charge par une personne ou un service spécifique. Dans le domaine du transport routier, le/les exploitant(s) transport ont généralement pour mission d'assurer l'ensemble de ces activités. D'après Crainic et Laporte (1997), la planification dans le transport s'articule autour de trois niveaux, qui ont un aspect temporel propre à chacun :

- **Stratégique :**

Ce niveau correspond à la détermination de la politique tarifaire, à cibler la clientèle ou encore à la réduction ou augmentation des capacités de l'entreprise (acquisition de matériels, etc.). Il s'agit donc de positionnements de l'entreprise sur le long terme.

- **Tactique :**

Se situant dans un horizon temporel moyen, la planification tactique concerne l'utilisation la plus efficiente des ressources, le choix des réseaux routiers, l'élaboration des tournées ou

encore l'anticipation des commandes futures. Les décisions stratégiques sont ici adaptées selon les variations tendanciennes, comme les contraintes liées aux saisons.

- **Opérationnelle :**

Et enfin, la planification opérationnelle se traduit par une gestion locale, à court terme, dans un environnement dynamique. Parmi ces préoccupations quotidiennes, nous pouvons citer l'élaboration d'itinéraires, le dispatching des marchandises et des chauffeurs ou encore les activités de maintenance des véhicules.

Si l'exploitant transport peut intervenir lors de la planification et de l'élaboration des politiques à long terme sur une demande de la direction, le cœur de son activité se situe au niveau des interventions à moyen et court termes, y compris le suivi des plans en cours d'exécution.

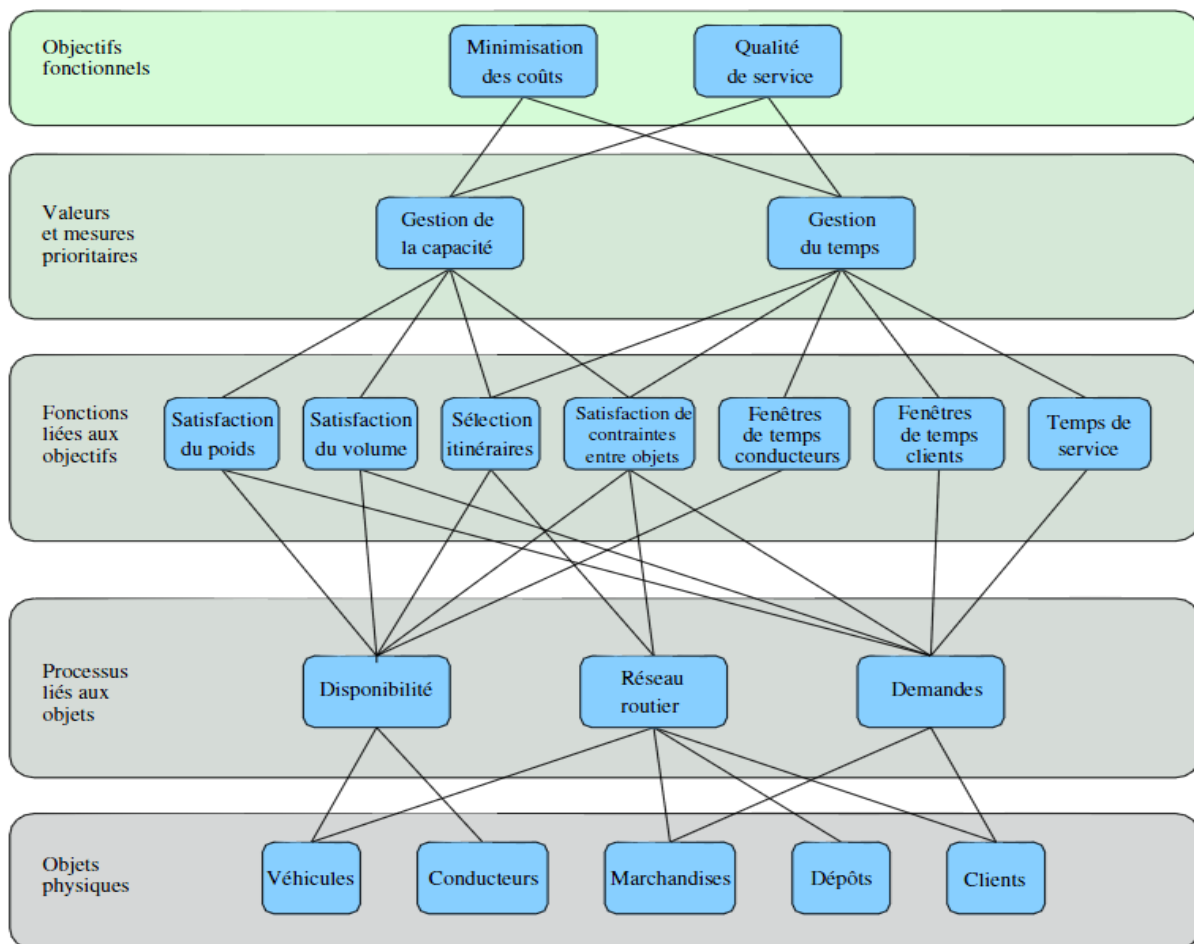
En se basant sur l'horizon temporel, nous pouvons noter que « l'ordonnancement », la « répartition » et la « régulation » de la classification de Cegarra (op.cit.), correspondent aux niveaux « tactique » et « opérationnel » du modèle de Crainic et Laporte (op.cit.). Nous pouvons considérer l'ordonnancement comme un niveau « tactique », alors que la répartition et la régularisation relèveraient davantage d'un niveau « opérationnel ».

Une modélisation du problème d'ordonnancement dans le transport a été présentée par Gacias (2010) basée sur une analyse du domaine (Cf. Figure 2). Cette approche systémique permet de mettre en évidence l'ensemble des contraintes qui caractérisent une situation de travail. Le modèle présenté est fondé sur une hiérarchie d'abstraction issue des travaux de Rasmussen et Vicente (1985 ; 1989 ; 1992 ; 1999). La hiérarchie d'abstraction décompose le domaine du travail selon cinq niveaux :

- Objectifs fonctionnels : représentent les objectifs généraux et la finalité du système.
- Fonctions abstraites : ce sont les critères dont le suivi permet d'évaluer l'état de l'avancement du système vers les objectifs fonctionnels.
- Fonctions générales : il s'agit de contraintes à satisfaire pour remplir les objectifs fonctionnels.
- Fonctions physiques : représentent les limitations et capacités des objets physiques utilisés dans le système.
- Objets physiques : cela correspond aux matériels et aux moyens physiques qui sont mis à disposition.



Chaque niveau permet d'expliquer le « comment ? » du niveau qui le précède. A l'inverse, le niveau supérieur répond à la question « pourquoi ? » du niveau qui lui est inférieur.



*Fig. 2 : Modélisation du problème d'ordonnancement dans le transport*

Le problème d'ordonnancement dans le transport a fait l'objet de nombreux travaux en Recherche Opérationnelle. Ces derniers peuvent être regroupés en deux classes de problèmes (Gacias, 2010) : Le problème de transport (*Transportation Problem*) et le problème de tournées de véhicules (*Vehicle Routing Problem*).

### **Problème de transport**

Le problème de transport ou TP (*Transportation Problem*) a été pour la première fois évoqué par Hitchcock (1941). Celui-ci consiste à minimiser le coût total d'un plan d'expédition (Diagne et Gningue, 2011). Connaissant le coût de transport d'une unité de marchandise, il s'agit de trouver la solution « idéale » pour acheminer celle-ci du point d'origine (producteur, distributeur, etc.) vers la destination (clients, dépôts, etc.).

Les variables à prendre en compte pour résoudre ce problème sont les suivantes : le nombre de points d'origines, le nombre de destinations et la quantité de marchandise. Nous pouvons présenter les différentes données et variables du problème sous la forme suivante :

*M = origines*

*N = destinations*

*C<sub>ij</sub> = coût de transport d'une unité de i à j*

*a<sub>i</sub> = quantités disponibles en i*

*b<sub>j</sub> = quantités demandées par j*

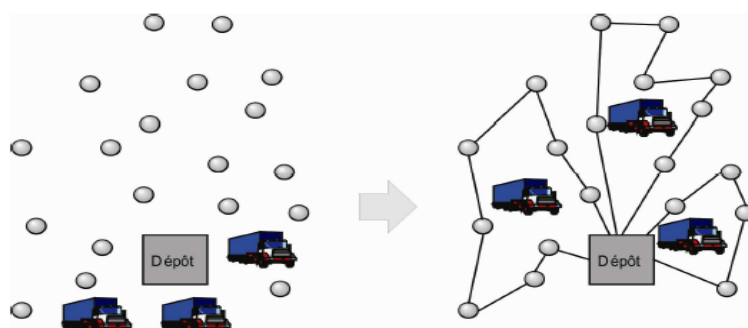
Parmi les méthodes qui permettent de résoudre ce problème, nous pouvons citer la règle du coin Nord-Ouest (ou la méthode du coin supérieur gauche). Cette règle se base sur un algorithme permettant de trouver une solution sans la prise en compte du coût. Bien que la solution obtenue soit simpliste et non-optimale, cette règle a souvent été utilisée dans la littérature comme une base initiale à d'autres algorithmes (Shi, 1995). L'algorithme de Balas-Hammer intègre cette notion de coût minimal, tout en assurant le transport entre origines et destinations. L'algorithme du Stepping-Stone permet également de tendre vers une solution optimale, par le principe itératif qui consiste à répéter une opération jusqu'à l'obtention de la solution escomptée (Herbadji, 2011).

Nous pouvons constater que le TP de base, tel qu'il a été proposé par Hitchcock, n'intègre aucune contrainte particulière. Par conséquent il ne reflète pas complètement la réalité du terrain. C'est pourquoi, depuis le problème initial, des extensions ont été proposées avec de nouvelles situations et contraintes prises en compte.

Parmi les variantes, nous pouvons citer le problème de transport avec coût fixe (FCTP)(Hirsch et Danzig, 1954 ; 1968 ; Adlakha et Kowalski, 2003) ou le problème de transport avec contrainte de capacité (CTP) (Kassay, 1981 ; Rachev et Olkin, 1999 ; Dahiya et Verma, 2007). Cependant, l'ensemble de ces variantes ont un point en commun : Pour accéder à la solution optimale, nous devons considérer que l'ordonnanceur possède des valeurs précises et certaines concernant les coûts, la quantité de produit disponible ou encore la demande du client. Or, ce contexte est loin de refléter les réelles conditions soumises à l'opérateur. Nous verrons par la suite qu'il existe des extensions qui permettent de prendre en compte une partie de l'imprévisibilité et de l'incertitude qui caractérisent le domaine du transport.

## Problème de tournées de véhicules

La seconde classe de problèmes, largement étudiée lors des dernières décennies en Recherche Opérationnelle, concerne le problème de tournées de véhicules ou VRP (*Vehicle Routing Problem*). Ce problème a été introduit par Dantzig et Ramser en 1959, dans la continuité des travaux de Menger sur le TSP (*Travelling Salesman Problem*) dans les années 30. Le VRP consiste en la conception d'un ensemble de tournées d'une flotte de véhicules, partant et revenant d'un même point d'origine (dépôt) en passant par l'ensemble des destinations prédéfinies (Clients) (Baniel, 2009). La *Figure 3* illustre le VRP de base.



*Fig. 3 : Schématisation du VRP*

Tout comme le problème de transport (TP), le VRP a été largement élargi à travers de nombreuses extensions.

Parmi les variantes les plus connues, nous pouvons tout d'abord citer le problème de tournées de véhicules avec contrainte de capacité ou CVRP (*Capacitated Vehicle Routing Problem*). Ce problème intègre la capacité limitée des véhicules dans la détermination des itinéraires de livraison (Fisher et Jaikumar, 1978 ; 1981). Ainsi, la contrainte précise à respecter est la suivante : la somme totale des poids des marchandises destinées à l'ensemble des clients ne doit pas dépasser la capacité maximale du véhicule (Laporte, Nobert et Desrochers, 1985). Pour aller plus loin dans cette analyse, nous pouvons trouver un état de l'art des différents algorithmes de résolution du CVRP, réalisé par Toth et Vigo (2002).

Une autre extension du VRP largement évoquée dans la littérature est le problème de tournées de véhicules avec fenêtres de temps ou VRPTW (*Vehicle Routing Problem with Time Windows*). En effet, dans la pratique, la date et l'horaire de livraison des clients ne peuvent être aléatoires, et c'est en

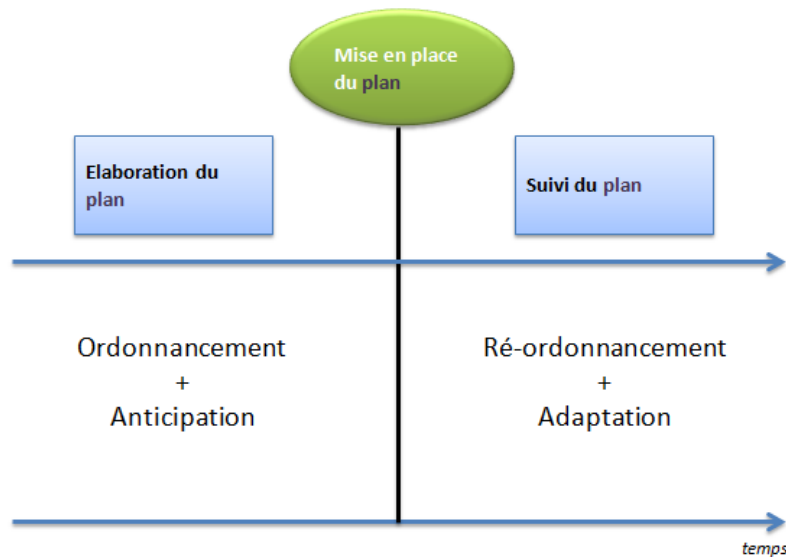
partant de ce constat que Salomon (1987) a introduit le VRPTW. L'exploitant doit respecter un intervalle de temps durant lequel le produit doit arriver à destination. Si le véhicule arrive en avance, il doit patienter jusqu'à l'horaire du début de l'intervalle temporel. A l'inverse, s'il arrive plus tard que la fenêtre de temps prévue, cela engendrera une insatisfaction, voire un refus de la marchandise ou du service de la part du client. Donc un horaire de passage non respecté est synonyme de perte financière directe (pénalités, produit ou service à renouveler) ou indirecte (temps d'attente, baisse de la qualité de service, etc.). De façon générale, deux types d'intervalle de temps sont à distinguer (Grellier, 2008) : les fenêtres de temps « larges » ou « molles », et les fenêtres de temps « serrées » ou « strictes ». Une fenêtre large tolère une livraison hors délai, en contrepartie, il y aura des pénalités infligées. A l'inverse, une fenêtre serrée ou stricte ne permettra en aucun cas l'arrivée du véhicule en dehors du créneau temporel imparti. Parmi les problèmes modélisés par le VRPTW, nous pouvons citer la collecte de déchets industriels ou encore la livraison de produits alimentaires (Gacias, 2011). Une comparaison des différents algorithmes permettant de résoudre le VRPTW a été présentée par Yu, Yang et Yao (2010).

D'autres extensions du VRP peuvent être citées : Le problème de tournées de véhicules avec contraintes de distance ou distance-constraint VRP, le problème de tournées de véhicules avec flotte hétérogène ou HFVRP (heterogeneous fleet VRP) ou encore le problème de tournées de véhicules avec dépôts multiples (MDVRP). De nombreuses autres extensions ont été également évoquées dans la littérature. Ces dernières ont été répertoriées à travers une taxonomie complète proposée par Eksioglu, Vural et Reisman (2009).

Les travaux portant sur le TP et le VRP ont permis d'élaborer des algorithmes destinés à des outils de planification. Si ces solutions mathématiques peuvent s'avérer très efficaces dans la prise en compte d'un grand nombre de contraintes, l'intervention de l'opérateur humain reste indispensable à deux niveaux essentiels (Nakamura et Salvendy, 1994):

L'anticipation des différentes variations possibles pendant l'élaboration d'un plan et l'adaptation du plan initial pendant le cours de son exécution.

La Figure 4 schématise l'évolution de l'activité d'ordonnement de l'exploitant dans le temps.



*Fig. 4 : Activité de l'ordonnanceur dans le temps*

Ainsi, nous considérons l'instant T comme le moment où le plan élaboré devient effectif. L'activité en amont de cet instant sera considérée comme de l'ordonnancement. Une fois le plan en cours d'exécution, toute intervention de l'opérateur sur le plan sera considérée comme du ré-ordonnancement.

### **3. L'anticipation dans l'activité d'ordonnancement de l'exploitant transport**

Dans son activité, l'exploitant doit tenir compte de nombreuses contraintes pour produire un ordonnancement réalisable et efficace. Parmi celles-ci figurent la capacité des camions, les horaires de travail des chauffeurs, les contraintes réglementaires (poids, vitesse, arrêts obligatoires, etc.), les contraintes liées au réseau routier ou aux exigences des clients (horaires, recommandations particulières, etc.). Cependant, la prise en compte de ces éléments ne garantit pas toujours la validité du plan dans le temps.

Dans les situations complexes dynamiques telles que le transport routier de marchandise, la principale difficulté consiste à préserver la flexibilité du plan, pour que les étapes suivantes du plan ne soient pas en contradiction avec les étapes précédentes, et ce malgré des imprévus. Un plan trop précis peut être remis en question par l'évolution propre du processus (Van Daele et Carpinelli, 2001). La flexibilité ne peut être assurée que si l'ordonnanceur fait preuve d'anticipation dans la phase d'ordonnancement.

Pour faire face à la réalité du terrain, l'opérateur doit souvent se contenter d'estimations, de valeurs approximatives ou incertaines (Kumar et Kaur, 2011). Donc anticiper n'est pas prédire ou supposer la variation future des données du problème. Nous définissons de manière générale l'anticipation comme la prise en compte de l'incertitude de certaines données. Ainsi, la capacité maximale d'un véhicule est une donnée certaine. Mais à l'inverse, le temps de relier un point d'origine à une destination reste une estimation affectable par de nombreux éléments extérieurs. Pour Denecker et Hoc (1997), l'anticipation regroupe deux stratégies : La prévision et l'attente. La prévision correspond à une représentation explicite de la situation dans le futur, imaginée par l'opérateur. L'attente représente une notion plus implicite, puisque l'opérateur envisage une évolution de la situation, sans pour autant s'en faire une représentation précise. Il convient de préciser que selon Denecker (1999), la stratégie d'attente nécessite moins de mobilisation de ressources cognitives que la prévision.

Quelle que soit la stratégie adoptée, il est à noter que l'anticipation découle de l'existence d'éléments incertains dans le système. Nous pouvons donc prétendre que, d'une manière générale, l'anticipation s'appuie principalement sur la gestion de l'incertitude. Deux types d'incertitude ont été distingués par Cegarra (2004) : L'incertitude sur les informations données et l'incertitude associée à l'état futur de la situation. L'incertitude sur les informations porte sur les données sur lesquelles l'ordonnanceur se base pour élaborer un plan. Selon la source d'une information, celle-ci peut être plus ou moins précise. La quantité de marchandise annoncée par un client peut en réalité être une simple estimation. Une estimation qui peut s'avérer inexacte, si par exemple le client n'a pas une grande connaissance du produit qu'il souhaite faire livrer. Le second type d'incertitude concerne l'état futur de la situation. D'après l'auteur, celui-ci est lié en partie à l'instabilité du processus et à la survenue d'aléas. Si l'exploitant peut anticiper des ralentissements à l'approche d'une grande ville pendant les heures de pointe, celui-ci aura davantage de difficultés à prédire un accident bloquant complètement la circulation.

Le problème de l'incertitude a également été traité en Recherche Opérationnelle. En RO, l'incertitude renvoie à deux types de variables :

Les variables « imprécises », qui peuvent prendre une valeur quelconque dans un intervalle de valeurs connu, et les variables « incertaines », qui sont complètement aléatoires et ne peuvent pas être prédites. Pour reprendre des exemples qui sont propres au domaine du transport, on observe que le temps de déchargement d'un camion sera considéré comme une variable imprécise. En effet, selon le nombre d'opérateurs présents sur le lieu de livraison, le temps de déchargement sera variable. Cependant, le temps peut être estimé au préalable, en se basant sur une durée moyenne. A

l'inverse, un accident mécanique qui affecte le véhicule doit être considéré comme un événement « aléatoire », et donc comme une variable incertaine.

Pour Kouvelis et Yu (1997), l'incertitude ne doit pas être considérée comme un phénomène extraordinaire. « Le meilleur moyen de contrôler l'incertitude et de prendre des décisions dans un contexte incertain, c'est d'accepter l'incertitude, de la comprendre et de l'intégrer dans le raisonnement initial ».

Ainsi, pour faire face à l'incertitude dans l'ordonnancement, deux concepts clés sont à citer : la flexibilité et la robustesse. Pour Billaut *et al.* (2005), la flexibilité consiste à ne pas faire tous les choix pendant l'élaboration d'un plan, afin d'offrir un degré de liberté lors de son exécution. La flexibilité peut être temporelle, séquentielle ou portée sur l'affectation des ressources. Un ordonnancement est dit « robuste » si sa performance est peu sensible aux aléas et qu'il garantit un certain niveau de service.

On trouve une autre approche de la gestion de l'incertitude qui se base sur la logique floue (Zadeh, 1965). A l'inverse d'une logique binaire (0 ou 1, vrai ou faux), le principe de cette approche est de permettre à une variable de prendre une multitude de valeurs dans un intervalle donné.

Il existe en ordonnancement logistique une variante du problème de transport (TP) largement étudiée dans la littérature: le problème de transport flou, *fuzzy transport problem* (FTP). Dans la continuité de l'application de la logique floue de Zadeh (1965), différents algorithmes ont été proposés en considérant les variables de base comme « floues » (Chanas, Delgado, Verdegay et Vila, 1993).

Ainsi, Chanas et Kuchta (1996) ont proposé un algorithme pour résoudre le FTP avec un coût incertain. Les travaux de Chiang (2005), traitent le FTP en attribuant un intervalle de valeurs à la demande et à la disponibilité du produit, plutôt qu'une valeur précise. Bien que la logique floue ne puisse résoudre l'ensemble des problèmes de transport (Gupta, Kumar, 2011), la flexibilité qu'elle présente facilite l'adaptation des algorithmes aux situations réelles.

Dans le problème de tournées de véhicules (VRP), la gestion de l'incertitude a été évoquée à travers une extension dite « stochastique » (SVRP). En effet, le SVRP consiste à résoudre le problème de tournées de véhicules, alors qu'une ou plusieurs informations ne sont pas disponibles au départ. Les précisions manquantes peuvent correspondre à trois types de données (Laporte *et al.*, 1998) : la

présence ou non du client (VRPSC), le temps de déplacement (VRPSTT) et la demande du client (VRPSD).

#### **4. L'adaptation dans l'activité de suivi et de ré-ordonnement de l'exploitant transport**

Comme nous l'avons vu précédemment, le TRM est un secteur soumis à des événements non prévisibles de différentes natures. Nous pouvons citer les imprévus liés au réseau routier (trafic anormal, accident, travaux, etc.), ceux liés aux chauffeurs (maladie, erreur, etc.), aux véhicules (pannes), aux conditions météorologiques ou encore aux clients (absence sur le lieu de livraison, refus de marchandise, etc.).

Nous constatons ainsi que l'opérateur ne maîtrise pas les facteurs cités, rendant son contrôle de la situation partiel. Ces facteurs, hors du champ d'action de l'opérateur, font référence directement à la définition d'une « situation dynamique » décrite par Amalberti et Hoc (1998). A l'inverse d'une situation statique, le contexte dynamique de la planification dans le transport se traduit par une évolution des caractéristiques du système dans le temps (Samurçay et Hoc, 1988). Autant certains aléas peuvent être anticipés dans la phase d'élaboration du plan, autant la survenue d'autres oblige l'ordonnanceur à réajuster, voire réordonner le plan pour faire face à l'imprévu. C'est pourquoi, lorsqu'une tournée est élaborée, l'exploitant suit en temps réel son exécution, pour mettre à jour sa représentation de la situation (Hoc, 1996).

Nous pouvons définir le ré-ordonnement comme un processus de mise à jour d'un ordonnancement élaboré au préalable, en réponse à des perturbations ou d'autres changements (Vieira, Hermann et Linn, 2003).

En plus de la gestion des imprévus, l'utilité du ré-ordonnement se situe également dans la gestion de l'incertitude. En effet, un ré-ordonnement peut avoir lieu si l'opérateur obtient des précisions sur des variables qui étaient imprécises lors de la phase d'élaboration (Cegarra, 2004). Enfin, le ré-ordonnement a aussi été évoqué dans la littérature comme une activité de « correction » de l'humain envers un système d'ordonnement automatique (Raheja et Subramanian, 2002). Une vision qui ne correspond pas réellement à l'approche ergonomique dans laquelle nous nous situons, positionnant l'opérateur au centre du système de décision. D'autant plus que dans la partie précédente, nous avons mis l'accent sur les qualités anticipatives de l'ordonnanceur qui sont indispensables dans le TRM.



Lors du suivi de l'exécution d'un plan, l'adaptation de celui-ci se base sur les prises d'informations de l'exploitant. Ainsi, un rôle primordial doit être accordé aux outils de prises d'informations en temps réel. Avec l'émergence des nouvelles technologies de l'information et de la communication (NTIC), l'exploitant transport dispose d'informations « réelles » sur des variables qui pouvaient être floues au départ. Nous pouvons ainsi envisager qu'il est aujourd'hui en mesure de réaliser des ré-ordonnements plus efficaces. A titre d'exemple, les systèmes d'information embarqués (SIE) permettent l'échange de différents types d'information en temps réel (Coskun et Grabowski, 2005). Ces équipements sont installés dans les camions, ce qui permet à l'exploitant d'avoir accès à la géolocalisation des véhicules, aux informations sur le conducteur et à la marchandise en temps réel (Hittinger, 2010).

Si ces outils modernes permettent d'améliorer la réactivité de l'exploitant, les autres acteurs peuvent montrer davantage de réticence quant à leur implantation dans les entreprises de transport. En effet, plus qu'un outil de suivi du bon déroulement du plan (des tournées), les conducteurs peuvent considérer les systèmes d'informations embarqués comme un moyen de contrôle de leur performance par la hiérarchie (De Croon et al., 2004). Ainsi, il ne faut pas négliger ces dimensions socioculturelles qui sont à intégrer dans l'approche systémique de l'ordonnement des transports.

L'émergence des NTIC et l'accès à l'information en temps réel a été également une source d'inspiration en Recherche Opérationnelle. On parle alors de « déclenchement asynchrone », qui signifie que toute nouvelle information sur le système peut donner lieu à un ré-ordonnement (Esquirol, Lopez, 1999).

Dans le secteur du TRM, l'ordonnement en temps réel ou l'ordonnement réactif se traduit par l'émergence récente d'une extension du problème de tournées de véhicules (VRP) : le VRP dynamique (DVRP).

A l'inverse du VRP statique, le DVRP prend en compte l'évolution des données dans le temps ainsi que l'apparition de nouvelles demandes ou contraintes (Baniel, 2009). Le DVRP se caractérise par l'ordonnement de tournées avec un faible degré de précision en amont. L'activité de l'exploitant se manifeste principalement par l'adaptation du plan initial en temps réel. Une revue de la littérature du DVRP a été effectuée par Pillac et al. (2010).

Pour illustrer les apports de l'approche dynamique, nous pouvons citer l'étude de Taniguchi et Shimamoto (2004). Dans cette étude, les auteurs ont comparé l'efficacité de deux extensions du problème de tournées de véhicules avec fenêtre temporelle (VRPTW) : le VRPTW- Dynamic et le

VRPTW-Forecasted. La tâche consiste à élaborer des tournées, en respectant les limites de capacité des véhicules et les fenêtres temporelles de livraison des clients. Ainsi, les deux approches ont été utilisées pour réaliser un ordonnancement dans l'objectif de baisser le temps global des tournées et de réduire au maximum le coût global des transports. Le VRPTW-F prend en compte les données issues des trajets des jours précédents pour estimer les temps de trajets et élaborer les itinéraires. L'ordonnancement est donc basé sur des estimations, et il ne peut plus être modifié pendant la réalisation des tournées. Le VRPTW-D se base également sur les mêmes estimations pour élaborer un ordonnancement. Cependant, à l'inverse du VRPTW-F, celui-ci permet de modifier les ordres de passage et les itinéraires pendant le cours de l'exécution du plan. Le VRPTW-D se base sur un système de transport intelligent (STI) qui lui permet d'accéder en temps réel aux informations sur le trafic. Un réseau routier a ainsi été simulé pour tester les deux stratégies différentes. Les résultats montrent que le coût total de l'expédition est de 3,7% plus faible avec le VRPTW-D. Cette stratégie permet également de réduire le nombre de pénalités dues au dépassement des fenêtres temporelles de livraison. Et enfin, l'approche dynamique permet également d'amoinrir la durée totale des trajets de véhicules.

Même si des solutions algorithmiques flexibles émergent, l'opérateur humain reste indispensable dans la gestion de l'incertitude (McKay, Buzacott et Safayeni, 1989). Cette gestion qui est caractérisée par l'anticipation permet de réduire considérablement les risques. Nous caractérisons les risques de l'activité de l'exploitant principalement comme la perte de contrôle du processus et les situations dites « impasses » (Van Daele et Carpinelli, 2001). Ce risque peut se traduire sur le terrain par un service de mauvaise qualité (retards, etc.), mais également par une augmentation du stress professionnel chez les conducteurs, mettant potentiellement en danger leur santé et sécurité. Cela peut engendrer également un risque environnemental en ce qui concerne le transport de matière dangereuse (carburant, produits toxiques, etc.).

Une anticipation cohérente lors de la phase de l'ordonnancement ne garantit pas toujours le bon déroulement du plan, sans aucune intervention de l'exploitant pendant son exécution. En effet, la dynamique et la complexité du contexte des transports mettent souvent les opérateurs dans des situations inattendues et délicates, les obligeant à réadapter leur planification. C'est pourquoi l'objectif de l'anticipation par la gestion de l'incertitude réside avant tout dans la facilitation des ré-ordonnements futurs en cas de nécessité et l'évitement du « point de non-retour ».

## 5. Discussion

L'ordonnancement et le ré-ordonnancement ne sont pas deux activités distinctes de l'exploitant transport. A l'inverse, ils se situent sur un même continuum, celui-ci ayant pour objectif de réduire les risques tout en améliorant la performance de l'entreprise. La qualité de l'ordonnancement conditionne directement les ré-ordonnements qui suivent et les ré-ordonnements jouent une fonction rétroactive sur les ordonnancements ultérieurs.

Nous avons vu également que le lien entre ordonnancement et ré-ordonnancement se caractérise en partie par la gestion de l'incertitude. Aussi importante soit-elle, l'incertitude reste un sujet relativement peu étudié dans le domaine de l'ordonnancement. Les références sont d'autant plus rares concernant la psychologie ergonomique et plus précisément dans le domaine des transports. Il apparaît ainsi indispensable que la méthode d'analyse d'activité mentale, qui va être présentée à travers la suite de ce manuscrit, permette l'obtention d'indications sur la gestion de l'incertitude par l'opérateur.

Pour compléter le tableau dressé de l'ordonnancement à travers ce travail, il convient d'évoquer les moyens qui sont mis en œuvre par l'exploitant dans son activité.

Nous pouvons classer ces ressources selon trois catégories :

- les ressources intrinsèques ;
- les moyens matériels ;
- les collaborations dans le collectif.

Chacune de ces catégories pourrait faire l'objet d'une revue bibliographique et d'une étude approfondie. Cependant, ayant opté pour une démarche transversale, nous les évoquons rapidement dans l'attente d'apporter davantage d'approfondissements lors de travaux futurs.

Les connaissances, compétences et capacités intrinsèques de l'exploitant représentent son principal moyen d'ordonnancement. Ainsi, Crawford et Wiers (2001) accordent un rôle primordial aux connaissances procédurales dans l'activité d'ordonnancement. Ces auteurs définissent l'ordonnancement comme une activité routinière, où la difficulté majeure se résume à gérer l'évolution de la situation et l'apparition des aléas. D'autres auteurs soulignent l'importance des meta-connaissances. Selon Van Daele et Carpinelli (2001), l'anticipation découle directement des connaissances metacognitives. En effet, les connaissances dont les ordonnanceurs disposent sur leur propre capacité de réactivité et d'adaptabilité conditionnent leur ordonnancement.

En plus de ses capacités d'ordonnement intrinsèques, l'exploitant peut également disposer d'outils d'aide à la planification. Comme nous l'avons noté précédemment, les nouvelles technologies de l'information et de la communication représentent un intérêt grandissant dans le domaine du transport routier. Si au premier abord leurs apports peuvent paraître révolutionnaires, leur utilisation doit être soumise à la réflexion. Ces techniques permettent de générer une grande quantité d'informations en temps réel. Ce système peut s'avérer risqué, puisque l'exploitant peut être tenté de privilégier le ré-ordonnement et l'ordonnement réactif, au détriment d'un ordonnancement en amont robuste, basé sur l'anticipation. Ainsi, en ajustant ses actions au fur et à mesure de l'évolution des tournées, l'opérateur s'expose au risque d'être dépassé sur le plan cognitif et d'agir trop tard (Van Daele et Carpinelli, 2001).

Pour que l'exploitant puisse intégrer de manière efficace les informations issues des NTIC, l'outil doit présenter une interface écologique adaptée à l'humain. Les perspectives de recherches sur les interfaces hommes-machines présentent donc un intérêt tout particulier dans le secteur du TRM. A travers une étude d'interface dans l'ordonnement logistique, Cegarra, Gacias et Lopez (2012) ont par exemple démontré que, si la présence d'informations spatiales (sous formes de cartes) peut être bénéfique lors des communications entre l'exploitant et les conducteurs, elle peut être à l'inverse source d'augmentation de la charge mentale et du temps de résolution du problème pendant la phase d'ordonnement.

Et enfin, l'exploitant accomplit son activité professionnelle au sein d'un centre d'exploitation. Il est ainsi inséré dans un collectif de travail formé d'autres exploitants ou de la hiérarchie. La collaboration avec ces derniers peut donc représenter une source d'information supplémentaire dans son ordonnancement. Les travaux d'Hittinger (2010) traitent plus précisément de ce sujet. Bien que cette collaboration ne soit pas l'objet principal de la présente étude, nous soulignons l'intérêt de prévoir un indicateur dans la méthode d'analyse de l'activité, permettant de prendre en considération ces interactions au sein du collectif de travail.

## II. Proposition d'une méthode d'analyse

A travers la partie précédente, nous avons vu que les stratégies d'ordonnancement, la gestion des ressources intrinsèques, la prise en compte de l'incertitude ou la collaboration homme-machine sont autant de notions clés concernant l'activité de l'exploitant transport. Pour mieux appréhender ces éléments, il convient d'analyser l'activité de ce dernier dans les conditions réelles de la pratique de sa profession. L'activité de l'ordonnanceur de transports est de type mental, ce qui signifie qu'elle n'est pas directement « perceptible ». Dès lors, comment rendre l'activité cognitive « visible » afin de pouvoir l'analyser ? Cette question a été, et est encore aujourd'hui, l'une des principales sources d'inspiration dans la recherche en ergonomie cognitive. En effet, ces interrogations méthodologiques ont donné naissance à diverses techniques et méthodologies permettant d'accéder à l'activité mentale mise en œuvre par l'opérateur, dans la réalisation de ses tâches professionnelles.

Parmi ces techniques, nous pouvons citer quelques-unes utilisées fréquemment en ergonomie cognitive telles que « l'entretien d'explicitation » de Vermersch (1994). Celle-ci consiste à s'entretenir avec l'opérateur une fois son activité professionnelle terminée. L'opérateur est dans un premier temps immergé dans le contexte de la situation visée, pour pouvoir par la suite accéder aux structures cognitives activées lors de l'activité réelle. Autre exemple, la technique du « rappel interrompu », explicitée par Bisseret, Sebilotte et Falzon (1999), qui consiste à une interruption de l'activité de l'opérateur, dans le but de lui demander de rappeler un maximum d'éléments dont il se souvient sur la situation remarquée. L'objectif étant ici de repérer les informations que le sujet sélectionne en les maintenant dans sa mémoire, pour effectuer une tâche étudiée. Enfin, nous pouvons également citer la méthode des « protocoles verbaux », d'Ericsson et Simon (1984). Il s'agit de demander à l'opérateur de verbaliser à voix haute toutes les réflexions qui surviennent dans l'accomplissement des différentes tâches auxquelles l'expérimentateur s'intéresse.

Le point commun qui émerge entre ces différentes techniques est le fait de rendre observable l'activité cognitive à travers les verbalisations du sujet. Ainsi, quelle que soit la nature des verbalisations, qu'elles soient spontanées ou différées, provoquées par l'analyste ou naturelles à l'activité, un lien existe entre celle-ci et les processus cognitifs mis en œuvre.

C'est pour cela qu'une grande importance doit être accordée aux données verbales, « à condition que le recueil soit pertinent » (Amalberti, Hoc, 1998).

Nous allons ainsi proposer une méthode basée sur l'analyse des verbalisations pour étudier l'activité de l'exploitant transport. Dans un premier temps, ce sont les fondements théoriques de la méthode qui seront présentés. Par la suite, l'application de cette méthode sera explicitée et testée à travers une étude de pré-validation.

## 1. Méthodes d'analyse des verbalisations

Comme il a été évoqué précédemment, les verbalisations représentent la principale « porte » d'accès aux représentations mentales et à l'activité cognitive. Une fois enregistrées, ces verbalisations sont retranscrites et, par conséquent, le chercheur ou le praticien, doit se donner les moyens d'analyser un contenu sous forme de texte, afin d'atteindre ses buts initiaux.

Pour cette analyse, il existe différents types de méthodes et d'outils utilisés dans la bibliographie. Nous avons choisi d'en présenter un en guise d'exemple, mais également pour mieux illustrer les objectifs qui ont été fixés dans le travail présenté.

L'Analyse Cognitivo-Discursive (ACD), élaborée par Ghiglione, Landré, Bromberg, et Molette (1998), est une méthode d'analyse de contenu de discours. Celle-ci représente un prolongement de l'Analyse Propositionnelle du Discours (APD), issue des travaux précédents de Ghiglione *et al* (1991). Elle intègre également le modèle propositionnel de Kintsch et Van Dijk (1978 ; 1983 ; 1988).

Le principe de l'ACD est de fractionner le discours en unités de « propositions ». Ainsi, toutes les propositions sont analysées selon leurs contenus. Les marqueurs pris en compte sont les verbes, les connecteurs, les adjectifs et les modalisations. Le découpage manuel et l'analyse des différents marqueurs représentent une charge de travail très importante, difficilement réalisable pour le chercheur. C'est pour cela que très vite, en se basant sur ce modèle, Molette et Landré (1994) ont développé le logiciel Tropes, facilitant l'utilisation de l'ACD et exploitant au maximum les théories de Ghiglione *et al*. Depuis, ce logiciel a poursuivi son développement pour être utilisé fréquemment à travers de nombreuses disciplines. Nous pouvons citer la psychologie sociale (Salès-Wuillemen, et Gilibert, 2001), la psychologie clinique (Mirabel-Sarron, 1995), la psychologie cognitive (Piolat, et Bannour, 2009), l'Intelligence Artificielle (Kodratoff, 1999), les sciences politiques (Marchand, 2007) ou encore l'ergonomie (Wolff, et Sperandio, 2000; Wolff, et Visser, 2005).

Le cheminement du logiciel Tropes pourrait donc être schématisé de la manière suivante :



*Fig. 5 : Cheminement de construction de Tropes*

L'exemple du logiciel Tropes permet de mieux illustrer les objectifs de cette étude. En effet, nous avons également opté pour deux fondements théoriques, plus précisément deux schèmes de codage, pour les appliquer à l'activité de l'exploitant transport. Comme il a été évoqué précédemment, le premier objectif vise à explorer l'application de schèmes de codage pour analyser l'activité cognitive de l'opérateur. Cette démarche peut s'avérer intéressante du fait que ces schèmes n'ont pas été utilisés jusqu'à présent dans le cas du planificateur des transports. Quant au second objectif, il correspondrait à la deuxième étape de la Figure 5 : une tentative de contribution à l'automatisation des schèmes de codages, utilisés dans des situations comparables à celle étudiée dans la présente étude. Les schèmes de codage qui ont été appliqués sont le codage de type psycholinguistique de Chauvin (2001), ainsi que le codage de type « Prédicat-argument » de Hoc et Amalberti (1999).

## 2. Schèmes de codage

Le premier schème de codage retenu est de type psycholinguistique. Ce codage a été élaboré par Chauvin (2000) dans le cadre d'une étude sur l'activité d'anticollision des navires de commerce. Cette méthode est notamment inspirée des travaux en linguistique de Culioli (1985, 1990) et en psycholinguistique de Caron et Caron-Pargue (1989, 1991, 2000). Elle part du principe qu'en se basant sur les marques linguistiques, nous pouvons déduire certaines représentations mentales. A titre d'exemple, un verbe employé au passé peut être synonyme d'une prise d'information, tandis que l'emploi du futur est davantage lié à une projection et à une planification antérieure. Un autre exemple encore, « si » est un connecteur de condition signifiant que le sujet est soumis à une contrainte, « pour » est un connecteur de but qui introduit un objectif plus ou moins explicite et « en train de » est un adverbe d'aspectualisation, renseignant sur l'état d'avancement d'une action.

Au final, Chauvin propose 7 dimensions pour analyser les énoncés : le référent, les marques des opérations sur les notions, les marques des opérations de modélisation, les marques des opérations

de temporalisation, les marques de structure, les connecteurs introduisant des arguments et enfin les arguments.

Le Tableau 1 récapitule l'ensemble de ces variables, ainsi que les modalités pour chacune d'entre elles. Les variables « référents » et « arguments » sont spécifiques au domaine étudié. Les exemples cités dans ces deux catégories correspondent donc au contexte d'élaboration de ce schème de codage : l'activité d'anticollision des navires de commerces.

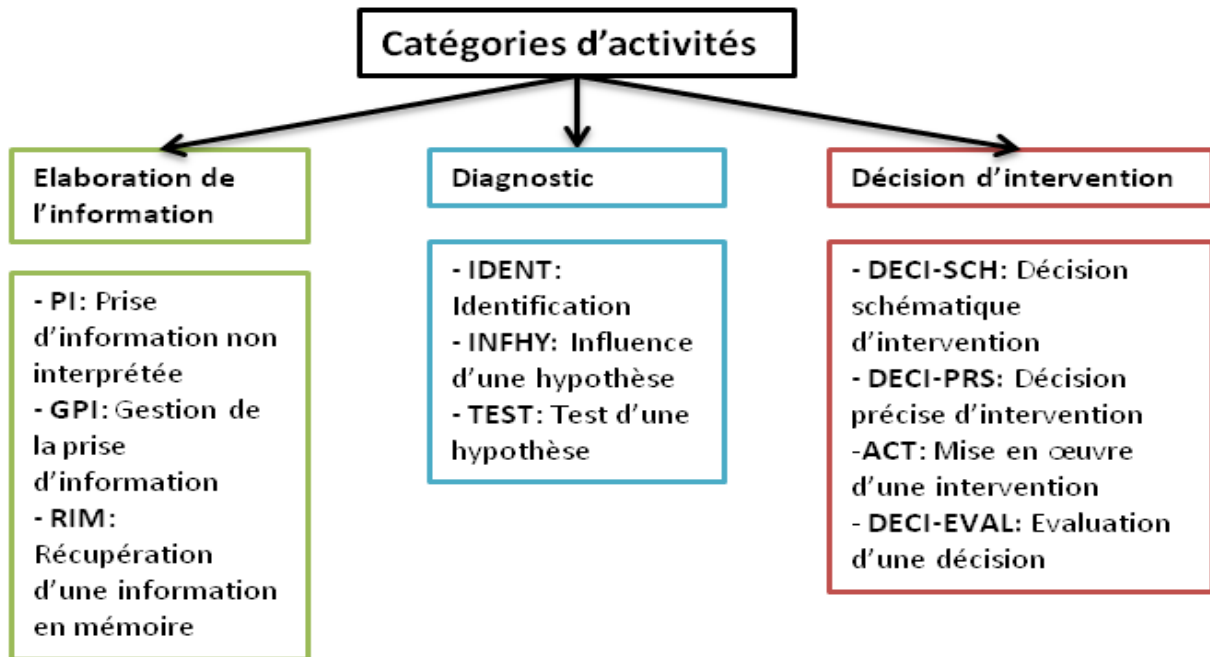
<b>Variables</b>	<b>Modalités</b>
<b>Référents</b>	1- Caractéristiques du CONFLIT (distance, distance de passage...) 2- TYPE DE LA CIBLE 3- Attributs des navires, cible et de l'environnement (ATTRIBUTS) 4- MANOEUVRE DE LA CIBLE 5- MANOEUVRE DU NAVIRE 6- EVALUATION (portant sur des faits ou les pensées de l'autre officier)
<b>Marques des opérations sur les notions</b>	1- Absence de marque 2- Marques d'aspectualisation 3- Marques de quantification
<b>Marques des opérations de modalisation</b>	1- Absence de marque 2- Verbes modaux 3- Verbes épistémiques et adverbes modaux
<b>Marques des opérations de temporalisation</b>	1- Absence de marque 2- Passé 3- Futur 4- Adverbes temporels
<b>Marqueurs de structure</b>	1- Absence de marque



	<p>2- interjections</p> <p>3- marques de correction ou d'évaluation des énoncés précédents</p> <p>4- <i>donc</i></p> <p>5- <i>et, ou, soit... soit</i></p>
<b>Connecteurs introduisant des arguments</b>	<p>1- Absence de connecteurs</p> <p>2- Connecteurs introduisant des causes ou des éléments de concession : <i>parce que, puisque, comme, vu que, d'autant plus que, alors que</i></p> <p>3- connecteurs introduisant des arguments temporels ou des conditions : <i>quand, dès que, si, il suffirait que</i></p> <p>4- Connecteur introduisant un but : <i>pour</i></p>
<b>Arguments (quels objets sont concernés)</b>	<p>1- Absence d'argument</p> <p>2- les attributs de l'environnement, du navire et de la cible (y compris les type et manœuvre de la cible rarement évoqués en tant qu'arguments)</p> <p>3- Les caractéristiques du conflit</p> <p>4- La manœuvre du navire</p> <p>5- Evaluations</p>

Tab. 1 : Codage psycholinguistique des énoncés

Le second schème de codage utilisé est donc celui de type « Prédicat-argument ». En effet, Hoc et Amalberti (1998 ; 1999) ont conçu cette technique qui permet de décomposer l'activité de l'opérateur. Ainsi, un prédicat code une activité, et les arguments représentent les caractéristiques de la mise en place de cette activité. Les auteurs évoquent un total de 10 prédicats, regroupés dans 3 catégories d'activités : l'élaboration et la prise d'information, le diagnostic et la décision d'intervention. La figure 6 récapitule les trois classes de prédicats exposées par les auteurs.



*Hoc, Amalberti (1999)*

Fig. 6 : Classes de prédicats

Les arguments apportent des précisions au prédicat choisit. Ainsi, pour expliciter l'utilisation de ce codage, de même que sa retranscription, nous reprenons l'exemple suivant élaboré par les auteurs :

*« Au moment où l'avion LTU814 entre en contact-radio, le contrôleur se rappelle qu'il avait décidé antérieurement de descendre son niveau de vol autorisé à l'entrée du secteur. »*

Ici, le prédicat correspondant est « RIM », puisqu'il s'agit d'une information que l'opérateur récupère dans sa propre mémoire. L'ensemble du prédicat et ses arguments sera noté de la manière suivante :

RIM (<TYPE-OBJET>, <OBJET>, <VARIABLE>, <VALEUR>, <CONDITION>, <BUT>)

Avec les informations disponibles, cette séquence sera codée de cette façon :

RIM (avion, LTU814, descendre-cfl, 290, appel, assume).

Au même titre que le codage psycholinguistique, et dans une moindre mesure le codage sémiologique, le codage de type « prédicat-argument » est fréquemment utilisé dans les travaux en ergonomie cognitive, pour découper l'activité observable. Les travaux de Guerin et Hoc (2011), sur l'ordonnement manufacturier, en représentent un bon exemple d'application.

Afin de mesurer la validité des schèmes de codage présentés dans le contexte du TRM, nous avons fait le choix de les appliquer à un échantillon de données, issu de l'activité d'un exploitant.

Les deux schèmes de codage évoqués présentent un avantage considérable : la facilité de leur adaptation à différents contextes et selon différents objectifs. En effet, l'analyse plus précise d'un prédicat ou d'une des modalités du codage psycholinguistique nous permet d'avoir des informations sur une dimension précise de l'activité. A titre d'exemple, dans la partie théorique, nous avons mis en lumière l'importance d'analyser la gestion de l'incertitude ou encore la prise en considération des interactions sociales. Le degré de l'incertitude peut être évalué en s'intéressant de près aux marques de modalisation et à l'étude de la fréquence d'apparition des verbes épistémiques et adverbes modaux (Caron-Pargue, 1991). En effet, d'après les auteurs, chaque verbe épistémique porte un degré de certitude distinct. *Je sais* et *j'affirme* expriment un degré maximal de certitude alors que *je suppose*, *je présume* ou *j'imagine* signifient le degré de certitude le plus faible.

Concernant l'étude des interactions, nous pouvons nous baser sur le schème « Prédicat-arguments ». Si, d'un point de vue pratique, il apparaît difficile de coder les arguments de l'ensemble des prédicats, il est tout de même possible d'attribuer des arguments à un ou plusieurs prédicats, dans un but bien précis. Ainsi, en attribuant l'argument « Source » au prédicat « Prise d'information » (PI), nous pouvons différencier la provenance de l'information. Celle-ci peut être prise auprès d'un conducteur, sur un écran d'ordinateur ou lors d'une interaction avec un collègue. L'intérêt serait alors de discerner dans la réalisation de quelle tâche et pour quels types de problématiques l'opérateur fait appel au collectif.

L'étude de pré-validation qui suit n'intègre pas ce degré de précision de l'exploitation des schèmes de codage. L'objectif sera ici d'appliquer la méthode dans sa globalité, sans mettre l'accent sur une dimension ou une variable particulière.

# III. Pré-validation de la méthode sur un échantillon de données

## 1. Objectifs

L'étude de pré-validation est un moyen de déployer les schèmes de codage sur un échantillon de données issues de l'activité de l'exploitant transport. Cette étude permet d'avoir un premier aperçu des apports de la méthode évoquée ainsi que les particularités de sa mise en œuvre. Celle-ci est plus précisément motivée par un double questionnement :

1. ***Qu'est-ce que l'analyse des verbalisations peut nous enseigner sur l'activité mentale du planificateur des transports?***

Il s'agira de repérer et comprendre les liens qu'il pourrait y avoir entre les tâches effectuées et les représentations mentales sous-jacentes, dans l'accomplissement d'une activité professionnelle de planification telle que celle de l'exploitant transport.

2. ***Est-il possible de faciliter l'application des schèmes de codage?***

Cette interrogation consiste à explorer les moyens de facilitation de la mise en œuvre de la méthode. Cela se concrétise notamment par l'étude des cooccurrences entre les modalités de chaque schème de codage. Cette démarche permettrait de mettre en évidence des indicateurs rendant possible l'automatisation d'une partie du codage de l'activité mentale.

## 2. Données

Les données sur lesquelles cette étude a été basée étaient sous forme d'enregistrements vidéo. Ces enregistrements, mis à notre disposition par l'INRS, proviennent de caméra placée dos à l'opérateur en salle d'exploitation.



*Image 1 : Exploitant sur son poste de travail*

Il est important de noter que l'exploitant était sur son poste de travail habituel (image. 1) et la seule consigne donnée à celui-ci était de réaliser son activité tout à fait naturellement. Ces enregistrements permettent principalement d'avoir accès aux verbalisations de l'exploitant. Ces dernières consistent de manière générale en des conversations téléphoniques, avec les chauffeurs ou les clients, ou des dialogues entre collègues au sein de la salle d'exploitation.

### **3. Procédure expérimentale**

Dans un premier temps, nous avons retranscrit l'ensemble des verbalisations d'un exploitant, sur une durée de 3H. Cela représente une matinée de travail de ce dernier. Les communications n'ayant aucun lien avec l'activité professionnelle n'ont pas été retenues (Exemple : plaisanteries, vie privée, etc.).

Une fois la retranscription terminée, l'ensemble des verbalisations a été découpé en « énoncés ». Chaque énoncé est un regroupement de plusieurs mots, transmettant une idée. « Il faut qu'il décharge », « Tu fais quoi aujourd'hui ? » ou « bon ben on se tient au courant » sont quelques exemples d'énoncés.

Au final, nous avons obtenu 367 énoncés qui ont été par la suite analysés selon quatre dimensions, dont les deux schèmes de codage qui ont été présentés précédemment :

### a. Le type d'activité

Dans l'étude d'Hittinger (2010) qui porte également sur le domaine du transport routier, une catégorisation des principaux types d'activité de l'exploitant a été effectuée. Ainsi, les principaux buts et sous-buts qui motivent l'activité entreprise par l'exploitant ont été répertoriés. Dans le cadre de notre étude de pré-validation, cette catégorisation (*Tab. 2*) a été reprise et nous y avons soumis l'ensemble des énoncés. Cependant, les travaux futurs pourraient très bien s'appuyer sur d'autres composantes de l'activité de l'exploitant, comme par exemple l'ordonnancement et le ré-ordonnancement.

<b>Buts</b>	<b>Sous-buts</b>
1. Remplir camion	1.1 Trouver fret 1.2 Conclure un transport de lot 1.3 Traiter les bons de commande
2. Organiser les tournées à venir	2.1 Repérer les conducteurs disponibles 2.2 Affecter marchandises aux conducteurs 2.3 Mutualiser les informations liées aux tournées construites
3. Suivre les tournées en cours de réalisation	3.1 Localiser un conducteur 3.2 Contrôler situation d'un conducteur dans un objectif de contrôle
4. Gérer les imprévus se produisant pendant la tournée	4.1 Rechercher des solutions pour pallier à un imprévu 4.2 Diffuser les informations liées aux modifications susceptibles de survenir sur le transport d'un lot à livrer
5. Développer relation commerciale avec clients	5.1 Prospecter le marché du transport 5.2 conclure un transport de lot

*Tab. 2 : Buts et sous-buts de l'exploitant transport*

Exemple : Pour l'énoncé « Mon camion est sur St-Dizier », nous proposerons la catégorisation suivante :

<b>Énoncé</b>	<b>But</b>	<b>Sous-but</b>
Mon camion est sur St-Dizier	<b>3. Suivre les tournées en cours de réalisation</b>	<b>a. Localiser un conducteur</b>

### **b. Le codage psycholinguistique des verbalisations**

Dans un deuxième temps, c'est le codage psycholinguistique, présenté précédemment, que nous avons appliqué à l'ensemble des énoncés. Parmi les 7 dimensions, nous en avons retenu 5. Les dimensions « Référents » et « Arguments » n'ont pas été maintenues dans le schème final, puisqu'elles portent sur l'objet de l'activité. Or à travers notre démarche, l'accès à ces informations se fait grâce au premier traitement sur le « type d'activité ».

Exemple : L'énoncé «Heu ... c'est de savoir après si je fais descendre » serait codé de la manière suivante :

<b>Énoncé</b>	<b>Marques des opérations sur les notions</b>	<b>Marques des opérations de modalisation</b>	<b>Marques des opérations de temporalisation</b>	<b>Marqueurs de structure</b>	<b>Connecteurs introduisant des arguments</b>
Heu... c'est de savoir après si je fais descendre	<b>Aspectualisation</b>	<b>Absence de marque</b>	<b>Adverbes temporels</b>	<b>Interjections</b>	<b>Connecteurs introduisant des arguments temporels ou des conditions</b>

### **c. Le codage « Prédicat-argument » des verbalisations**

Après le codage psycholinguistique, les énoncés ont été soumis au codage «Prédicat-argument». Il a été décidé de retenir uniquement les prédicats et de ne pas se focaliser sur les arguments. En effet, le codage des arguments représente un travail extrêmement lourd. Un niveau d'approfondissement qui ne nous paraît pas indispensable pour cette étude de pré-validation, d'autant plus que le codage des prédicats est complété par les apports psycholinguistiques.

Exemple : L'énoncé « Tu seras libéré dans combien de temps ? », pourra être caractérisé par l'un des dix prédicats exposés dans la Figure 6.

Énoncé	Prédicat
Tu seras libéré dans combien de temps ?	PI

#### d. Étiquetage grammatical automatisé

Enfin, en guise de quatrième étape d'analyse de cette procédure, nous avons décomposé l'ensemble des énoncés à l'aide de l'application TreeTagger (Stein, 2003). Cette application, conçue en linguistique, permet d'effectuer un étiquetage grammatical. Celui-ci est un processus qui consiste à associer aux mots d'un texte leurs fonctions grammaticales, grâce à leur définition et leur contexte. 33 marqueurs grammaticaux sont pris en compte parmi lesquels le nom, l'adjectif, l'adverbe, les différents temps de conjugaison du verbe, etc. (cf. Annexe 1). A ces 33 dimensions, nous avons rajouté une dernière, manuellement, qui est le « verbe principal ». Il s'agit du verbe majeur de l'énoncé, qui permet de lui donner tout son sens. Celui-ci peut s'avérer utile, plus précisément dans les cas où il existe plus d'un verbe dans l'énoncé.

L'utilisation de l'étiquetage grammatical trouve tout son intérêt dans l'accomplissement du second objectif de cette étude : La contribution à l'automatisation des codages psycholinguistique et de l'activité mentale (Prédicats).

Exemple : L'énoncé « Tu peux le prendre » serait ainsi étiqueté de la façon suivante :

Énoncé	PRO:PER: <i>(pronom personnel)</i>	VER :infi: <i>(verbe infinitif)</i>	VER:pres: <i>(verbe présent)</i>
Tu peux le prendre	Tu	Prendre	Pouvoir

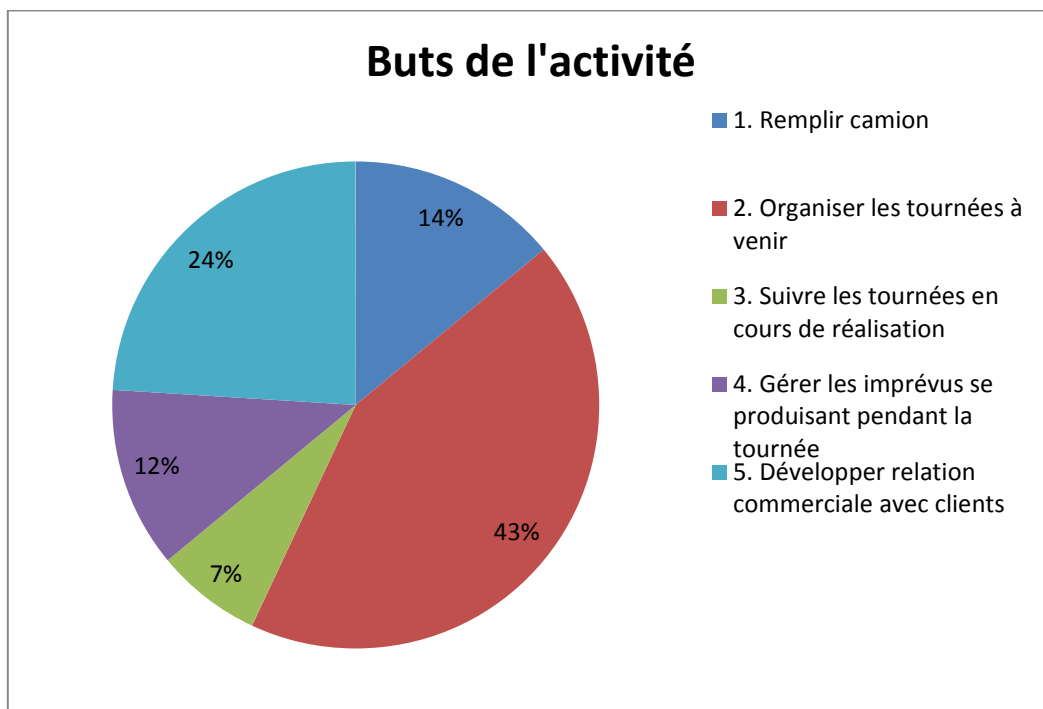


## 4. Résultats

Les résultats obtenus sont présentés à travers deux parties, correspondant aux deux objectifs annoncés.

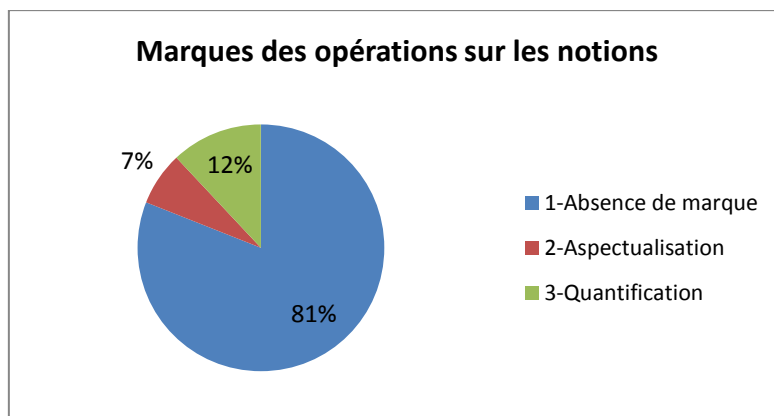
### a. Compréhension de l'activité : liens entre buts et les représentations mentales

Dans un premier temps, il apparaît important de présenter l'ensemble des effectifs pour chacune des dimensions étudiées. Cela permet de mettre en exergue une photographie de l'activité de l'exploitant, aussi bien sur le plan cognitif qu'au niveau des tâches opérationnelles.



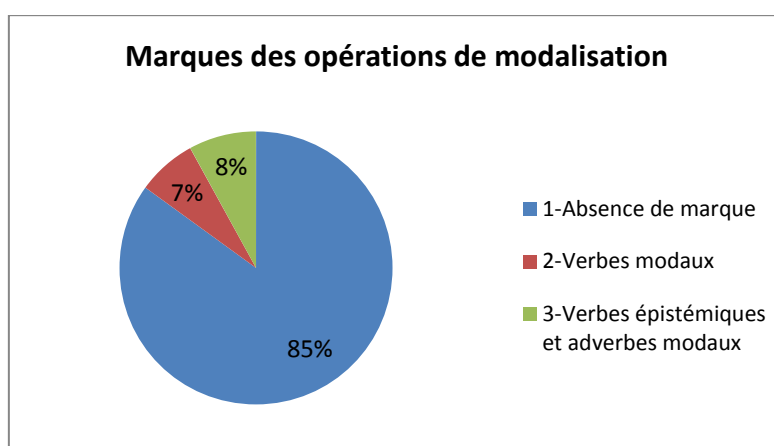
*Graph. 1 : Buts de l'activité de l'exploitant*

Nous pouvons noter que le but le plus représenté de l'activité de l'exploitant est « l'organisation des tournées futures ». L'aspect commercial remplit aussi une place importante, arrivant en deuxième place. Les graphiques 2 à 6 représentent les effectifs, pour chaque modalité du codage psycholinguistique :



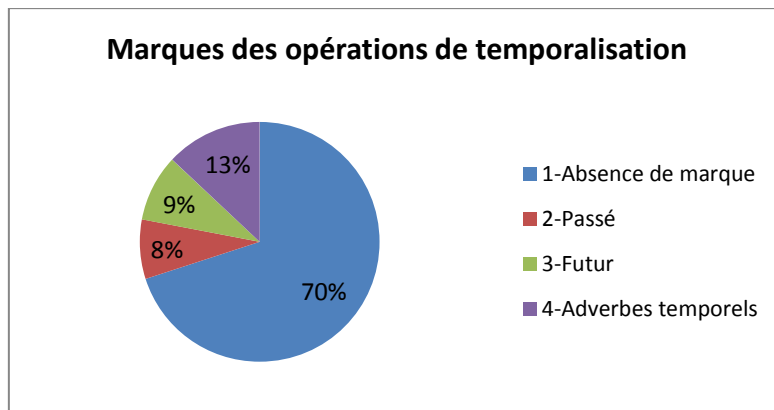
Graph. 2 : Marques des opérations sur les notions

Les marqueurs de quantification apparaissent dans 12% des énoncés, ce qui n'est pas négligeable. La quantification, qu'elle soit sous forme de poids, de tarif, de taille ou de distance semble donc être omniprésente dans l'activité de l'exploitant.



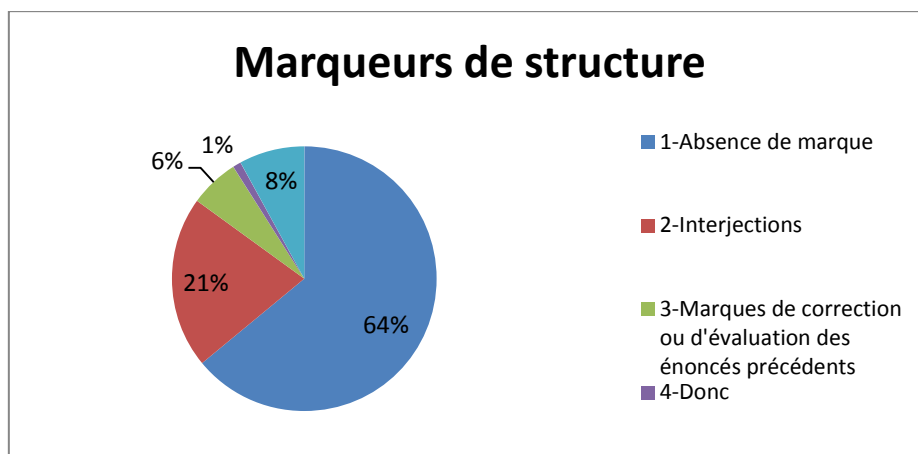
Graph. 3 : Marques des opérations de modalisation

Nous remarquons que les pourcentages d'apparition des verbes modaux et verbes épistémiques sont à hauteur de 7% et 8%. Comme nous l'avons dit précédemment, les verbes épistémiques et les adverbes modaux sont des indicateurs du degré de l'incertitude. Ainsi, 8% des énoncés contiennent une information quant au niveau de l'incertitude dans l'activité.



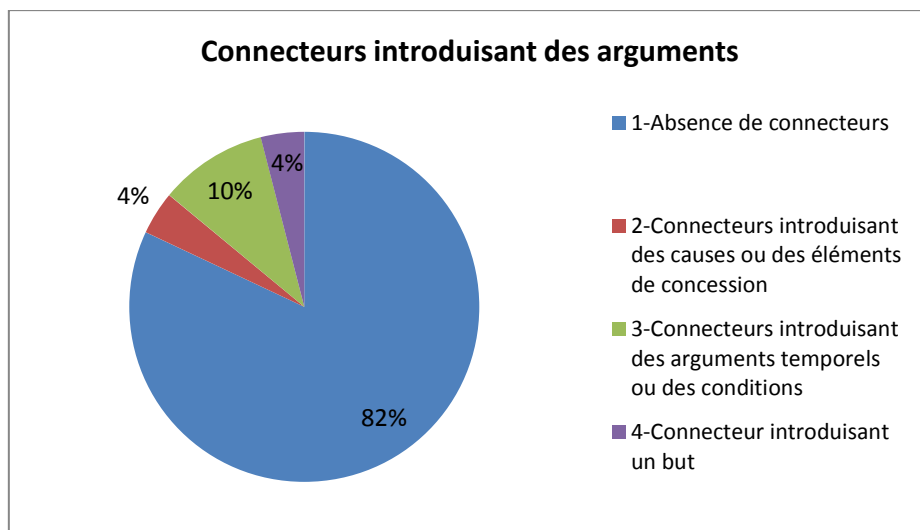
Graph.4 : Marques des opérations de temporalisation

Les adverbes temporels sont présents à hauteur de 13%. Ce pourcentage peut confirmer l'importance des contraintes temporelles dans l'ordonnement des transports. « Absence de marque » correspond à des énoncés sans indication temporelle ou bien à l'emploi du présent.



Graph. 5 : Marqueurs de structure

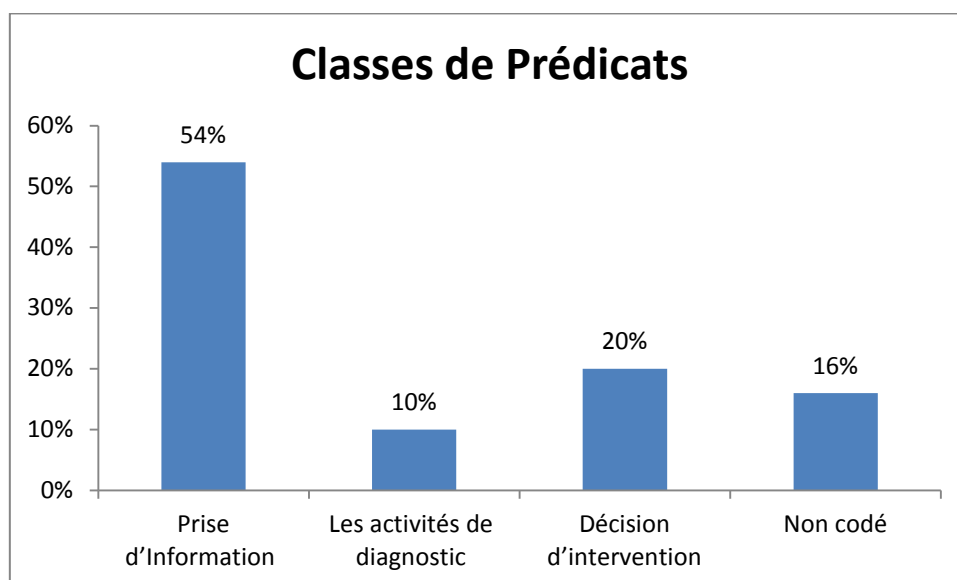
Avec un pourcentage de 21%, les interjections apparaissent dans un énoncé sur cinq, ce qui n'est pas négligeable. Les interjections peuvent être considérées comme des indicateurs complémentaires intéressants dans l'étude des processus mentaux. Elles peuvent avoir différents sens. En effet, les interjections peuvent, par exemple, exprimer une réflexion (*Hmmm, heu*) ou une récupération soudaine d'une information recherchée (*Ah*).



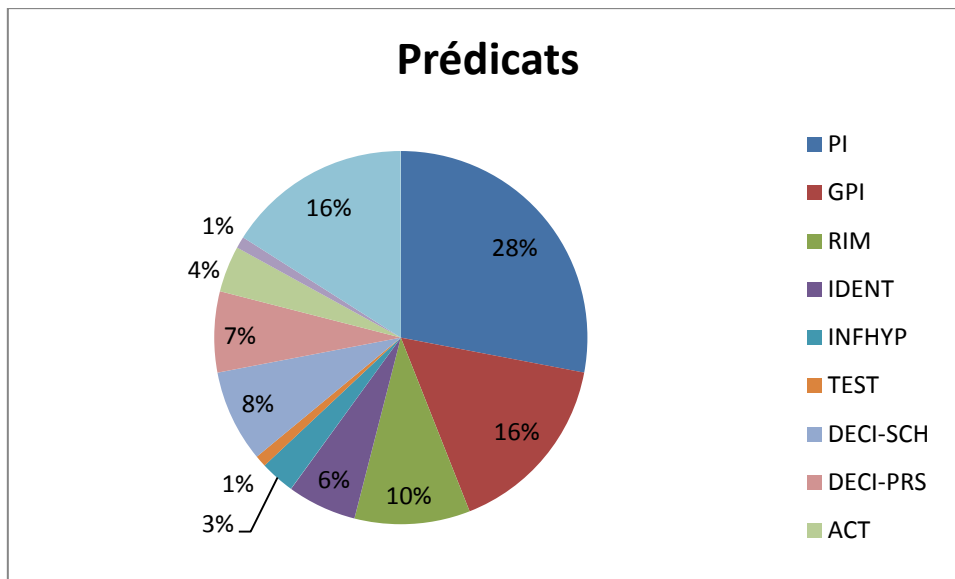
*Graph. 6 : Connecteurs introduisant des arguments*

A travers le Graphique 6, nous pouvons remarquer l'apparition assez fréquente de connecteurs introduisant des arguments temporels ou de conditions (10%). Ce constat va dans le même sens que le pourcentage élevé d'adverbes temporels (cf. Graph. 4). Ainsi, en nous basant sur les productions verbales, nous pouvons supposer que les notions de « temps » et de « quantité » représentent les principaux sujets de réflexions et/ou de contraintes dans l'activité de l'exploitant.

Enfin, les graphiques 7 et 8 reflètent la dispersion des énoncés selon les modalités de prédicats.



*Graph. 7 : Classes de prédicats*

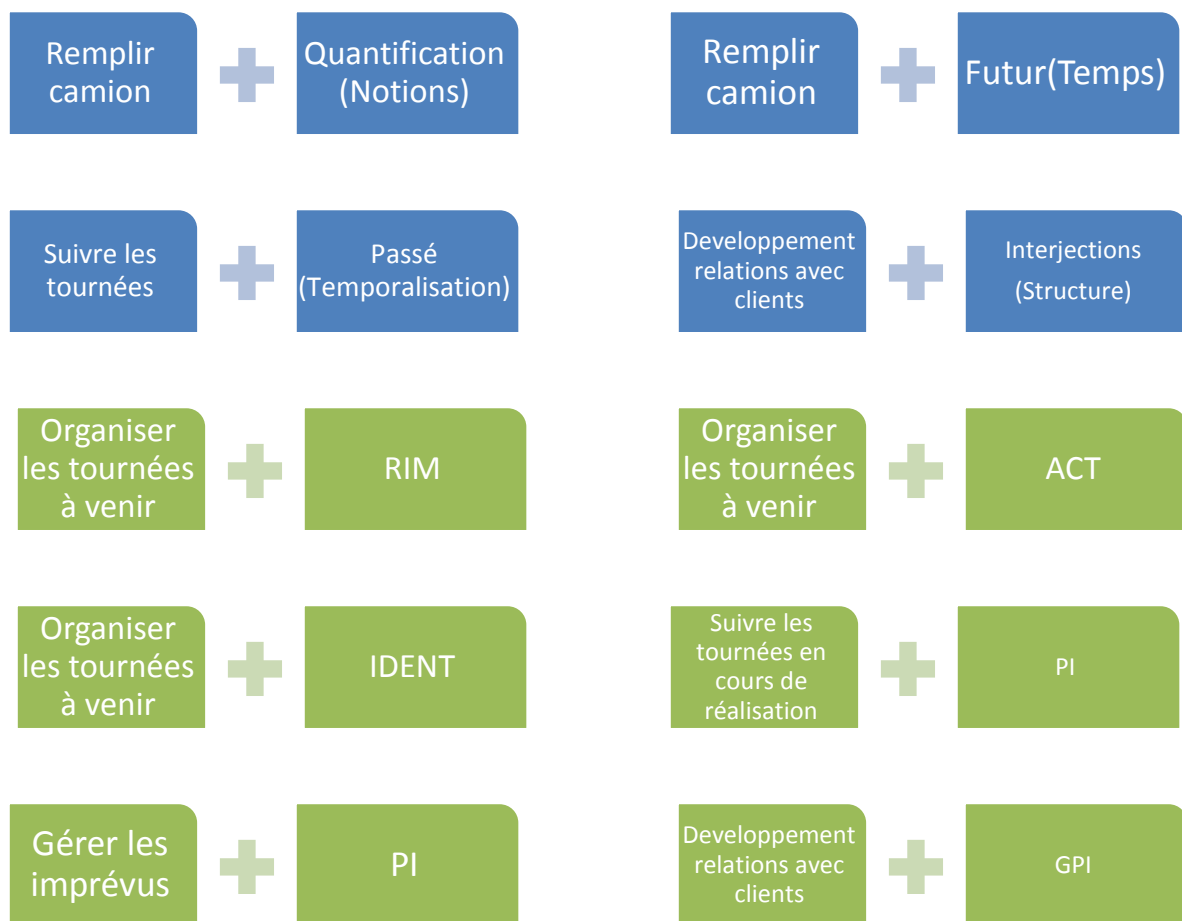


Graph. 8 : Prédicats (cf. Fig. 6, P.27)

Sur un plan cognitif, nous constatons que l'activité de l'exploitant est majoritairement composée de situations qui renvoient à des prises d'informations (54%). Notons également que les décisions d'intervention sont davantage schématiques (16%) que précises (7%). Quant aux activités de diagnostic, il semble que ces dernières sont peu fréquentes chez l'exploitant transport.

L'ensemble de ces résultats descriptifs permet de se créer une première image de l'activité de l'exploitant transport. Ces derniers doivent être approfondis pour tenter de répondre au mieux aux questionnements concernant les représentations mentales sous-jacentes aux tâches réalisées (Objectif 1).

Pour cela, nous avons effectué un croisement entre les buts d'activités et les différentes dimensions des deux schèmes de codage. Ainsi, nous avons pu dégager des « couples de correspondances », reliant pour chacun un but à une dimension de l'activité mentale. Ces associations présentées à travers la Figure 7, se justifient par une distribution significativement plus importante entre les deux éléments reliés, en comparaison avec l'ensemble des dimensions mesurées. Nous retrouvons en bleu les correspondances Buts/Marques psycholinguistiques et en vert les associations Buts/Prédicat.



*Fig. 7 : Couples de correspondances entre Buts de l'activité et représentations mentales*

Concernant les marques psycholinguistiques, nous notons que la répartition de marchandises dans les camions s'associe avec les marques de quantification et qu'elle s'emploie plutôt avec une temporalisation au futur. A l'inverse, l'action de suivre les tournées se caractérise plus généralement par l'emploi des verbes au passé. Enfin, les conversations entre l'opérateur et les clients, dans un objectif de créer des relations commerciales, sont particulièrement accompagnées d'interjections.

Quant aux correspondances Buts/Prédicats, notons que l'organisation des tournées à venir se traduit sur un plan cognitif par une récupération d'information en mémoire (RIM), une identification (IDENT) et la mise en œuvre d'une intervention (ACT). Suivre les tournées en cours de réalisation ainsi que la gestion des imprévus co-occurrent avec la prise d'information (PI). Le développement de relations commerciales correspond à la gestion de prise d'information (GPI).

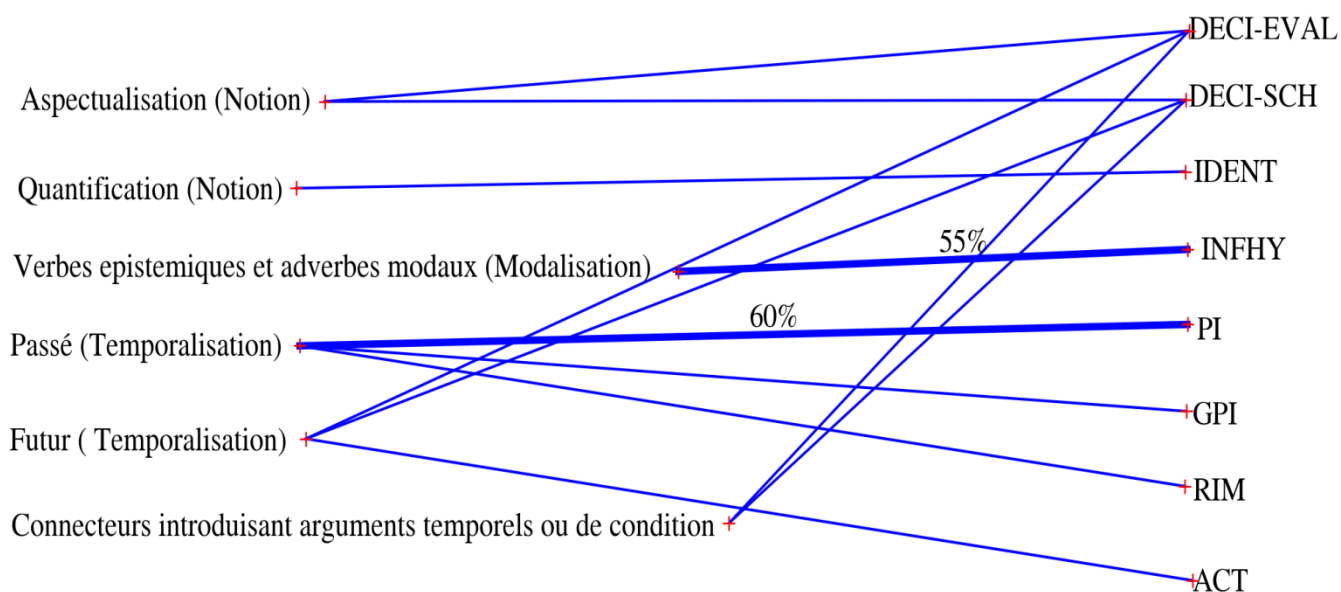
## b. Cooccurrences et prédictions entre les différents schèmes de codage appliqués

Nous allons désormais nous intéresser aux résultats qui concernent le croisement de nos deux schèmes de codages entre eux, mais aussi avec l'étiquetage grammatical. Cela va nous permettre de repérer d'éventuelles cooccurrences entre différentes dimensions étudiées, afin de nous projeter vers de potentielles prédictions. L'objectif étant de prédire les modalités d'un type de codage, en se basant sur les données issues d'un traitement différent.

A travers les Figures 8 à 10, nous présentons les résultats de ces croisements. Dans ces arbres de correspondances nous distinguons 3 degrés de prédiction :

- **Prédiction significative** : Celle-ci correspond à un élément qui en prédit un autre de manière statistiquement significative (test  $\chi^2$ ). Soit une prédiction significativement plus importante que pour le reste des éléments. Cependant, pour cette catégorie, la prédiction ne dépasse jamais 50%. Les éléments se rapportant à cette catégorie sont présentés par le trait le plus fin, sans apparition du pourcentage de prédiction.
- **Prédiction Importante** : Cette catégorie correspond aux prédictions significatives situées entre 50 et 75%. Elles sont représentées par un trait d'épaisseur intermédiaire.
- **Prédiction quasi-systématique** : Ici, l'apparition d'un des éléments correspond à une apparition presque systématique de l'autre, avec un taux de prédiction de plus de 75%. Précisons tout de même que la notion « quasi-systématique » concerne uniquement les données de cette étude, ce qui pourrait ne pas être le cas pour d'autres. Les prédictions quasi-systématiques sont présentées avec les traits de correspondances les plus épais.

La Figure 8 résume les correspondances significatives repérées en effectuant des tableaux croisés dynamiques, entre le codage psycholinguistique et le codage de Prédicats.



*Fig. 8 : Correspondances entre marques psycholinguistiques et Prédicats*

Concernant les marques de notion, l'aspectualisation prédit les prédicats de décision schématique (DECI-SCH) et l'évaluation d'une décision (DECI-EVAL), alors que les opérations de quantification prédisent l'identification (IDENT),  $\chi^2 (20, N=366)= 70,5, p<.001$ .

Concernant les opérations de temporalisation, il est intéressant de noter que les prédicats de prise de décision (PI, GPI, RIM) co-occurrent avec l'emploi du passé. Cette cooccurrence est d'autant plus importante pour le prédicat PI (prise d'information). A l'inverse, l'emploi du futur correspond à la classe d'activité de décision d'intervention (DECI-EVAL, DECI-SCH et ACT),  $\chi^2 (30, N=366)= 84,6, p<.001$ .

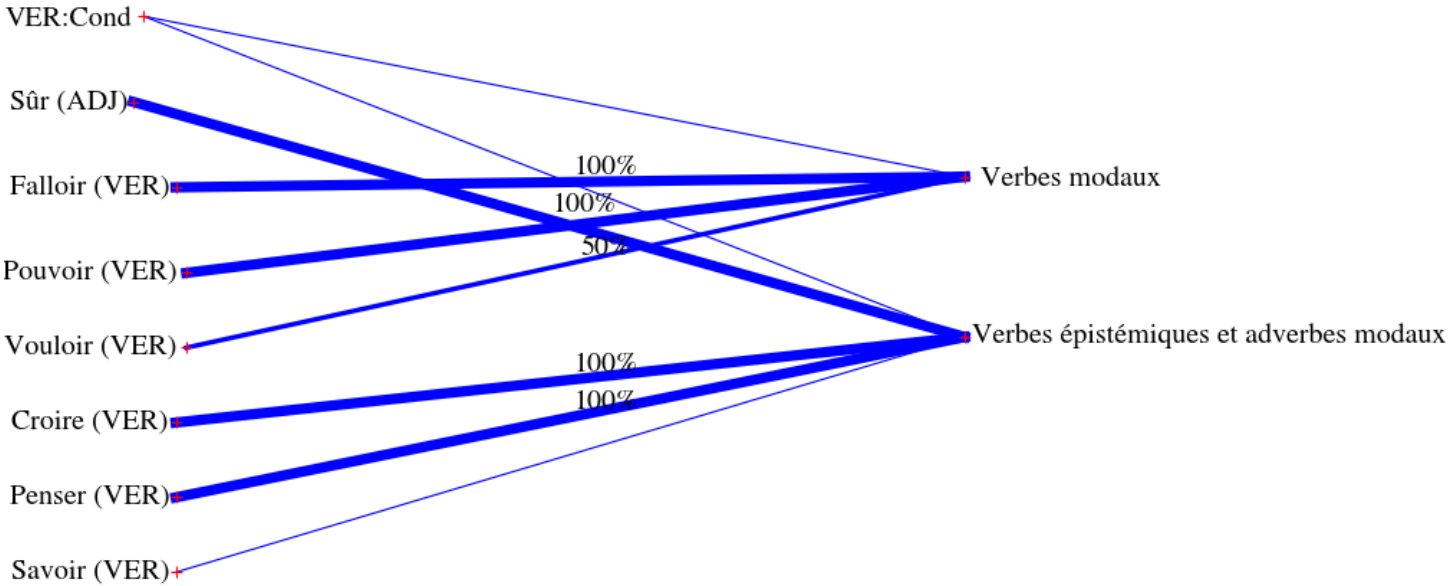
Les Figures 9 et 10 reflètent les résultats de croisements entre l'étiquetage grammatical (TreeTagger) avec le codage psycholinguistique et le codage de prédicats.



*Fig. 9 : Prédiction des Prédicats avec l'étiquetage grammatical*

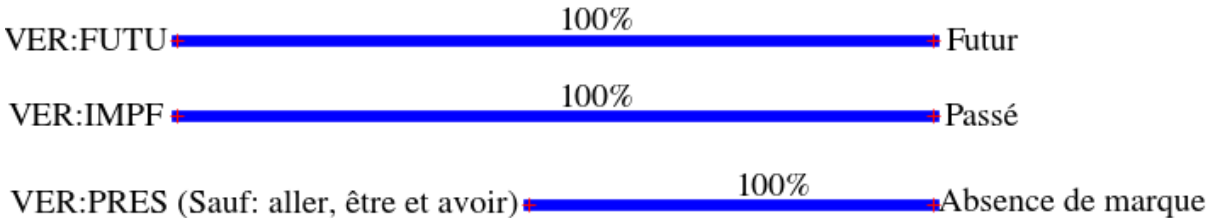


Il est à constater qu’une seule prédiction possible émerge des croisements effectués : L’apparition de NUM (chiffres) dans l’énoncé, est pour 74% des cas synonymes d’une activité de prise d’information (PI).



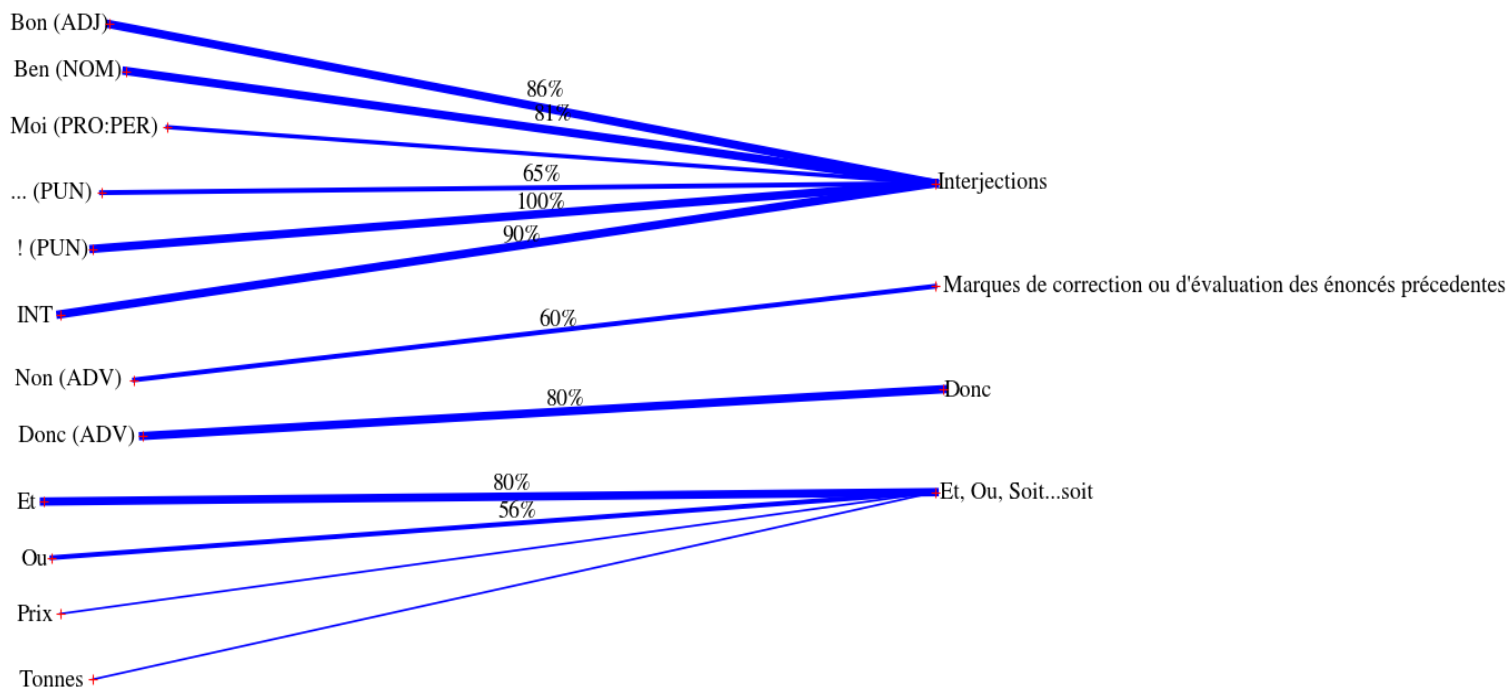
*Fig. 10. A : Prédiction des marques des opérations sur les notions avec l’étiquetage grammatical*

Concernant les marques des opérations sur les notions, il semble que la présence de verbes au conditionnel ait un impact aussi bien sur les « verbes modaux » que sur les « verbes épistémiques et adverbess modaux ». Les verbes modaux tels que « falloir », « pouvoir » et « vouloir » prédisent naturellement la modalité « verbes modaux ». Au même titre, « croire », « penser » et « savoir », qui sont des verbes épistémiques, démontrent un lien étroit avec la modalité des « verbes épistémiques et adverbess modaux ».



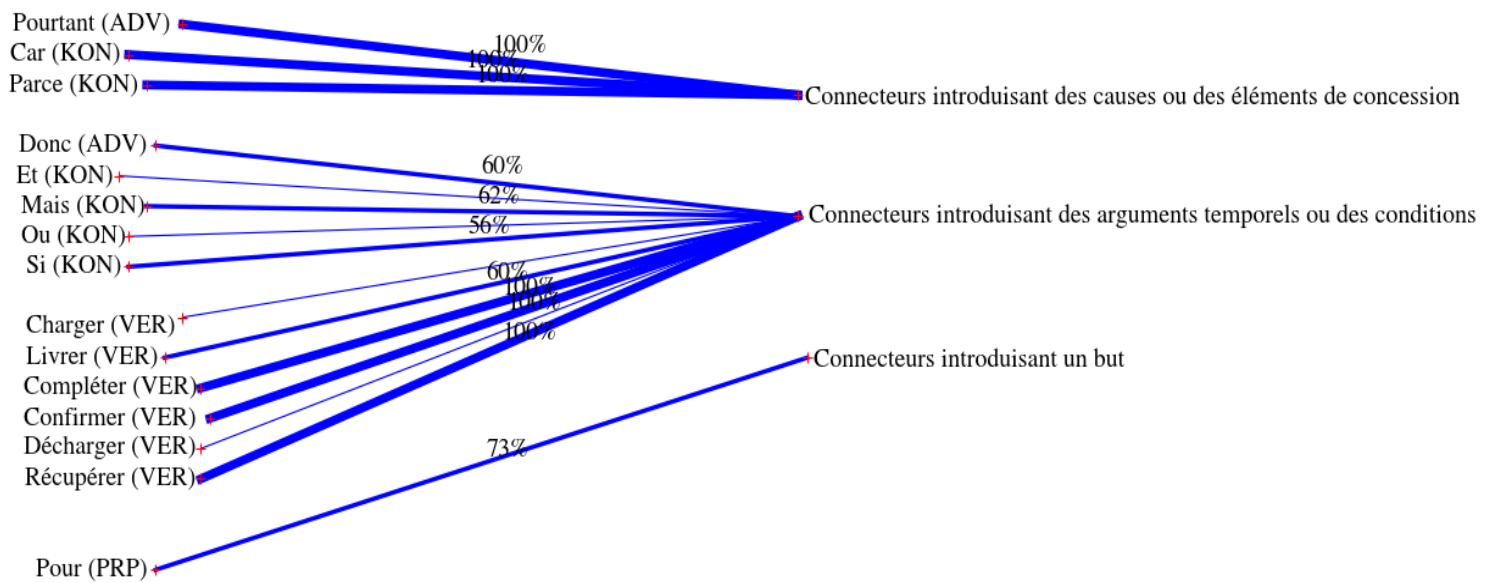
*Fig. 10. B : Prédiction des marques des opérations sur la **temporalisation** avec l’étiquetage grammatical*

La Figure 10. B représente probablement les résultats les plus intelligibles, et sa lecture se réalise de manière tout à fait intuitive. En effet, l'emploi de verbes au futur correspond à 100% à la temporalisation « Futur » et la présence de verbes employés à l'imparfait est synonyme de temporalisation « Passé ». Enfin, Lorsque l'énoncé présente un verbe au présent, il n'y a pas de marque de temporalisation.



*Fig. 10. C : Prédiction des marqueurs de structure avec l'étiquetage grammatical*

La Figure 10. C. montre que l'apparition de toutes marques d'interjection (INT) dans l'énoncé co-occure très fortement (90%) avec la modalité « interjection » du codage psycholinguistique. La ponctuation est également à prendre en considération, puisque les points d'exclamation et les points de suspension correspondent également à cette modalité. « Les marques de corrections ou d'évaluation des énoncés précédents » sont à relier avec l'adverbe « non ». Et enfin la modalité « et, ou, soit...soit » peut se prédire aisément et en toute logique avec les mots « et » et « ou ». Une prédiction de degré moindre, mais très intéressante à souligner, est celle des notions de « prix » et « tonnes ». Le fait que ces deux notions soient régulièrement objets d'un choix à faire par l'opérateur peut expliquer leurs correspondances avec la modalité « et, ou, soit...soit ».



*Fig. 10. D : Prédiction des marqueurs de structure avec l'étiquetage grammatical*

Enfin, en ce qui concerne les croisements entre l'étiquetage grammatical et les marqueurs de structures, nous pouvons noter que les connecteurs introduisant les causes ou éléments de concession co-occurrent avec les mots « pourtant », « car » et « parce »<sup>2</sup>. Nombreux sont les marqueurs linguistiques correspondant avec les connecteurs introduisant des arguments temporels ou des conditions. Ces marqueurs se divisent en deux catégories, la première et celle des connecteurs (KON) tels que « et » et « mais ». Et de manière plus inattendue, une correspondance est également à souligner avec certains verbes (VER). Si nous nous focalisons sur ces verbes, nous pouvons remarquer que ce sont exclusivement des verbes d'action propres aux tâches du domaine de transport (charger, livrer, récupérer, etc.). Nous pouvons en conclure que ces verbes spécifiques dictent directement les conditions et contraintes temporelles. Enfin, le mot « pour » (PRP) prédit à lui seul (à 73%) l'apparition de connecteurs introduisant un but.

Nous pouvons constater à travers les Figures 10.A au 10.D, que contrairement à la prédiction des Prédicats par l'étiquetage grammatical, de nombreuses correspondances entre les marques grammaticales et le codage psycholinguistique apparaissent. De plus, les taux de prédiction sont dans

<sup>2</sup> « Parce » signifie « Parce que ». La séparation entre « parce » et « que » se fait automatiquement par le logiciel TreeTagger.

l'ensemble très intéressants. Il existe de nombreuses prédictions « quasi-systématiques », avec des pourcentages atteignant fréquemment 100%.

Notons que l'ensemble des correspondances présentées ont été soumises au test  $\chi^2$ , significatif avec  $p < .05$ . Mais étant donné le nombre important de cooccurrences, nous n'évoquerons pas les détails statistiques de ces derniers.

## 5. Interprétation des résultats

Rappelons que le premier objectif de cette pré-étude était d'avoir un aperçu des apports de la méthode, concernant les processus mentaux sous-jacents à l'activité professionnelle de l'exploitant transport. Pour cela, nous nous sommes intéressés aux verbalisations de ce dernier, pour en déduire son activité cognitive en parallèle avec ses 5 buts principaux. « L'organisation des tournées à venir » représente la préoccupation la plus fréquente (43% de l'ensemble des énoncés). Pour mener à bien cet objectif, l'opérateur fait surtout appel à des savoirs stockés dans sa propre mémoire (RIM). Il se sert de ces informations pour mettre en place une intervention (ACT). Une récupération d'information dans la mémoire se caractérise par une charge mentale plus élevée que la prise d'informations brutes (PI). Pour gérer les imprévus et suivre les tournées en cours de réalisation, l'opérateur peut s'appuyer sur des informations « prêtes à intégrer » (PI). Ce résultat met l'accent sur une activité mentale plus soutenue lors d'organisation de tournées à venir en comparaison avec le suivi des tournées en cours de réalisation. Cela pourrait s'expliquer par le fait que l'exploitant dispose d'outils de communication (téléphone, etc.) et de géolocalisation sur lesquels il peut s'appuyer lors de la phase de suivi.

Dans le cadre de notre second objectif, la réflexion a porté sur les moyens de facilitation de l'application de la méthode. Pour cela, nous avons focalisé l'intérêt sur les cooccurrences qui pourraient exister entre les marques psycholinguistiques et le type d'activité mentale. En effet, en se référant à la Figure 8, nous pouvons affirmer que des correspondances existent entre les deux schèmes de codage. La temporalisation semble notamment jouer un rôle important. La prise d'information s'accompagne en général de l'emploi du passé, tandis que, lorsque l'opérateur utilise le futur, il est davantage dans une phase de décision d'intervention. L'emploi du futur peut s'expliquer par le fait que l'opérateur est dans la projection, tandis que ses prises d'informations concernent souvent des événements antérieurs, d'où l'occurrence avec le « passé ».

D'autres cooccurrences sont apparues en croisant le codage psycholinguistique avec le codage des prédicats, comme par exemple celle entre l'aspectualisation et la décision d'intervention. Mais peut-

on affirmer que ces « paquets d'éléments correspondants » peuvent nous permettre de déduire automatiquement un type de codage, en fonction de l'autre ? Cette question concerne le second objectif de la pré-étude portant sur la facilitation par automatisation de la méthodologie.

De toute évidence, les cooccurrences entre les modalités des deux types de codage ne permettraient pas de réaliser une prédiction avec précision. Cependant, l'utilisation de l'étiquetage grammatical avec le logiciel TreeTagger représente un complément fort intéressant. Concernant les prédicats, seule la présence de chiffres (NUM) permet de prédire, avec un taux intéressant, une prise d'information (PI). Mais cet outil trouve tout son intérêt pour la prédiction du codage psycholinguistique. En effet, il y a des marques grammaticales qui prédisent avec des pourcentages tendant vers 100% l'ensemble des modalités des 5 dimensions retenues du codage conçu par Chauvin (2000). Ce résultat peut paraître une évidence, puisque le codage psycholinguistique est lui-même basé sur les éléments lexicaux. Cependant, cette automatisation n'a jamais été mise en place jusqu'à présent. En répertoriant la totalité des marques linguistiques à prendre en compte pour prédire chaque modalité, nos résultats peuvent contribuer fortement à l'opérationnalisation d'une application automatique.

## Conclusion générale

En automatisant le codage psycholinguistique, une économie importante en matière de temps et de charge de travail peut être réalisée. Celle-ci peut laisser envisager des durées d'analyse suffisamment élevées pour avoir des résultats significatifs lors de nos travaux futurs.

La mise en parallèle de la psychologie ergonomique et cognitive et la Recherche Opérationnelle dans la première partie de ce travail nous a amené à faire le constat suivant : la littérature de l'ordonnancement dans le transport routier est beaucoup plus riche en RO et plus généralement en sciences de l'ingénierie. Cette large palette de choix en matière de solutions mathématiques couplée à l'émergence des NTIC nous laissent présager que la contribution de la psychologie ergonomique n'en est qu'à ses débuts. La prise en compte de l'humain sera nécessairement au centre de ces avancées algorithmiques et technologiques et constitue un vaste champ de réflexion pour l'avenir.

Pour apporter une contribution ergonomique, notre réflexion s'est portée sur une méthode d'analyse de l'activité mentale par les verbalisations. En effet, une ergonomie pertinente et performante, est celle qui se base sur des indicateurs dits « objectifs ». Ces derniers peuvent se

compléter avec des données davantage « subjectives », issues par exemple de questionnaires. Mais en aucun cas la seconde démarche ne peut se substituer à la première. L'ergonomie cognitive ne déroge pas à cette règle. Nous avons ainsi proposé une méthode basée sur l'étude des verbalisations de l'opérateur pour accéder aux représentations mentales. L'étude de pré-validation a démontré que des résultats attrayants pouvaient émerger de la démarche déployée. Cette démarche de codage des productions verbales a souvent été limitée du fait des grandes contraintes qui y sont étroitement liées ; des contraintes qui se présentent en termes de temps et de mobilisation des ressources, lorsque le traitement est dit « manuel ». La mise en exergue de cooccurrences entre différentes dimensions à travers l'étude présentée, nous permet de penser que des automatisations d'application des schèmes de codage sont largement réalisables.

Notamment grâce à son adaptabilité, la méthode présentée va nous permettre d'accéder à des informations sur des notions clés de l'ordonnancement dans le TRM. *Comment l'opérateur gère-t-il l'incertitude des informations dont il dispose pour planifier ses tournées ? Quelles sont ses principales sources d'information ? Dans quelles situations fait-il appel au collectif ? La réalisation de quel type de tâche est la plus coûteuse d'un point de vue cognitif ? Comment se différencient les processus mentaux mis en œuvre pendant l'ordonnancement avec ceux activés lors du ré-ordonnancement ? Quels types de réflexions doivent être engagés autour des systèmes d'aide à la planification ?*

Ces questions traitent directement des dimensions primordiales de l'ordonnancement, que la première partie théorique de ce travail nous a permis de mettre en avant. La méthode présentée a donc pour objectif d'apporter des réponses à ces interrogations, à travers nos prochains travaux.

Cette méthode destinée à étudier l'activité mentale de l'exploitant transports, sera testée dans d'autres secteurs d'activité qui restent à définir. L'intérêt serait alors d'obtenir des éléments de comparaison intersectoriels et de mesurer son « degré de transposabilité ».

# Références

- Adlakha, V. et Kowalski, K. (2003). A simple heuristic for solving small fixed-charge transportation problems. *Omega*, 31(3): p. 205-211.
- Amalberti, R. et Deblon, F. (1992). Cognitive modelling of fighter aircraft process control : a step towards an intelligent on-board assistance system. *International journal of man machine studies*, 36, p. 639-671.
- Amalberti, R. et Hoc J.-M., (1998). Analyse des activités cognitives en situation dynamique : pour quels buts ? Comment ? *Le travail humain*, 61, 3, p. 209-234.
- Baniel, F. (2009). *Prise en compte d'objectifs de stabilité pour l'organisation de collectes de déchets* (Thèse de doctorat en Systèmes Industriels non publiée). Institut National Polytechnique, Toulouse, France.
- Barthe, B. et Queinnec, Y. (1999). Terminologie et perspectives d'analyse du travail collectif en ergonomie, *L'année Psychologique*, 99 (4), p. 663-686.
- Bégoïn-Augereau, S. et Caron-Pargue, J. (2010). Modified decision processes marked by linguistic forms in a problem solving task. *Cognitive Systems Research*, 11(3), p. 260-286.
- Billaut J.-C., Moukrim, A. et Sanlaville, E. (2005). *Flexibilité et robustesse en ordonnancement*. Paris : Hermès Sciences.
- Bolduc M.-C. (2003). Planification du transport de charges partielles d'un dépôt : répartition, livraison et revenu de retour. Essai de maîtrise, Faculté des sciences de l'administration, Université Laval, Québec.
- Caron, J. et Caron-Prague, J. (1991). Opérateurs modaux et représentation cognitive: recherches sur la compréhension et la production de marqueurs modaux. *Communication présentée au Congrès de la Société française de psychologie*. Clermont-Ferrand, France.

- Caron-Pargue J. et Caron J. (1989). Processus psycholinguistiques et analyse des verbalisations dans une tâche cognitive. *Archives de Psychologie*, 57, p. 3-32.
- Caron-Pargue J. et Caron J. (2000). Les interjections comme marqueurs du fonctionnement cognitif. *Cahiers de praxématique*, 34, p. 51-76.
- Carpentier, F-G. (2005). Introduction aux analyses multidimensionnelles. Non publié.
- Caverni, J.P. (1988). *La verbalisation comme source d'observable pour l'étude du fonctionnement cognitif. Psychologie cognitive: modèles et méthodes*. Grenoble: P.U.G.
- Cegarra, J. (2004). *La gestion de la complexité dans la planification: le cas de l'ordonnancement* (Thèse de Doctorat en Psychologie non publiée). Université de Paris 8, Paris, France.
- Cegarra, J. (2008). A cognitive typology of scheduling situations: a contribution to laboratory and field studies. *Theoretical Issues in Ergonomics Science*, 9(3), p. 201-222.
- Cegarra, J., Gacias, B. et Lopez, P. (2012). Implications of technological changes in vehicle routing interfaces for planners' constraint processing. *Human Factors and Ergonomics in Manufacturing et Service Industries*, 22(5), p. 468-480.
- Cellier, J.M. (1996). Exigences et gestion temporelle dans les environnements dynamiques. In Cellier, J.M. de Keyser, V. et Valot, C. (Eds.), *La gestion du temps des les environnements dynamiques* (p. 19-48). Paris : PUF.
- Chanas, S. et Kuchta, D. (1996). A concept of the optimal solution of the transportation problem with fuzzy cost coefficients, *Fuzzy Sets Syst.* 82, p. 299-305.
- Chanas, S., Delgado, M., Verdegay, J.L. et Vila, M.A. (1993). Ranking fuzzy interval numbers in the setting of random sets. *Information Sciences*, 69(3), p. 201-217.
- Chauvin, C. (2000). Analyse de l'activité d'anticollision à bord des navires de commerce : des marques linguistiques aux représentations mentales. *Le Travail Humain*, 63, p. 31-56.
- Chiang, J. (2005). The optimal solution of the transportation problem with fuzzy demand and fuzzy product. *Journal of Information Science and Engineering*, vol. 21, no. 2, p. 439-451.



- Coskun, E. et Grabowski, M. (2005). Software complexity and its impacts in embedded intelligent real-time systems. *The Journal of Systems and Software*, 78, p. 128-145.
- Crainic, T. G. et Laporte, G. (1997), Planning models for freight transportation, *European Journal of Operational Research* 97(3),p. 409–439.
- Culioli, A. (1985). *Notes du séminaire de DEA Poitiers*, Département de recherches linguistiques.
- Culioli, A. (1990). *Pour une linguistique de l'énonciation. Opérations et représentations*. Paris : Ophrys.
- Dahiya , K. et Verma ,V. (2007). Capacitated transportation problem with bounds on rim conditions. *Europeon Journal of Operational Research*.
- Dantzig, G. et Ramser, J. (1959).The truck dispatching problem. *Management Science*, 6 (1), p. 80–91.
- De Croon, E.M., Kuijer, P.F.M., Broersen, J.P.J. et Frings-Dresen, M.H.W. (2004). Information technology and road transport industry: how does IT affect the lorry driver? *Applied Ergonomics*, 35, p. 313-320.
- Denecker, P. et Hoc J-M. (1997). Analysis of the effects of a support of anticipation in the supervision of a long-time lag process: the blast furnace. In S. Bagnara, E. Hollnagel, M. Mariani, et L. Norros (Ed.), *Time and space in process control - 6th European Conference on Cognitive Science Approach to Process Control*, CNR, Istituto di Psicologia, Roma, Italy, p. 165-170.
- Denecker, P. (1999). Les composantes symboliques et subsymboliques de l'anticipation dans la gestion des situations dynamiques. *Le Travail Humain*, 62, p. 363-385.
- Diagne, S. G. et Gningue, Y. (2011). Méthode de Vogel Modifiée pour la résolution du problème de transport simple. *Applied Mathematical Sciences*, Vol. 5, no. 48, p. 2373-2388.
- Dumazeau, C. et Karsenty, L. (2008). Communications distantes en situation de travail : favoriser l'établissement d'un contexte mutuellement partagé. *Le Travail Humain*, 71 (3), p. 225-252.
- Eksioglu, B., Vural, A. V. et Reisman, A. (2009). The Vehicle Routing Problem: A Taxonomic Review. *Computers and Industrial Engineering*, 57, p. 1472-1483.

- Ericsson K. A. et Simon H. A. (1984). *Protocol analysis. Verbal reports as data*. Cambridge (Mass), MIT Press.
- Erschler, J. et Grabot, B. (2001). *Organisation et gestion de la production*. Paris : Hermès Sciences.
- Esquirol, P. et Lopez, P. (1999). *L'ordonnancement*. Paris: Economica.
- Fisher, M.L. et Jaikumar, R. (1978). A decomposition algorithm for large-scale vehicle routing. *Working Paper Dept. of Decision Sciences, University of Pennsylvania, Philadelphia*.
- Fisher, M.L. et Jaikumar, R. (1981). A generalized assignment heuristic for vehicle routing. *Networks*, 11: p. 109-124.
- Forrierre, J., Anceaux, F., Cegarra, J. et Six, F. (2011). L'activité des conducteurs de travaux sur les chantiers de construction : ordonnancement et supervision de situation dynamique. *Le Travail Humain*. 74(3), p. 283-308
- Gacias, B., Cegarra, J. et Lopez, P. (2012). Scheduler-oriented algorithms to improve human-machine cooperation in transportation scheduling support systems. *Engineering Applications of Artificial Intelligence*, 25(4), p. 801-813.
- Gacias, B., (2010). *Une approche interdisciplinaire pour l'ordonnancement des transports* (Thèse de doctorat en Systèmes Industriels et Systèmes Informatiques non publiée). *Université Paul Sabatier*, Toulouse, France.
- Govaere, V. (2002). L'évolution du travail avec les Nouvelles Technologies de l'information et de la communication (NTIC) – 1. Définitions et mode d'emploi. *NST*, 221, I.N.R.S., Nancy, France.
- Grellier, E. (2008). *Optimisation des tournées de véhicules dans le cadre de la logistique inverse : modélisation et résolution par des méthodes hybrides* (Thèse de doctorat en Informatique Appliquée spécialité Recherche Opérationnelle non publiée). *Faculté des sciences et des techniques*, Nantes, France.
- Guerin, C. et Hoc, J.M. (2011). Gestion de contraintes et d'objets dans l'ordonnancement manufacturier. *EPIQUE'2011*, Metz, France, p. 25-40.

- Gupta, A. et Kumar, A. (2011). A new method for solving linear multi-objective transportation problems with fuzzy parameters. *Applied Mathematical Modelling*, Vol 35(12), p. 5652-5661.
- Herbadji, C. (2011). *La gestion sous Excel et BVA*. France : Eyrolles.
- Hirsch, W. et Dantzig, G.B. (1954). The fixed charge problem. RAND Corporation Rept. RM-1383.
- Hirsch, W. et Dantzig, G.B. (1968). The fixed charge problem. *Naval Research Logistics Quarterly* 15, p. 413-424.
- Hitchcock, F. L. (1941). The distribution of a product from several sources to numerous localities. *Journal of Mathematics and Physics*, 20: p. 224–230.
- Hittinger, B., (2010). *Les systèmes d'information embarqués dans le transport routier de marchandises : analyse ergonomique chez différents utilisateurs* (Mémoire en psychologie du travail non publié). Université Paul Verlaine, Metz, France.
- Hoc, J.M. (1987). *Psychologie cognitive de la planification*. Grenoble: Presses Universitaires de Grenoble.
- Hoc, J.M. (1996). *Supervision et contrôle de processus: la cognition en situation dynamique*. Grenoble, F: Presses Universitaires de Grenoble.
- Hoc, J.M. (2004). *La gestion de situation dynamique*. In P. Falzon (Ed.), *Ergonomie* (pp. 517-530). Paris: Presses Universitaires de France.
- Hoc, J.M. et Amalberti, R. (1994). Diagnostic et prise de décision dans les situations dynamiques. *Psychologie Française*, 39, p. 177-192.
- Hoc, J.M., Amalberti, R., (1999). Analyse des activités cognitives en situation dynamique : d'un cadre théorique à une méthode. *Le Travail Humain*, 62, p. 97-130.
- Hoc, J.M., (2001). Towards a cognitive approach to human-machine cooperation in dynamic situations. *International Journal of Human-Computer Studies*, 54, p. 509-540.
- Hoc, J.M., Debernard, S. (2002). Respective demands of task and function allocation on human-machine co-operation design: a psychological approach. *Connection Science*, 14, p. 283-295.

- Hoc, J.M., Guerin, C. et Mebarki, N. (2008). The nature of expertise in scheduling: the case of university timetable design. *COST HOPS Conférence*. Lausanne, Suisse.
- Hoc, J.M., Mebarki, N. et Cegarra, J. (2004). L'assistance à l'opérateur humain pour l'ordonnancement dans les ateliers manufacturiers. *Le Travail Humain*, 67, p. 181-208.
- Kassay, F. (1981). Operator method for transportation problem with bounded variables. *Prace a \v Studie Vysokej \ v Skoly Dopravy Spojov v \ v Ziline Séria Matematicko-Fyzikalna*, 4, p. 89-98.
- Kim, B. Kim, S. et Sahoo, S. (2006). Waste collection vehicle routing problem with time windows. *Computers and Operations Research*, 33(12), p. 3624-3642.
- Kouvelis P., Yu G. (1997). Robust discrete optimization and its applications, Kluwer Academic Publishers.
- Kumar, A. et Kaur, A. (2011). Application of Classical Transportation Methods for Solving Fuzzy Transportation Problems. *Journal of Transportation Systems Engineering and Information Technology*, 11(5), P. 68 -80.
- Laporte, G. et Louveaux, F.V. (1998). Solving stochastic routing problems with the integer l-shaped method. In : Crainic, G., Laporte, G. (Eds.), Fleet Management and Logistics. *Kluwer Academic Publishers*, Boston, p. 159-167.
- Laporte, G., Mesa, J.A. et Ortega, F.A. (1998). Locating Stations on Rapid Transit Lines. *Publication CRT-98-22*. Centre for Research on Transportation, Montreal.
- Laporte, G., Nobert, Y. et Desrochers, M. (1985). Optimal routing under capacity and distance restrictions. *operational researches*, 33, p. 1050-1073.
- Léglise, I. (1997). Intervention linguistique : théorie, pratique et intérêt dans le cadre de l'analyse de l'activité. *Linx n° 37*, Université Paris X, Nanterre, p. 169-182.
- Lenior, D., Janssen, W., Neerincx, M. et Shreibers, K. (2006). Human-actors engineering for smart transport: Decision support for car drivers and train traffic controllers. *Applied Ergonomics*, 37, p. 479-490.

- Maisy, W. (2010). Informatique embarquée : la "conso" en ligne de mire. *L'Officiel des Transporteurs* (2552), p. 42-43.
- Marchand, P. (2007). *Le grand oral - Les discours de politique générale de la Ve république*. De Boeck, Bruxelles.
- McKay, K.N., Buzacott, J.A. et Safayeni, F.R. (1989). The scheduler's knowledge of uncertainty: the missing link. In J. Browne (Ed.), *Knowledge Based Production Management System* (p.171-189). Amsterdam: North-Holland.
- Mirabel-Sarron. (1995). *Les marqueurs langagiers de la dépression* (Thèse de Doctorat de Psychologie clinique non publiée). Université Paris 8, France.
- Moscato, M. (2005). *Analyse des tâches en ergonomie : méthodes, performances, facteurs humains*. Paris: Ellipses.
- Nakamura, N. et Salvendy, G. (1994). Human planner and scheduler. In: Salvendy G. et Karwowski, W. (eds), *Design of Work and Development of Personnel in Advanced Manufacturing*, John Wiley et Sons, Inc., New York, p. 331-354.
- Pelayo S., Loiselet A., Beuscart-Zéphir, M., Rogalski J. et Anceaux F. (2010). Proposition méthodologique pour l'analyse de la coopération dans une planification distribuée des actions. *Le Travail Humain*, 73, 4, p. 361-383.
- Pillac, V., Guéret, C. et Medaglia, A. L. (2010). Dynamic vehicle routing : State of the art and prospects. Technical report. Ecole des Mines de Nantes, France.
- Pinot, G., Mebarki, N. et Hoc, J.M. (2008). Coopération homme-machine pour la mise en œuvre d'un ordonnancement de groupe. *Actes de la 5ème Conférence Internationale Francophone d'Automatique*. Bucarest, Sept.
- Piolat, R. et Bannour (2009). EMOTAIX : Un Scénario de Tropes pour l'identification automatisée du lexique émotionnel et affectif. *L'Année Psychologique*, 109, p. 657-700
- Rachev, S.T. et Olkin, I. (1999). Mass transportation problems with capacity constraints. *J. Appl. Probab*, Volume 36, p. 433-445.

- Raheja, A.S. et Subramanian, V. (2002). Reactive recovery of job shop schedules – a review. *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, p. 756-763.
- Rasmussen, J. (1985). The role of hierarchical knowledge representation in decision making and system management. In IEEE: *International Conference on Systems, Man, and Cybernetics*, number SMC-15, p. 234-243.
- Rasmussen, J. et Vicente, K. J. (1989). Coping with human errors through system design: Implications for ecological interface design. *International Journal of Man-Machine Studies*, 31: p. 517-534.
- Rosanvallon, J. (2007). *Le travail de coordination à distance : éclatement des collectifs de travail et transformations du travail collectif* (Thèse de doctorat non publiée). Université de Marne La Vallée, France.
- Rubio, S., Díaz, E., Martín, J. et Puente, M. (2004). Evaluation of Subjective Mental Workload: A Comparison of SWAT, NASATLX, and Workload Profile Methods. *Applied Psychology: an international review*, 53 (1), p. 61-86.
- Samurçay, R. et Hoc, J.-M. (1988). De l'analyse du travail à la spécification d'aide à la décision dans les environnements dynamiques. *Psychologie Française*, 33(3), 187-196.
- Sanderson, P. M. (1989). The human planning and scheduling role in advanced manufacturing systems: An emerging human factor domain. *Human Factors*, 31, p. 635-666.
- Shi, W. (1995). An optimal algorithm for area minimization of slicing floorplans. *Proceedings of ACM/IEEE International Conference on Computer-Aided Design (ICCAD)*, San Jose, CA, p. 480-484.
- Soleyret, D. (2002). Développement des nouvelles technologies : quelles conséquences pour le marché des transports de marchandise ? *Synthèse n°41 Les collections de l'INRETS*.
- Solomon, M.M. (1987). Algorithms for the vehicle routing and scheduling problem with time window constraints. *Operations Research*, 35 : p. 254-265.
- Takagi, H. (2001). Interactive evolutionary computation: Fusion of the capabilities of EC optimization and human evaluation. *Proceedings of the IEEE*, 89(9): p. 1275-1296.

- Taniguchi, H. et H. Shimamoto. (2004). Intelligent transportation system based dynamic vehicle routing and scheduling with variable travel times. Department of Urban Management. Kyoto University. Japan.
- Tatineni, V. et Demetsky, M. (2005). Supplychain models for freight transportation planning. Research report UVACTS-14-0-85, University of Virginia.
- Tompkins, J. A. et Hermelink, D. (1994). *The distribution management handbook*. McGraw-Hill.
- Toth, P. et Vigo, D. (2002). The Vehicle Routing Problem. SIAM monographs on discrete mathematics and applications. *Society for Industrial and Applied Mathematics*. 1073.
- Van daele, A. et Carpinelli, F. (2001). La planification dans la gestion des environnements dynamiques : quelques apports récents de la psychologie ergonomique. *Psychologie Française*, 46, 2, p. 143-152.
- Vicente, K. J. (1999). Ecological Interface Design: Supporting operator adaptation, continuous learning, distributed, collaborative work. p. 93-97.
- Vicente, K. J. et Rasmussen, J. (1992). Ecological Interface Design: Theoretical Foundations. IEEE Transactions on Systems, *Man and Cybernetics*, 22(4): p. 589–606.
- Vieira, G., Hermann, J., Lin, E. (2003). Rescheduling Manufacturing Systems: A Framework of Strategies, Policies and Methods. *Journal of Scheduling*, 6 (1), p. 35-58.
- Yu B., Z.Z., Yang, Z. et Yao, B.Z. (2010). A hybrid algorithm for vehicle routing problem with time windows. *Expert Systems with Applications*, 38, p. 435–441.
- Zadeh, L.A. (1965). Fuzzy sets, *Information and Control*. 8, p. 338–353.

# Annexes

## 1. French TreeTagger

*Achim Stein, April 2003*

---

**ABR**     *Abréviation*

**ADJ**     *Adjectif*

**ADV**     *Adverbe*

**DET:ART**   *article*

**DET:POS**   *pronom possessif (ma, ta, ...)*

**INT**     *interjection*

**KON**     *conjonction*

**NAM**     *nom propre*

**NOM**     *nom*

**NUM**     *numéro*

**PRO**     *pronom*

**PRO:DEM**   *pronom démonstratif*



**PRO:IND** *pronom indéfinie*

**PRO:PER** *pronom personnel*

**PRO:POS** *pronom possessif (mien, tien, ...)*

**PRO:REL** *pronom relatif*

**PRP** *préposition*

**PRP:det** *préposition plus article (au, du, aux, des)*

**PUN** *ponctuation*

**PUN:cit** *ponctuation citation*

**SENT** *sentence tag*

**SYM** *symbole*

**VER:cond** *verbe conditionnel*

**VER:futu** *verbe futur*

**VER:impe** *verbe impératif*

**VER:impf** *verbe imparfait*

**VER:infi** *verbe infinitif*

**VER:pper** *verbe participe passé*

**VER:ppre** *verbe participe présent*

**VER:pres** *verbe présent*

**VER:simp** *verbe passé simple*

**VER:subi** *verbe subjonctif*

**VER:subp** *verbe subjonctif présent*