

14/02/2022

Christophe Mundutéguy
Emmanuel Cohen

Univ Eiffel/Ame/Splott

Bases de données et compréhension des motivations du comportement : « Je t'aime, moi non plus »

Le cas des stations de pesage en mouvement et du phénomène du regroupement de camions sur autoroute



Université
Gustave Eiffel

PLAN

1. Introduction
2. Méthodologie
 - i. Les stations de pesage en mouvement
 - ii. La construction d'une nouvelle base de données
3. L'étude du phénomène et la recherche de modèle
4. Conclusion et discussion



Introduction

Platooning : Groupe de 2 à 8 poids-lourds connectés (V2V) présentant différents niveaux d'autonomie (SAE 2 à 5) et circulant à courtes distances (< 25-30 m) ou très courtes distances (jusqu'à 5-10 m).



Platooning multi-marques sur route ouverte destiné à valider la technique en vue du déploiement européen (spécifications fonctionnelles et techniques, développement technologique, impacts, pré-normalisation).

Bénéfices escomptés : Gain sécurité routière, diminution de la consommation grâce aux gains aérodynamiques potentiels, extension du rayon d'action du véhicule (temps de conduite), gains de productivité (PL et conducteurs).

Projet H2020 (06/2018-03/2022) (CE) impliquant 19 partenaires :

- Constructeurs : Daimler, Scania, Daf, Iveco, Volvo, Renault Trucks,
- Equipementiers : CLEPA, Bosch, Brembo, Continental, NXP, Wabco, ZF
- Instituts TNO (NL, pilote), Université Gustave Eiffel, ERTICO, IDIADA, KTH, VU Bruxelles (recherche)



Introduction

2 niveaux de *Platooning* retenus

1. <i>Platooning</i> en conduite assistée	2. <i>Platooning</i> en conduite autonome
Conducteur responsable quelle que soit la position de son véhicule (leader ou suiveur)	Conducteur leader en charge de la conduite de son véhicule mais conducteurs suiveurs délèguent au système
Assistance longitudinale, voire latérale (SAE 2, 3)	Contrôle longitudinal et latéral, délégation partielle ou totale (SAE 4 et 5)
Vitesses harmonisées, intervalles et freinage	ODD (domaine conceptuel opérationnel) à définir
Temps inter-véhiculaire $\sim 1,5$ s ($\sim 37,5$ m)	Temps inter-véhiculaire $\sim 0,5$ à $1,2$ s (~ 10 à 30 m)
Déploiement possible à court terme	Débute en zones fermées (ports...)



⇒ jusqu'au démonstrateur niveau 1 (assistance)
mais spécifications pour les 2 niveaux

Introduction

Projet WP initial : **Compréhension de la pratique du « Convois » pour mieux anticiper l'adoption du platooning par les conducteurs de PL**

Objectif visé : identifier les variables précédant la formation de convois et préciser les stratégies développées par les conducteurs pour intégrer un convoi, maintenir les distances et sortir d'un convoi, à partir des éléments situationnels, afin de soutenir la gestion des interactions entre les camions impliqués dans les futurs pelotons.

Méthode : observations embarquées, enregistrements vidéo de l'activité de conduite (manœuvres et prises d'informations) de l'environnement routier (situations avant et arrière), enregistrement des distances inter-véhicule et de la vitesse du véhicule.

Les difficultés rencontrées pour accéder aux cabines à entrainer un changement de méthode...



Projet WP révisé : **Compréhension du phénomène de regroupement de PL et identification des conditions d'apparition**

Constat : « *Platooning* » illégal mais présence sur les autoroutes européennes de regroupements de PL avec des temps inter-véhicules < 2 s.

Données : BdD de stations de pesage en mouvement du réseau français

Objectif visé : Isoler les situations de regroupement pour 1/ estimer la proportion de conducteurs concernés, 2/ identifier les conditions d'apparition du phénomène.

Introduction

Du convoi au regroupement de poids lourds



LCI - Sipa Press

Pourquoi le regroupement plutôt que le convoi ?

Etude restreinte aux "données d'observation" du phénomène

⇒ « factuel »

⇒ Aucun accès à l'intentionnalité sous-tendant les comportements

⇒ Différentes causes possibles

- Intégrer un **convoi** relève d'un comportement intentionnel, qui peut être formellement (ou non) planifié ou opportuniste.
- Le **regroupement de poids lourds** renvoie à l'ensemble des situations, qu'elles soient recherchées ou subies.

(sur la base de réponses de conducteurs de poids lourds français, états-uniens et australiens).



franceroutes.fr

Méthodologie

Station de pesage en mouvement

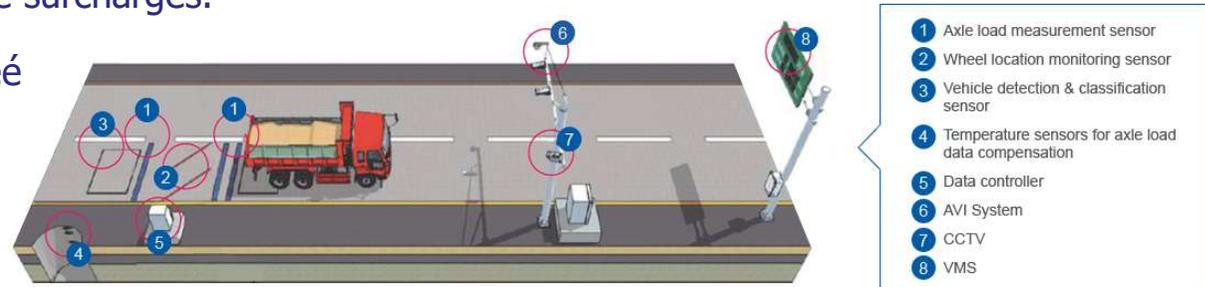
Stations destinées à peser et enregistrer le poids aux essieux et le poids brut des véhicules circulant sur l'axe routier afin d'identifier les situations de surcharges.

A chaque passage un identifiant est créé

2015-01-02 21:30:34.470 14_1_0102213033_49014

Pour les véhicules de plus de 3.5 t (ou de 9 sièges) sont enregistrés :

- la vitesse instantanée ;
- le poids à l'essieu ;
- le nombre d'essieux ;
- la longueur ;
- la largeur ;
- L'écart par rapport au centre de la voie ;
- la catégorie de camion suivant la typologie de Ministère et ses silhouettes de véhicules (STERELA) ;
- l'origine du véhicule à partir de la plaque minéralogique...



Weigh-in-motion system

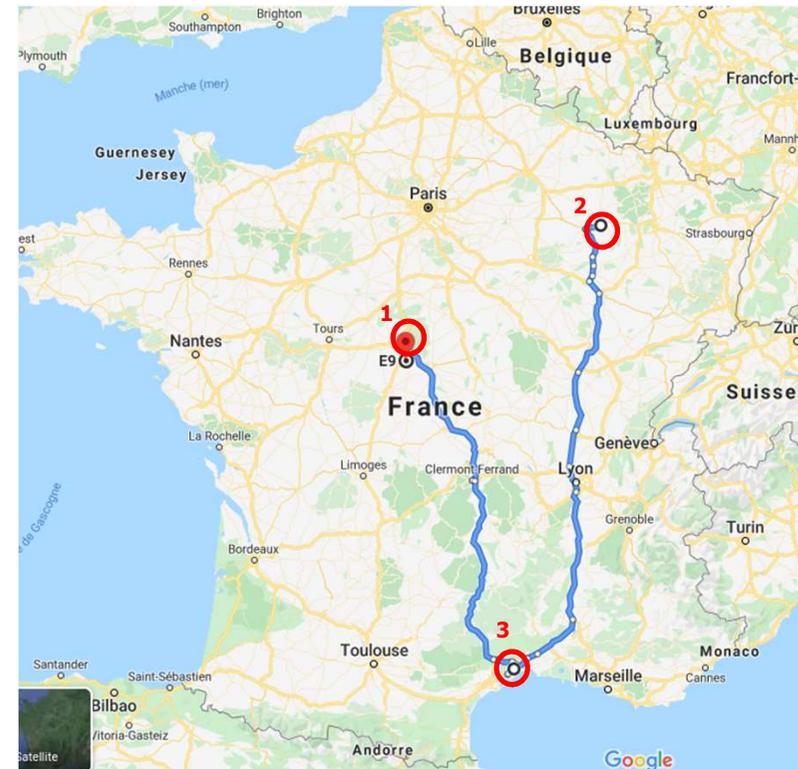
https://intl.its.go.kr/en/02_05_05

Méthodologie

La station de pesage retenue

3 bases de données disponibles pour l'année 2015, issues de 3 stations de pesage en mouvement

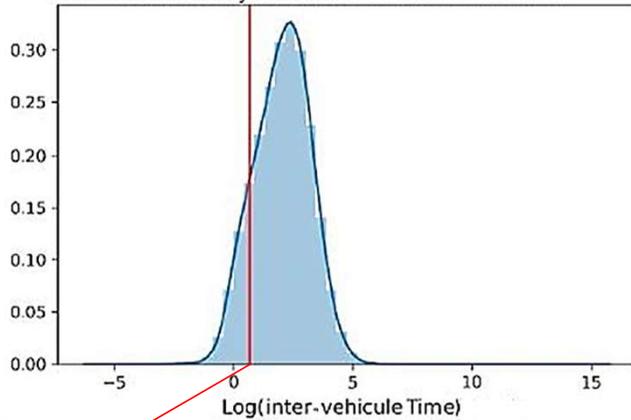
1. Massay (A20) ;
2. Maulan (RN4) ;
3. Fabrègues (A9)



Méthodologie

La station de pesage retenue

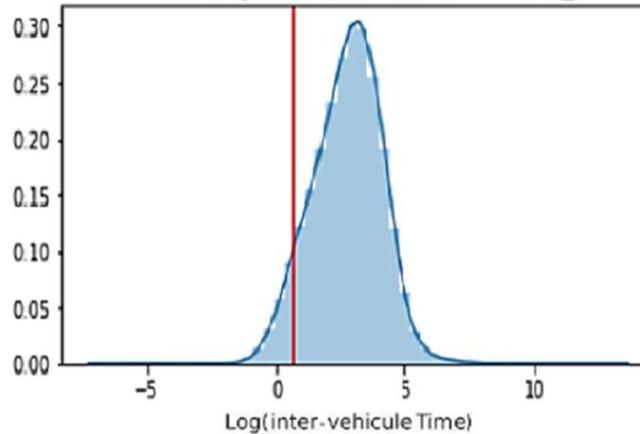
Logarithmic distribution of inter-vehicle time (in seconds) between two heavy vehicles



2 secondes

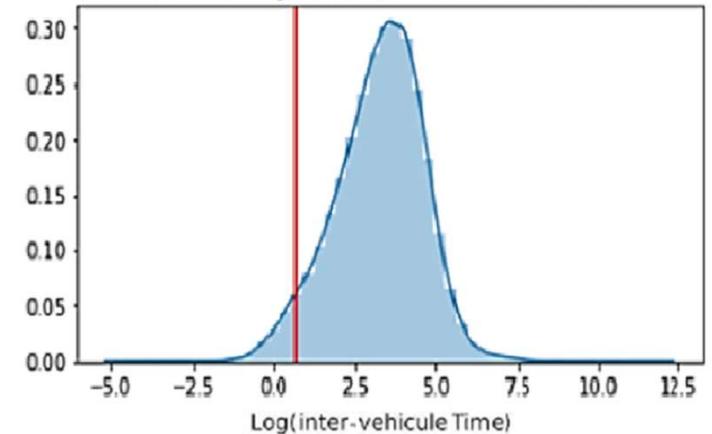
Fabrègues (A9)

Logarithmic distribution of inter-vehicle time (in seconds) between two heavy vehicles



Maulan (RN4)

Logarithmic distribution of inter-vehicle time (in seconds) between two heavy vehicles



Massay (A20)

A Fabrègues, les situations potentielles de regroupement de camions concernent **14,5%** de l'ensemble des poids lourds.

Sur la base de ces observations, l'étude a consisté à rechercher les variables susceptibles d'expliquer l'apparition du phénomène...

Méthodologie

La station de pesage retenue

3 bases de données disponibles issues de 3 stations de pesage en mouvement

1. Massay (A20) ;
2. Maulan (RN4) ;
- 3. Fabrègues (A9)**



<https://www.google.fr/maps/>

Base de données comprend :

- 1 882 156 enregistrements
- et 95 variables.



Station de pesage en mouvement de Fabrègues A9, KP 112,9 dans la direction de Montpellier
(GPS 43°32'21.6"N 3°47'06.0"E)

Méthodologie

1. Données issues de la station de pesage en mouvement de Fabrègues (A9) 
 - 1 882 156 enregistrements dont 1 591 936 exploitables
 - et 95 variables (*horodate, vitesse instantanée, poids à l'essieu, nombre d'essieux, longueur et largeur du véhicule, écart latéral par rapport au centre de la voie, catégorie de véhicule...*)
 - ⇒ Sélection et combinaison de variables (*distance entre les PL, différentiel de vitesse, distance du centre de la voie, écart par rapport au PL précédent...*) afin d'isoler les situations de regroupement potentielle de PL.
2. Données de trafic de la portion d'autoroute fournie par le gestionnaire d'infrastructure 
 - Flux de trafic mesuré toutes les 6 minutes.
 - ⇒ Pour obtenir un flux horaire et mesurer l'impact potentiel du trafic sur le regroupement de PL les données ont été multipliées par 10.
3. Données météorologiques obtenues par Web scraping à partir du website www.infoclimat.fr 
 - 5 variables retenues : *température, vitesse du vent, direction du vent, rafales et précipitations.*
4. Réalisation de tests statistiques et tentatives de modélisation du phénomène de regroupement de PL (régression logistique ou modèle LOGIT ; régression linéaire ; classifications K-Means ; Classification, régression et *clustering* par Scikit learn...).

Regroupement de poids lourds

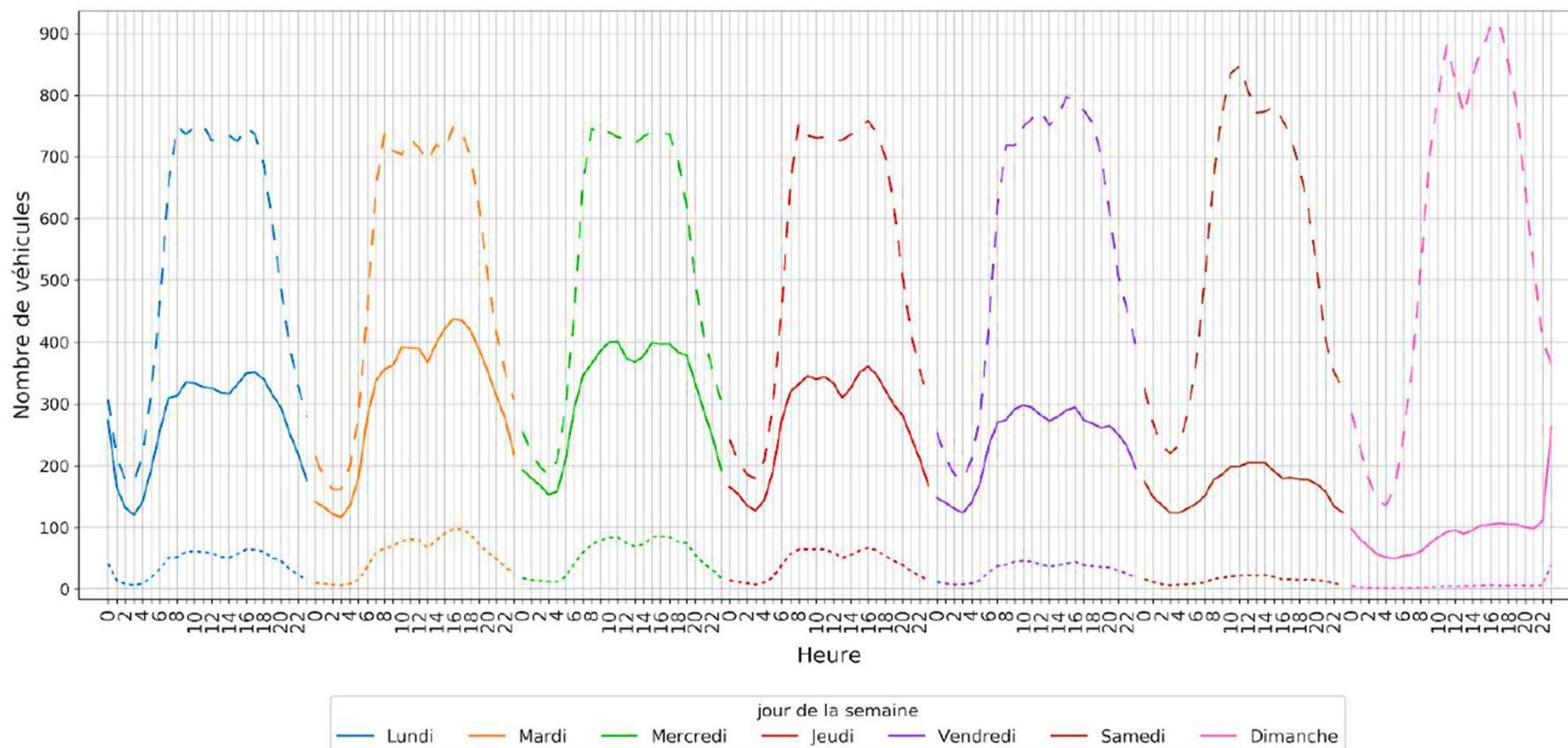
Combien de PL concernés ?

Nombre de PL concernés	Effectifs	Proportions	
 (1)	1 174 112	73,75 %	
 (2)	156 200	19,62 %	24,6%
 (3)	26 317	4,96 %	
 (4)	4 853	1,22 %	< 1,7%
 (5)	1 023	0,32 %	
 (6)	225	0,08 %	
 (7)	52	0,02 %	
 (8)	17	0,008 %	
 (9)	5	0,003 %	
 (10)	4	0,002 %	
 (11)	1	0,0007 %	
 (12)	0		
Nombre total de poids lourds et de cars		1 591 936	

Distribution des PL en fonction du nombre de leur nombre dans les regroupements

Regroupement de poids lourds

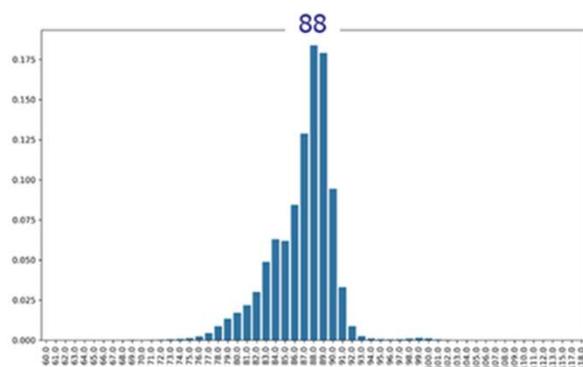
Evolution du phénomène selon les jours de la semaine, les heures et la densité de trafic



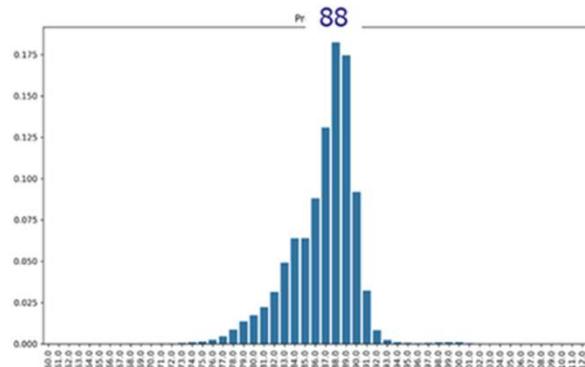
Comparaison entre le trafic global (ligne en tirets), le nombre de PL circulant (ligne pleine) et le nombre de PL suiveurs à une interdistance inférieure à 2 secondes avec le PL précédant (ligne en pointillé)

Regroupement de poids lourds

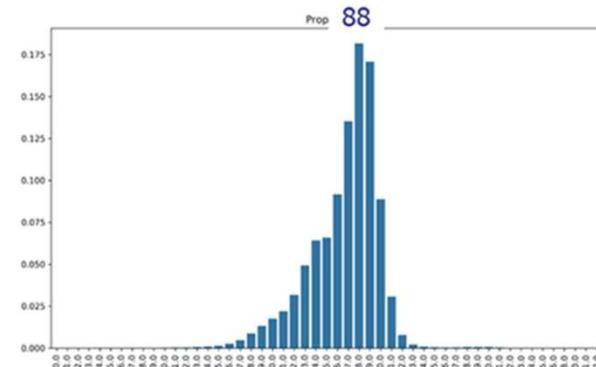
Une corrélation vitesse inter-distance ?



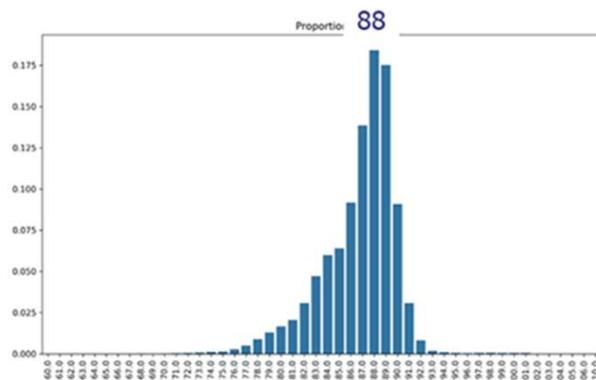
Intervalle de 50 m



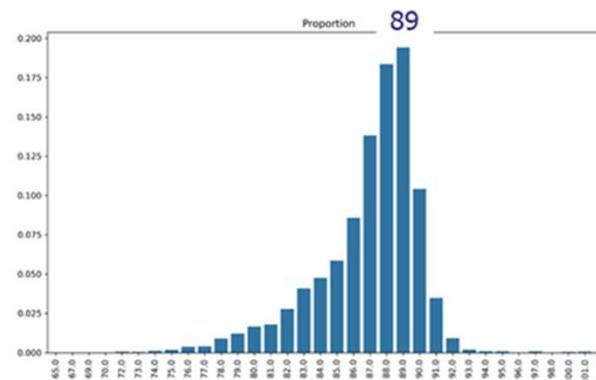
Intervalle de 40 m



Intervalle de 30 m



Intervalle de 20 m



Intervalle de 10 m

Distribution vitesses des véhicules suiveurs pour un temps inter-véhicule inférieur à 2 secondes en fonction des inter-distances



Regroupement de poids lourds

Plusieurs tentatives de modélisation...

Peut-on modéliser un phénomène pour lequel on ignore l'intentionnalité des agents qui en sont à l'origine ?

Comportement intentionnel opportuniste ou planifié ? Phénomène émergent ?

Construction itérative d'une définition du phénomène étudié :

- Définition 1 : Regroupement de PL avec un temps inter-véhicule de 2 secondes ou moins (50 m à 90 km/h)
- Définition 2 : Regroupement de PL alignés avec un différentiel de vitesse plus ou moins nul avec un temps inter-véhicule de 2 secondes ou moins et une interdistance de 100 mètres.

Regroupement de poids lourds

Plusieurs tentatives de modélisation...

Modèle LOGIT sur la base de la 1^{ère} définition

Définition 1 : Regroupement de PL correspond à des PL avec un temps inter-véhicule de 2 secondes ou moins (14,5% de l'effectif total)

```
Coefficients:
              Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept)  1.482e+00  6.611e-02  22.412 < 2e-16 ***
long         -5.958e-04  7.123e-05  -8.364 < 2e-16 ***
larg         1.898e-03  2.514e-04   7.549 4.41e-14 ***
vit         -1.664e-02  5.010e-04 -33.210 < 2e-16 ***
poids       -2.046e-04  1.889e-05 -10.835 < 2e-16 ***
ecart       2.416e-03  8.976e-05  26.915 < 2e-16 ***
ecart_positiongauche  2.778e-02  4.003e-03   6.940 3.96e-12 ***
pluiepluie_faible -1.526e-02  7.880e-03  -1.936 0.05283 .
pluiepluie_forte  -9.521e-02  3.457e-02  -2.754 0.00588 **
pluiepluie_moderee -6.190e-02  2.620e-02  -2.362 0.01816 *
ventvent_fort  1.936e-02  4.760e-02   0.407 0.68422
direction_ventdevant  2.668e-03  5.007e-03   0.533 0.59410
direction_ventdroite -2.874e-03  5.321e-03  -0.540 0.58908
direction_ventgauche  2.838e-03  5.172e-03   0.549 0.58316
rafale      -1.116e-04  1.618e-04  -0.690 0.49026
joursemaine_2  6.669e-03  4.497e-03   1.483 0.13804
joursemaine_3  4.791e-03  4.698e-03   1.020 0.30788
joursemaine_4 -7.540e-03  4.410e-03  -1.710 0.08733 .
jour_de_semainefin_semaine -8.626e-02  5.096e-03 -16.926 < 2e-16 ***
jour_de_semainemilieu_semaine  1.950e-02  4.331e-03   4.503 6.72e-06 ***
jour_de_semaineweekend -2.444e-01  9.685e-03 -25.240 < 2e-16 ***
heurenuit    -5.764e-02  7.006e-03  -8.228 < 2e-16 ***
debit_TV_voie1  2.423e-04  1.310e-05  18.496 < 2e-16 ***
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

(Dispersion parameter for gaussian family taken to be 0.2380341)

Null deviance: 24652  on 98605  degrees of freedom
Residual deviance: 23466  on 98583  degrees of freedom
AIC: 138323
```

Regroupement de poids lourds

Plusieurs tentatives de modélisation...

Modèle isolé pour la vitesse sur la base de la 1^{ère} définition

Définition 1 : Regroupement de PL correspond à des PL avec un temps inter-véhicule de 2 secondes ou moins (14,5% de l'effectif total)

Deviance Residuals:

Min	1Q	Median	3Q	Max
-0.79100	-0.48738	-0.03798	0.51262	0.71504

Coefficients:

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	1.9717647	0.0435280	45.30	<2e-16 ***
vit	-0.0168681	0.0004985	-33.83	<2e-16 ***

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

(Dispersion parameter for gaussian family taken to be 0.2471359)

Null deviance: 24652 on 98605 degrees of freedom

Residual deviance: 24369 on 98604 degrees of freedom

AIC: 142003

Modèle isolé de la variable « vitesse »

Score : 56.4 %
Précision : 19.3 %
Recall : 62.8 %

Predicted	0	1	All
True			
0	0.472968	0.381731	0.854698
1	0.054055	0.091246	0.145302
All	0.527023	0.472977	1.000000

Matrice de confusion

Regroupement de poids lourds

Plusieurs tentatives de modélisation...

Régression LOGIT sur la 2^{ème} définition avec sélection *stepwise*

Définition 2 : Regroupement de PL correspond à des PL alignés, présentant un différentiel de vitesse plus ou moins nul et avec un temps inter-véhicule de 2 secondes ou moins.

Restriction aux véhicules séparés de 100 m ou moins.

Score : 59.7 %
Précision : 58.4 %
Recall : 60.4 %

Predicted \ True	0	1	All
0	0.303091	0.209655	0.512746
1	0.192858	0.294396	0.487254
All	0.495949	0.504051	1.000000

Matrice de confusion

```
glm(formula = is_convoi ~ delta_ecart + ecart + ecart_position +
    delta_vitesse + delta_vitesse_signe + vit + poids + larg +
    long + long_precedent + larg_precedent + debit_TV_voie1 +
    debit_VL_voie1 + debit_TV_voie2 + DPMv_vitesse_voie2 + debit_VL_voie3 +
    DPMv_vitesse_voie3 + heure + ecart:ecart_position + delta_vitesse:delta_vitesse_signe,
    data = train)
```

```
Deviance Residuals:
    Min       1Q   Median       3Q      Max
-1.07436 -0.47780  0.08912  0.47299  1.17599
```

Coefficients:

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	1.964e+00	1.117e-01	17.579	< 2e-16 ***
delta_ecart	5.220e-04	9.509e-05	5.490	4.03e-08 ***
ecart	-8.823e-04	3.076e-04	-2.868	0.004129 **
ecart_positiongauche	-3.550e-02	7.065e-03	-5.024	5.07e-07 ***
delta_vitesse	-3.826e-02	1.174e-03	-32.603	< 2e-16 ***
delta_vitesse_signeplus_rapide	-5.299e-03	5.352e-03	-0.990	0.322176
vit	-1.920e-02	7.109e-04	-27.013	< 2e-16 ***
poids	-2.524e-04	2.176e-05	-11.600	< 2e-16 ***
larg	1.766e-03	2.910e-04	6.068	1.30e-09 ***
long	-1.066e-03	8.163e-05	-13.053	< 2e-16 ***
long_precedent	1.257e-03	7.990e-05	15.728	< 2e-16 ***
larg_precedent	-1.245e-03	2.925e-04	-4.255	2.09e-05 ***
debit_TV_voie1	8.906e-05	2.409e-05	3.696	0.000219 ***
debit_VL_voie1	8.411e-05	2.102e-05	4.002	6.29e-05 ***
debit_TV_voie2	1.962e-05	9.430e-06	2.080	0.037507 *
DPMv_vitesse_voie2	9.440e-04	3.911e-04	2.414	0.015787 *
debit_VL_voie3	-2.943e-04	1.840e-04	-1.599	0.109788
DPMv_vitesse_voie3	-2.230e-04	1.342e-04	-1.661	0.096719 .
heurenit	-3.431e-02	8.395e-03	-4.087	4.37e-05 ***
ecart:ecart_positiongauche	4.064e-03	3.176e-04	12.797	< 2e-16 ***
delta_vitesse:delta_vitesse_signeplus_rapide	1.190e-02	1.549e-03	7.684	1.56e-14 ***

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

(Dispersion parameter for gaussian family taken to be 0.2355369)

Null deviance: 18146 on 72585 degrees of freedom
Residual deviance: 17092 on 72565 degrees of freedom
AIC: 101062

Regroupement de poids lourds

Synthèse

Phénomène peu fréquent sur le type d'axe routier considéré (autoroute régionale française avec des trafics moyens) : 14,5% des PL en potentielle situation de convoi avec le véhicule précédent.

Mais *quid* sur l'A1, l'A2, l'A4 ?

Aucun critère physique (dimensions des véhicules, flux de trafic, conditions météorologiques) n'a été identifiée pour expliquer le phénomène de regroupement de PL.

Données statiques et non dynamiques de la situation donc potentiel biais de situation. Pour isoler les situations stabilisées des situations de préparations de dépassements : Inférences réalisées à partir de la distance entre les véhicules, leur différentiel de vitesse, leur position dans la voie et leur niveau d'alignement.

Certaines informations importantes non prises en compte dans les enregistrements : activité du conducteur, compromis réalisés entre objectifs et contraintes passées, présentes ou à venir, anticipation et gestion de l'incertitude liée à la tâche de conduite, conditions environnementales et caractéristiques du chargement...



Acknowledgement

Ce travail est un travail collectif qui a également impliqué.

Özgür Aycik (ESIEE Paris)

Jean-François Bercher (ESIEE Paris)

Franziska Schmidt (Univ Eiffel/Mast/EMGCU)



Christophe Mundutéguy

christophe.munduteguy@univ-eiffel.fr

Emmanuel Cohen

emmanuel.cohen@univ-eiffel.fr

