



Facteurs de risque inhérents à la formation de pelotons au sein d'un trafic routier

Hétérogénéité d'un peloton en situation de freinage d'urgence :
étude avec le modèle de simulation de trafic « archisim »

Heterogeneous platoon in the case of emergency braking : study with traffic simulation tool 'archisim'

M. Nadji¹, J.-M. Auberlet², S.Espié², Y. Delanne³, G. Schaeffer¹

¹ SERA CD F-91946 COURTABOEUF 1

² INRETS F-94114 ARCUEIL

³ LCPC F-44341 BOUGUENAIS

•contact : jean-michel.auberlet@inrets.fr

Modélisation du risque d'occurrence d'accidents liés à l'hétérogénéité des
véhicules au sein d'un peloton

Modelisation of accident risks links to the heterogeneity of grouped vehicles

Alex Coiret, Yves Delanne

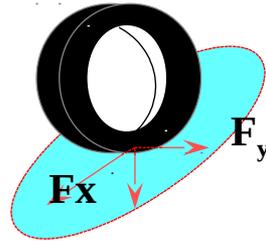
LCPC, Centre de Nantes, F-44341 BOUGUENAIS

Contact : alex.coiret@lpc.fr

Cadre d'étude

- Opération de recherche « ADHERENCE » du LCPC :

- vise à la détermination du potentiel d'adhérence utilisable par un usager VL en fonction de paramètres liés à la chaussée, à son état et aux pneumatiques



$$F_x, F_y = f(F_z, \text{pneu}, \text{chaussée})$$

Architecture, nature de la gomme, dessin, usure

Technique routière, micro et macrotexture, eau

incidence de l'adhérence sur des situations d'accidents :

- **études dépendantes / DSCR** (renvers. PL giratoires ; contrôle en virage ; Collisions en files...)

→ **'collisions en files' : hétérogénéité d'un parc roulant « actuel » - risque associé (étude co-piloté LCPC Nantes / INRETS Arcueil)**

- Motivation : La formation de pelotons de véhicules au sein du trafic routier constitue un élément sensible sur le plan sécuritaire (1/8 accidents corporels) ;
- recherche de la part de sur-risque imputable à l'hétérogénéité des performances des véhicules.



Phasage des travaux contribuant à l'étude DSCR « CEF »

<i>Part.</i>	<i>Équipe</i>
<ul style="list-style-type: none">•Données expérimentales :<ul style="list-style-type: none">•Essais sur piste (24 véhicules, lcpc Nantes) ;•Acquisition de pelotons sur voies circulées diverses (sous-traitance par le cete de Rouen pour le lcpc) ;	<p><i>A. Coiret, P. Daburon, Y. Delanne, M. Le-Cerf : LCPC Nantes</i></p> <p><i>E. Violette : CETE Rouen</i></p>
<ul style="list-style-type: none">•Étude de sensibilité sous logiciel de trafic Archisim : copilotée <i>inrets/lcpc</i> ; sous-traitance logicielle <i>sera-cd</i>.	<p><i>M. Nadji, G.Schaeffer : SERA-CD ;</i></p> <p><i>J.M. Auberlet, S. Espié : MSIS - INRETS Arcueil ;</i></p> <p><i>A. Coiret, Y.Delanne : LCPC Nantes.</i></p>
<ul style="list-style-type: none">•Étude numérique et statistique alimentée par les données expérimentales.	<p><i>A. Coiret, Y. Delanne : LCPC Nantes</i></p>



Modèle de simulation de trafic INRETS-ARCHISIM

Modélisation, Simulation and Simulateur de conduite (MSIS)

- Etudier le “système de trafic”, de nouveaux concepts, le comportement du conducteur
- Conception, réalisation de modèles, de simulateurs - Exploitation, mise à disposition, support.

Archisim : modèle « comportemental » de simulation de trafic (DART et LPC)

- Route (ressource collective) et Conduite (tâche individuelle)
- identification et modélisation des acteurs et des interactions induites
- modèle comportemental et multi-agent
- accueil d'un simulateur de conduite
- *LE TRAFIC EST PRODUIT : résultat des actions et des interactions entre les différents acteurs de la situation (le trafic est émergent)*

Validation

- environnement autoroutier ()



Modélisation du freinage d'urgence

Données expérimentales

- campagne de mesures (Lcpc Nantes)
- vitesses
 - accélération (filtre)

Modèle

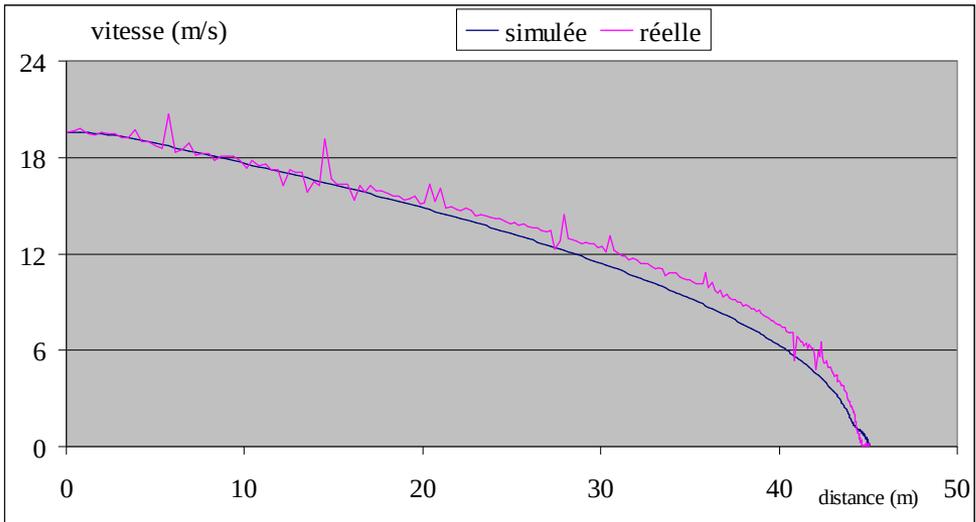
- paramètres
 - décélération maximale : a_{\min}
 - jerk minimale : jerk_{\min} (calibration)
- reconnaissance d'une situation de freinage d'urgence ($< -3\text{m/s}^2$)

$$a(t+dt) = a(t) + dt * \text{jerk}_{\min}$$

$$\text{avec } a(t) \geq a_{\min}$$



Modélisation du freinage d'urgence : Validation



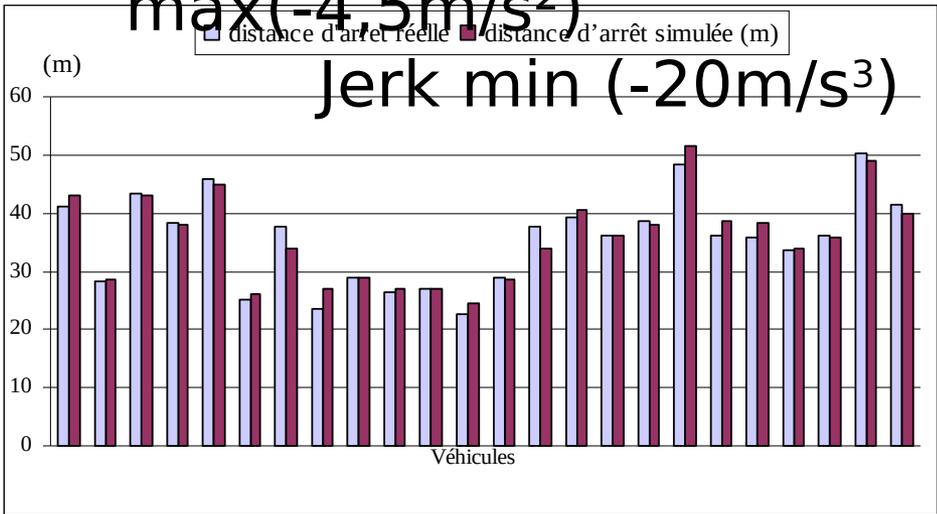
Comparaison des courbes « vitesse » simulée et réelle (mesurée)

véhicule (205)
Déc

max(-4.5m/s²)

Jerk min (-20m/s³)

Comparaison des courbes « distance d'arrêt » simulée et réelle



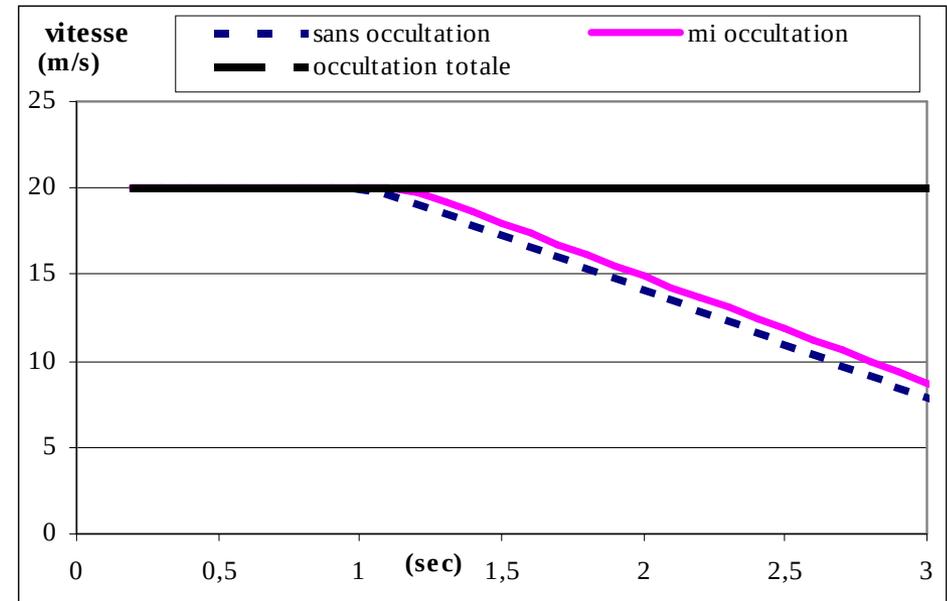
Occultation visuelle

- Masquage induit par le gabarit des véhicules
 - facteur d'hétérogénéité
 - impossibilité complète ou partielle d'anticipation
- Module d'occultation visuelle «simplifiée» Archisim (occultation partielle, totale ou absence d'occultation)
 - autorise ou non l'anticipation du freinage
- Modèle
 - algorithme du peintre
 - scène simplifiée : véhicule, terrain...



Occultation visuelle : validation

- Situation simulée
 - 2 véhicules & obstacle fixe
 - Vh1 à 40m de l'obstacle
 - Vh2 à 18,7m de Vh1
 - Vitesses initiales = 20m/s
 - Pour Vh2
 - temps de réaction 1 sec
 - décélération max =
 - jerk minimal =
 - Vh1 ne freine pas
- => il sert de masque**



impact des effets d'occultation sur l'anticipation
impact of screening effects on the anticipation



Simulation de pelotons

Configurations issues d'une campagne de mesure(LCPC) (vitesses initiales et TIV)
exemple peloton « sandwich » V_2, PL_2, V_1, PL_1 (de la queue du peloton vers la tête)

L'obstacle est à 40m du premier véhicule du peloton.

Vitesses (m/s) et Tiv (sec) : (15,63; 1,84), (18,19; 0,75), (16,18; 1,79) et (16,18; non déf.).

Hypothèses

- Le temps de réaction du peloton 1 seconde ;
- Occultation totale (PL voit "au travers" de VL, VL ne voit pas "au travers" de VL) ;
- jerks : -25m/s^3 (VL et PL)
- ⊗ Pour VL et PL, 2 performances de freinage : bon(+) et moins « bon »(-).
(V+ ; -8 m/s^2), (V- ; $-5,5\text{m/s}^2$), (PL+ ; $-4,8\text{ m/s}^2$) et (PL - ; $-4,2\text{m/s}^2$)
- ⊗ Situation : (V+ et PL+) - (V+ et PL-) - (V- et PL+) - (V- et PL-)

Limites

- ⊗ aucun modèle de déformation ou de reconstruction de trajectoire dans ARCHISIM
➤ *Projection non physiquement réaliste*

Hypothèses 2

- données initiales = données de simulations stoppées à $T_0 = 3,1$ secondes (avant collision)
- période de temps étudiée est $[T_0 ; T_0 + 1]$
- les véhicules sont en freinage d'urgence (capacité maximale de décélération)
- l'obstacle est « re-disposé » : le PL en tête de peloton n'entre pas en collision

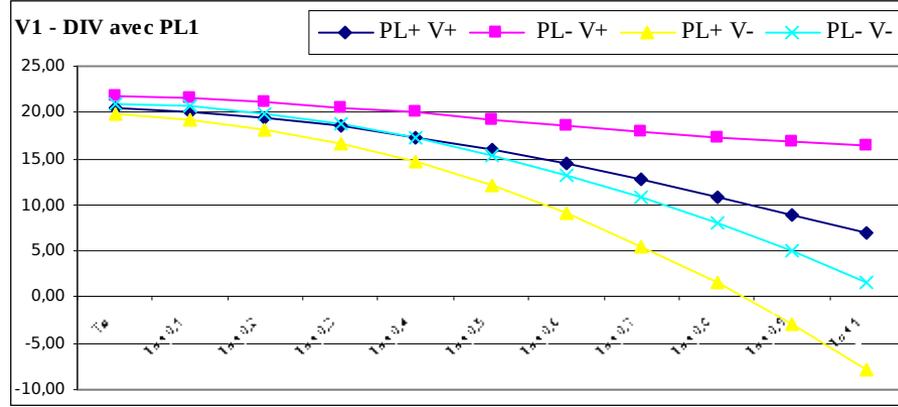
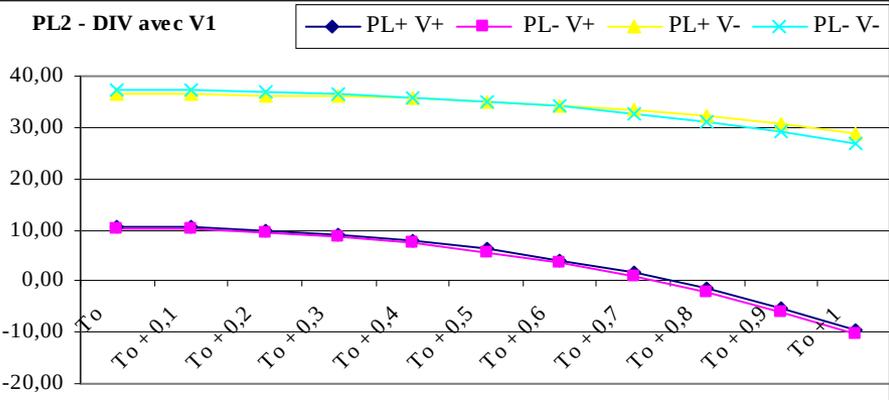
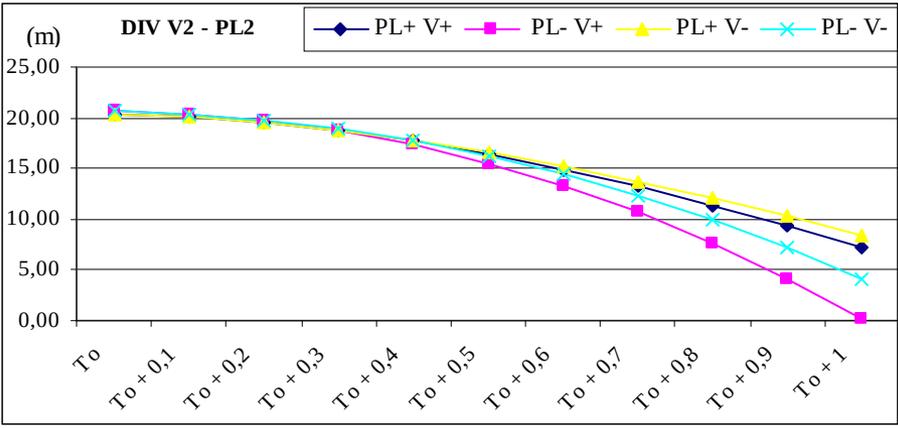


Simulation peloton « sandwich »

- cas (PL- et V+)

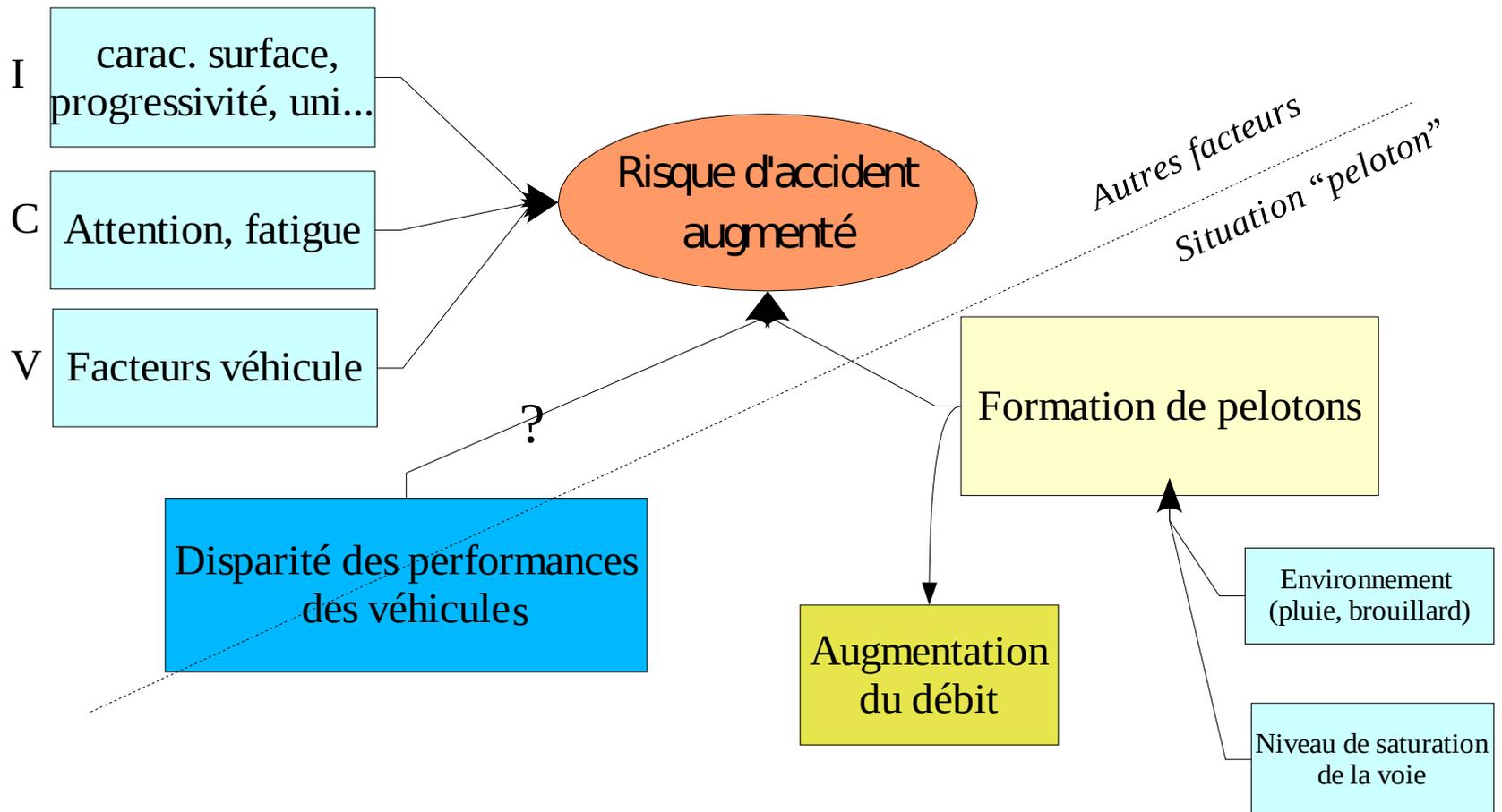
V2 entrerait en collision avec PL2, PL2 avec V1 alors que ce dernier semblerait éviter la collision avec PL1.
- cas (PL+ et V-)

V1 n'éviterait pas la collision, alors que PL2 semblerait l'éviter.



Modélisation du risque d'occurrence d'accidents liés à l'hétérogénéité des véhicules au sein d'un peloton

Alex Coiret, Yves Delanne ; Lab. Central des Ponts et Chaussées, Nantes, France.

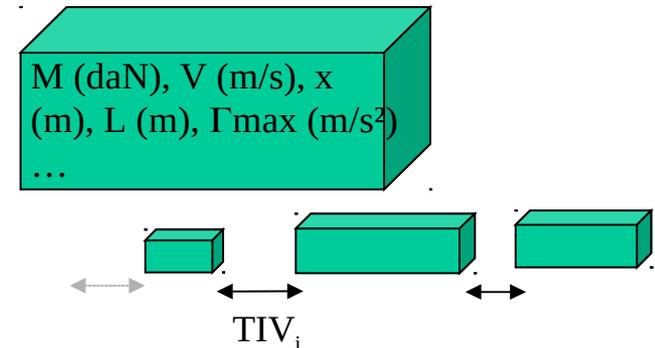


Modèle dynamique itératif

Population de véhicules v_i :

Ensemble de situations type 'peloton' :

Nbre vh ; pour chaque véhicule i : $tiv(i)$, $type_vh(i)$...



Les objets véhicules et pelotons sont alimentés par les bases de don. expérimentales.

Pour chaque peloton

association aléatoire d'un véhicule de V (VL, VU, PL) à chaque objet V_i de la liste TP (peloton)

initialisation V_i , X_i , (fct TIV) ; booléen freinage /véh. de tête

Boucle en temps (pour tout i , $Dx_i < 0,5m$)

si bool freinage V_{h_i} est faux :

bool freinage de $V_{h_{i-1}}$: init compteur temps de réaction

bool freinage de $V_{h_{i-2}}$ et $V_{h(i-1)}$ type VL : init compteur (temps réaction + temps pré-perception)

Mise à jour des caractéristiques cinématiques $(v,x)=fct(\Gamma)$

Vérification d'occurrence de collision ($\Delta x < L_i/2 + L_{i+1}/2$)



Caractérisation performantielle d'un parc de véhicules

Caractérisation :

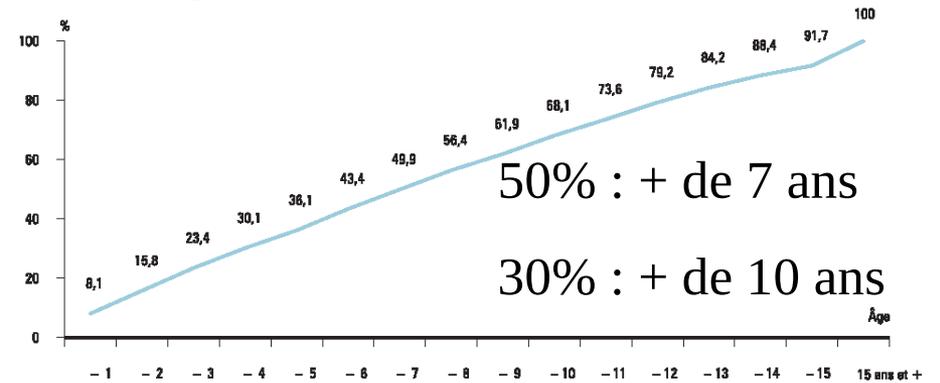
-parc de véhicule « échantillon » mais varié (segments, âge, équipement (abs,esp))

-évaluation « en l'état » : pression et usure des pneumatiques seulement contrôlées ;

-acquisition des commandes, accél., vitesses : véhicule (correvit), roues (codeurs)

-piste de référence homogène en niveau d'adhérence.

-essai d'arrêt d'urgence depuis 70km/h (mot. débrayé).



50% : + de 7 ans

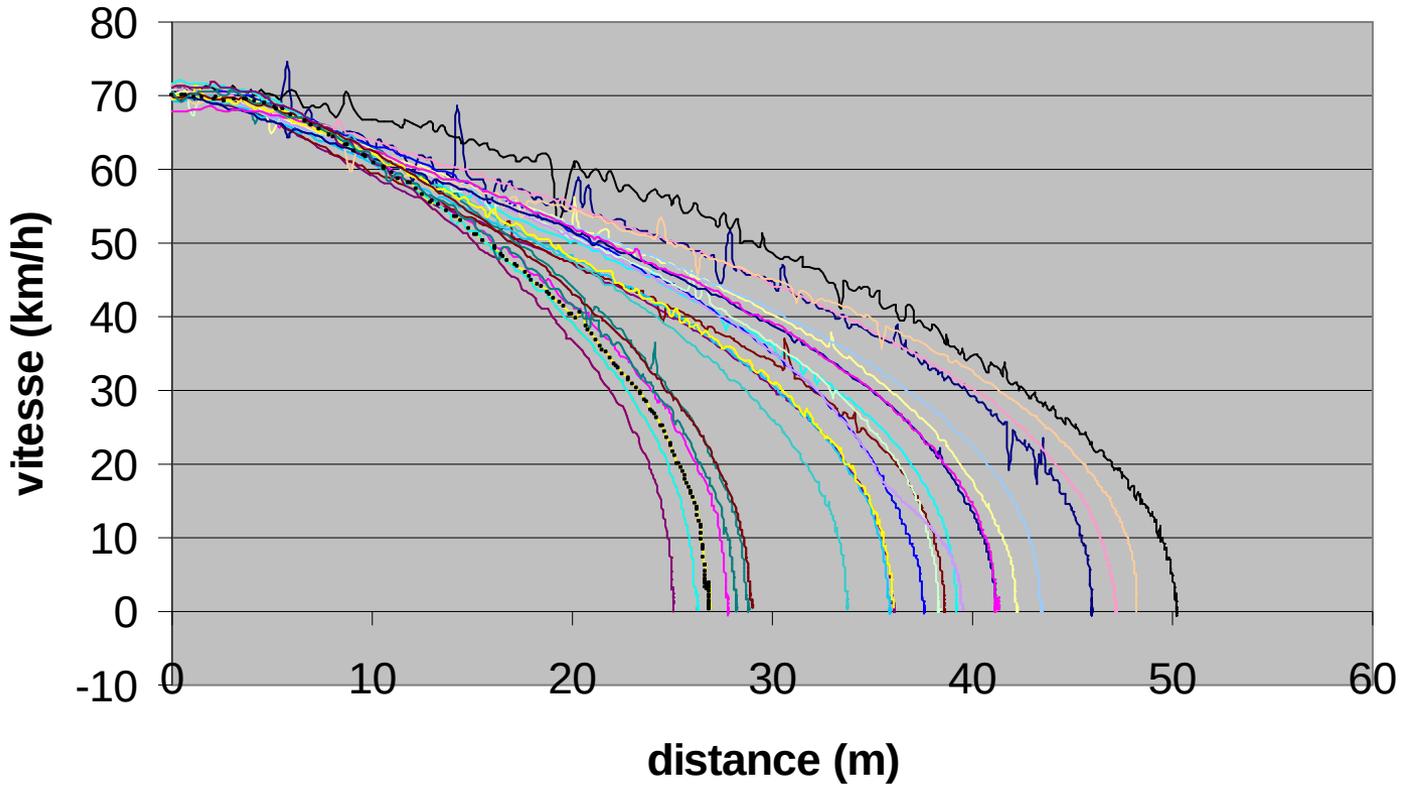
30% : + de 10 ans

Données issues du bilan 2001 sécurité routière.



Caractérisation performantielle d'un parc de véhicules

performances en freinage d'urgence (véhicules non préparés)



- 205
- 306
- 405
- 405
- 405
- 406 avec ABS
- 406 sans ABS
- c15
- camion renault
- clio
- clio
- clio
- clio
- espace
- j5 peug
- master
- laguna
- 106
- car Mercedes
- master
- megane
- scenic
- xsara



Variable d'entrée : pelotons

Expérimentalement, 15000 pelotons ont été relevés par stations SIREDO : $TIV < 3s.$, $n > 4$. (CETE Normandie-Centre, E. Violette)

3 sites : autoroute (A6), nationales 2 et 4 voies (RN13 et RN138)

Conditions de pluie moyenne, faible ou temps sec ; en semaine, le week-end ; de nuit, de jour...



- Peloton : ens. de véhicules en interaction ($tiv < 4s$; E.Seddiki)
- Réglementation S.R. : $TIV \geq 2 s.$ (**décret 2001-1127**)
- T.Réaction : de 0.7s à 1.5s selon situations (M.Green, G. Malaterre)
- TIV souvent très courts en pratique (anticipation suffisante ?)

Simulations : un exemple d'évolution

1000 combinaisons aléatoires de véhicules **par peloton retenu.**

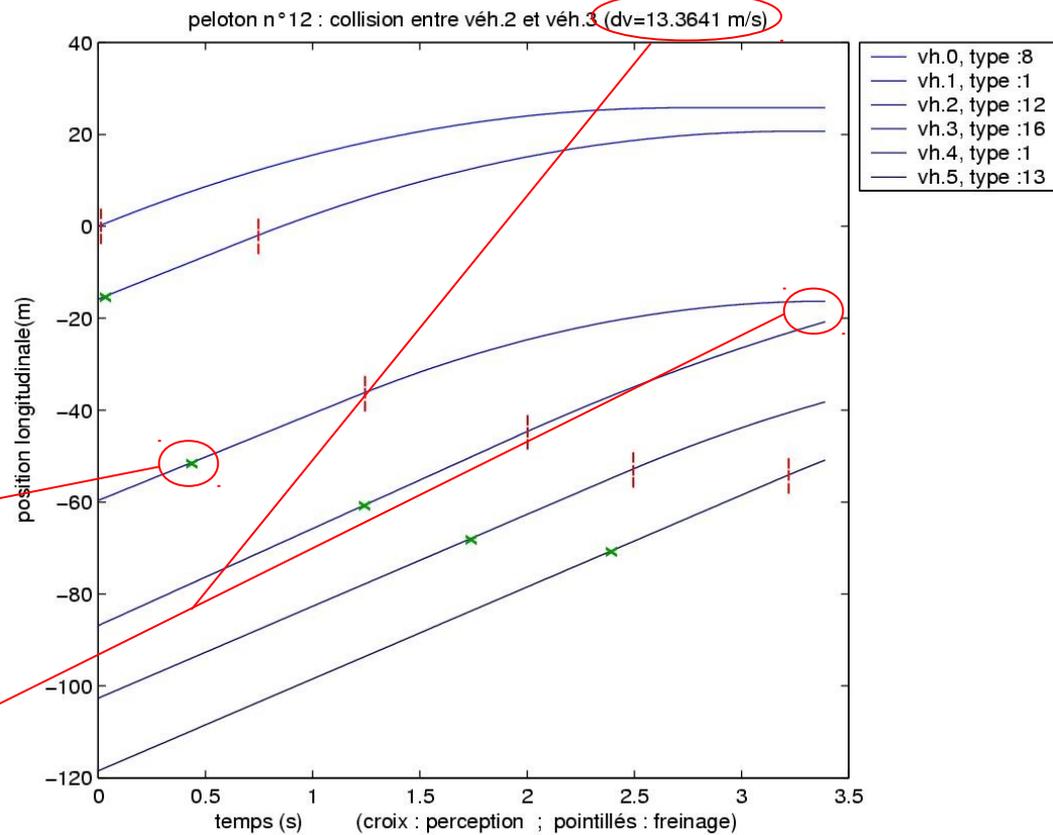
98 pelotons retenus (sur 15000) :

- vitesse ~réf. Piste ;
- État hydrique : pluie modérée ;

Perception anticipée (faible masquage visuel)

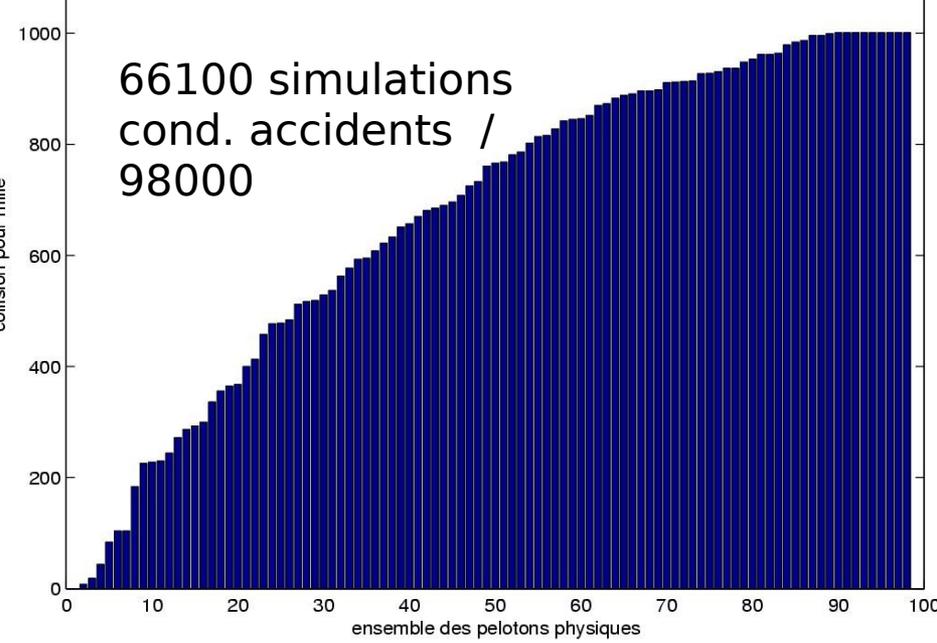
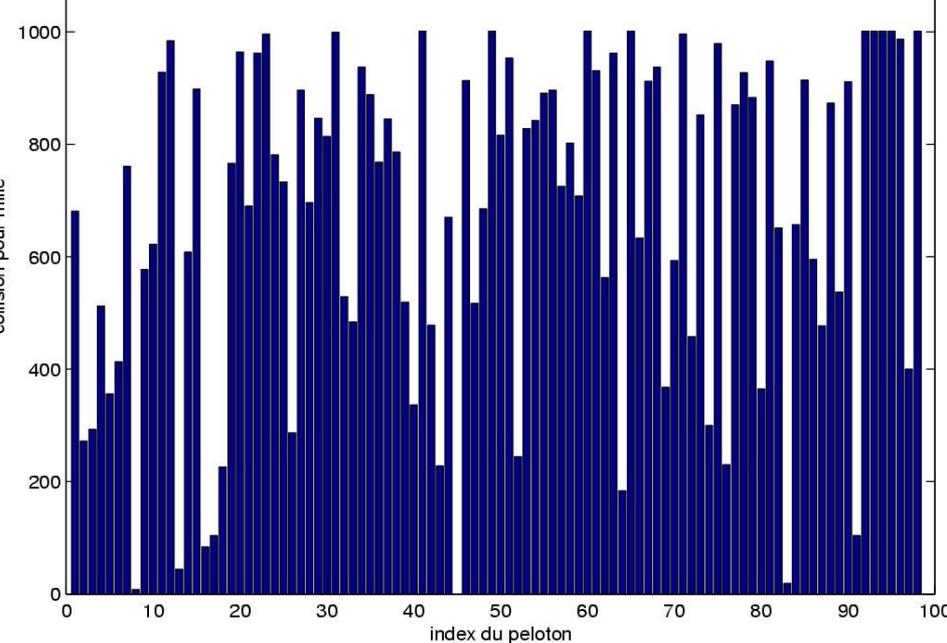
Indication d'une collision et de sa gravité (différentiel de vitesse)

Exemple de graphe d'évolution des véhicules au sein d'un peloton



Résultats de simulation : singularités des pelotons

- ◆ Risque certain : pelotons 92 à 95, 98 : tiv très courts (dépassements)
- ◆ Risque nul : n°45 et 8 : peu de véhicules, groupe homogène, très espacés (attention, nul au sens caractéristiques physiques optimales des véhicules, ne prend pas en compte l'inattention, un incident mécanique etc.)
- ◆ Histogramme classé : pas de rupture indiquant un défaut d'échantillonnage des pelotons relevés.



Taux d'implications individuels des véhicules

Véhicules 1 à 14 : VL

15 à 18 : Vh. Util.

19 à 24 : Fourgons
ou PL (masquage)

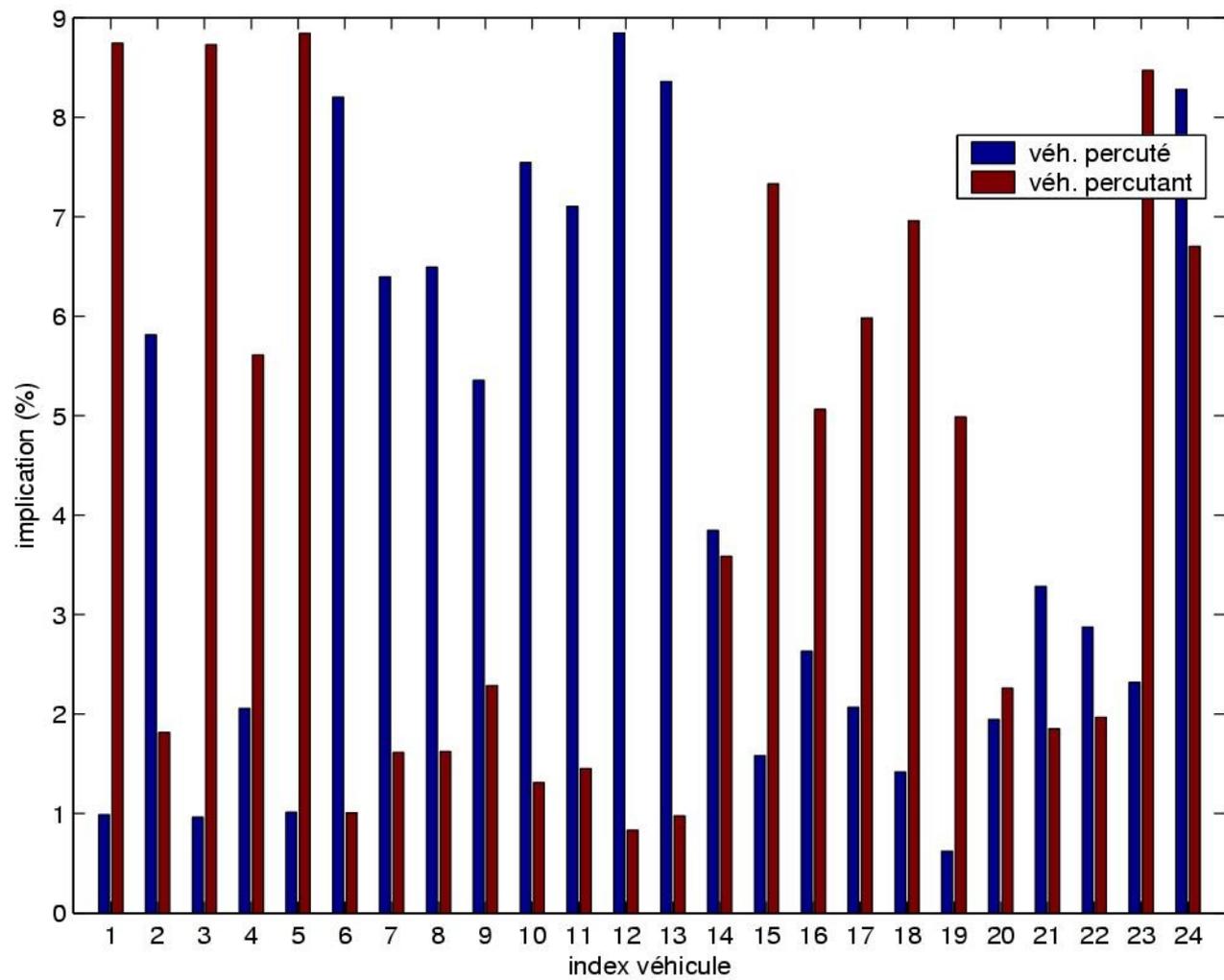
➤ Citadines plus « percutant »
(sauf n°2, dernière génération)

➤ Berlines plus percutées

➤ Utilitaires légers

➤ Fourgons : équilibre, effet de
masquage associé à de faibles
performances de freinage.

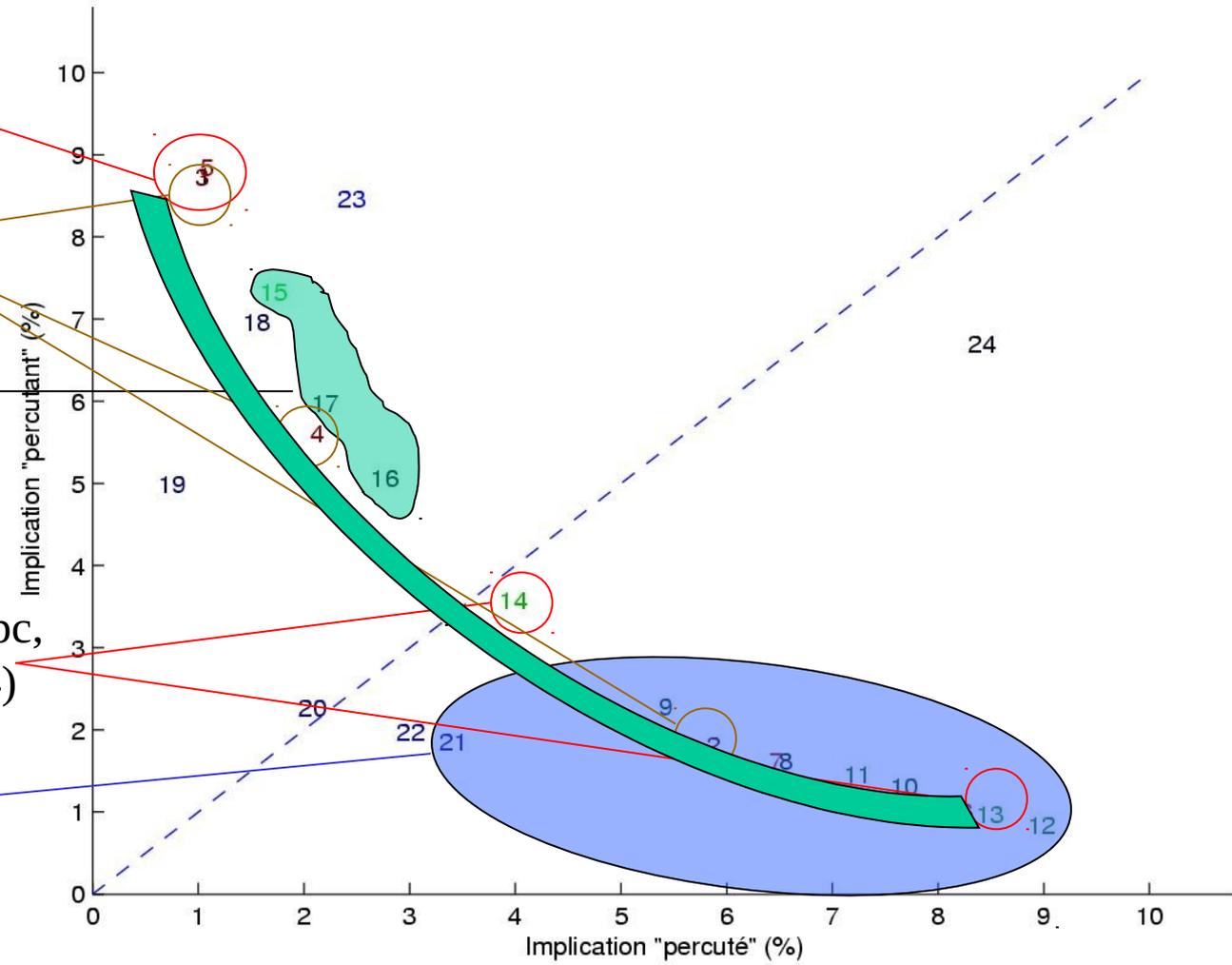
➤ PL : très percutant, bus
équilibré (n°24, avec ABS)



Hétérogénéité en plan ... « responsable/victime »

3 véhicules segment A (<900kg, sans ABS), entre 1990 et 1993
 Répartition : somme d'implication croissante avec l'éloignement de la commerciale mais de 3 véhicules semblables (même berline 91 à 93, M) différentes : 1991 (3), 1996 (4) et 2002 (2).
 avec entailllements des pneumatiques différents :

- 15 : 2,8mm
 - 17 : 4mm avec (13) et sans (14) ABS
 - 16 : 6mm
- Véhicule d'essais lcpc, Ensemble des véhicules équipés de l'ABS



Conclusions

- Modélisation fonctionnelle du freinage d'urgence des véhicules
 - simple (2 paramètres)
 - « fidèle » (Cf. validation)
- Modélisation fonctionnelle de l'occultation visuelle
 - prise en compte des masquages
- Résultats des études
 - mise en évidence de deux paramètres majeurs caractérisant l'hétérogénéité des pelotons en situation de freinage d'urgence
 - gabarit des véhicules et les effets d'occultation (masquage) induits
 - capacité de freinage des véhicules (type, âge, entretien, équipement)
 - intérêt d'un système "personnalisé" de préconisation de temps intervéhiculaires en fonction des caractéristiques des véhicules et de leurs positions dans un peloton.
- Limites des études
 - absence de simulations "après choc"
 - projection "non physiquement réaliste" des simulations.



Conclusions

Étude statistique	<p>Hétérogénéité actuelle du parc automobile importante, conjoncturelle ; sur-risque important (+2pt soit 25%).</p> <p>La contre performance des véhicules récents « en peloton » ne doit pas occulter l'apport direct sur obstacle fixe...</p> <p>Étude n'a pas pris en compte l'utilisation à « iso-risque » par les conducteurs (injection des véhicules en fonction des TIV?), ni le facteur humain en phase de freinage (thème différent)...</p>
Cadre étude DSCR/ ADH	<p>Études DSCR : voie d'application des recherches de laboratoire (op. adh).</p> <p>Aide à l'interprétation des mesures portant sur le trafic ou les performances des véhicules .</p>
Perspectives	<p>Application à l'étude « alerte aux pelotons » (DSCR). Intégration du comportement humain, simulations sur parcs réduits (prévisionnel) ;</p> <p>performances en courbes et modèle à plusieurs voies (rôle ESP) ?</p>

