



Chaire de recherche industrielle
du CRSNG sur l'interaction
Charges lourdes/Climat/Chaussées



Influence de la condition des chaussées sur l'efficacité du transport

19 novembre 2020

Symposium international i3c

Louis Gagnon

gagnon@iag.uni-stuttgart.de

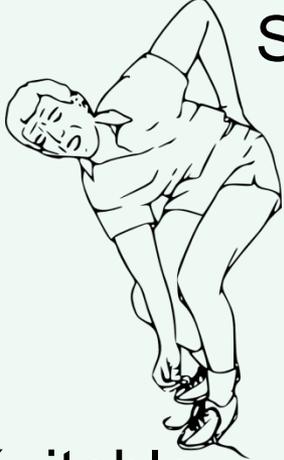
Impact de l'uni de la route

Essence



8%

Santé



inévitable

Coûts
à la société

x2+



Usure

x2+



Sécurité

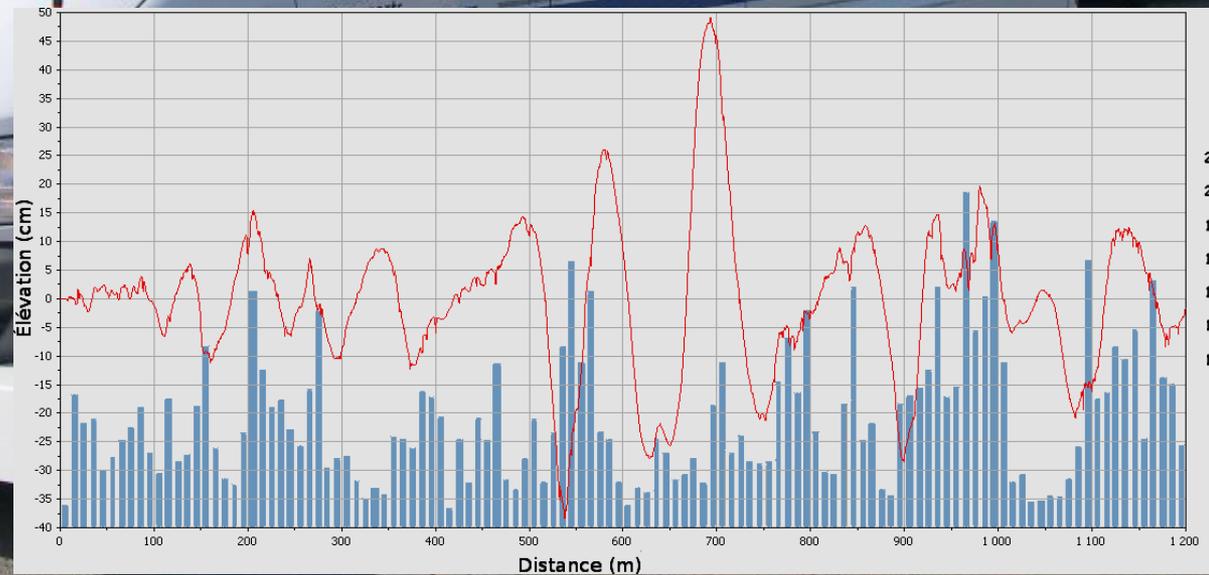


Inspection des chaussées

Profil

IRI

Autres indices



Projet de doctorat 2009-2013

Objectifs pratiques

Quantifier l'impact de la dégradation

Identifier les caractéristiques nuisibles des profils

Proposer des seuils d'intervention

Encadrement

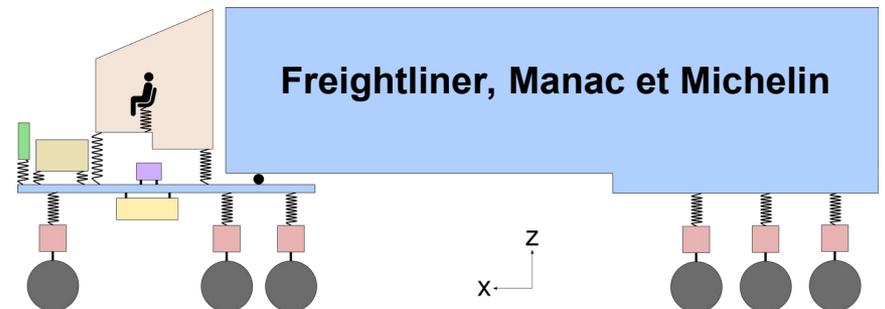
Direction par Marc J. Richard, génie mécanique

Codirection par Guy Doré

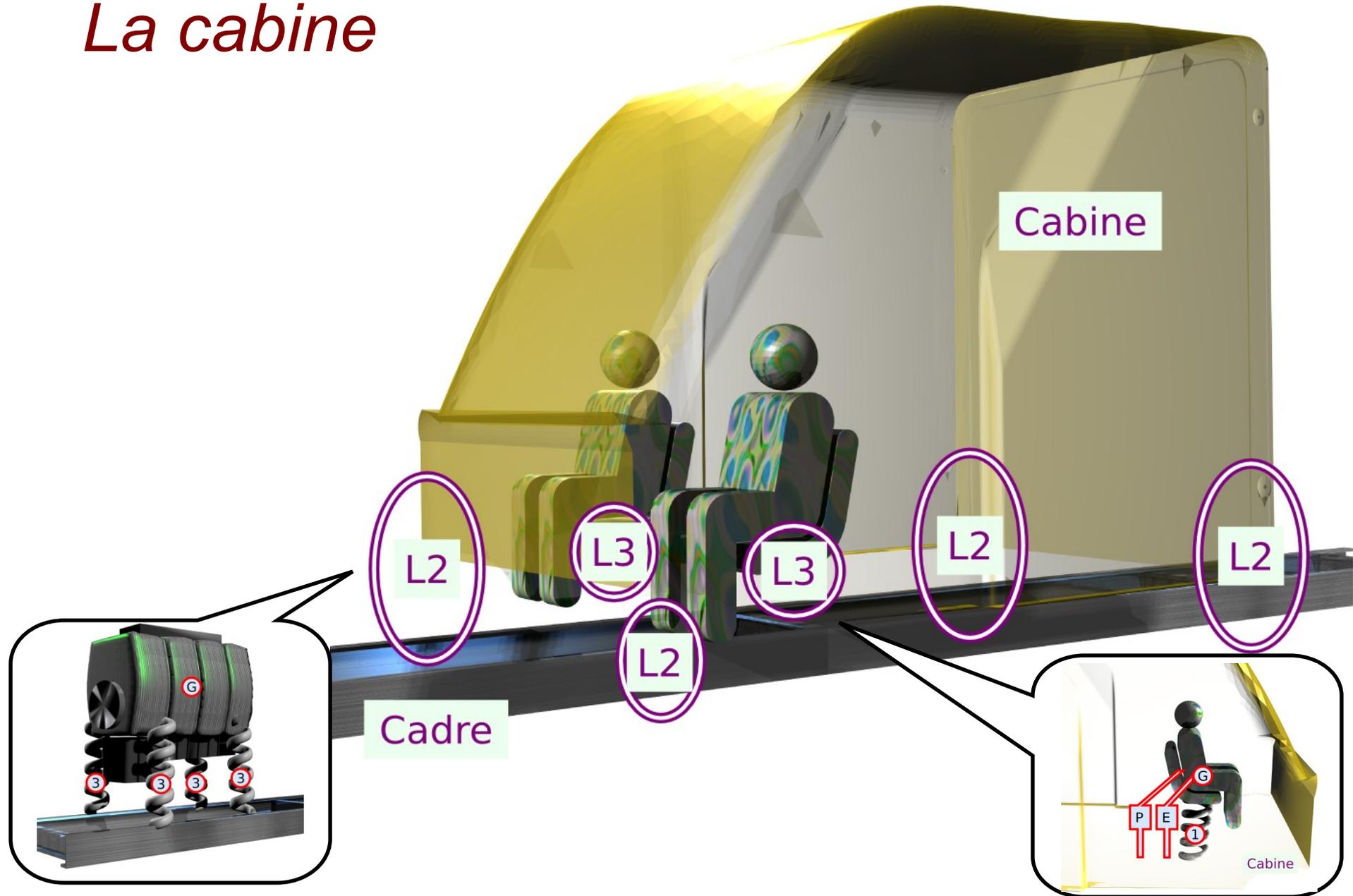
Méthodologie

Construire un modèle multicorps

Étudier plusieurs profils



La cabine



Algorithmes de contrôle

Vitesse & Direction

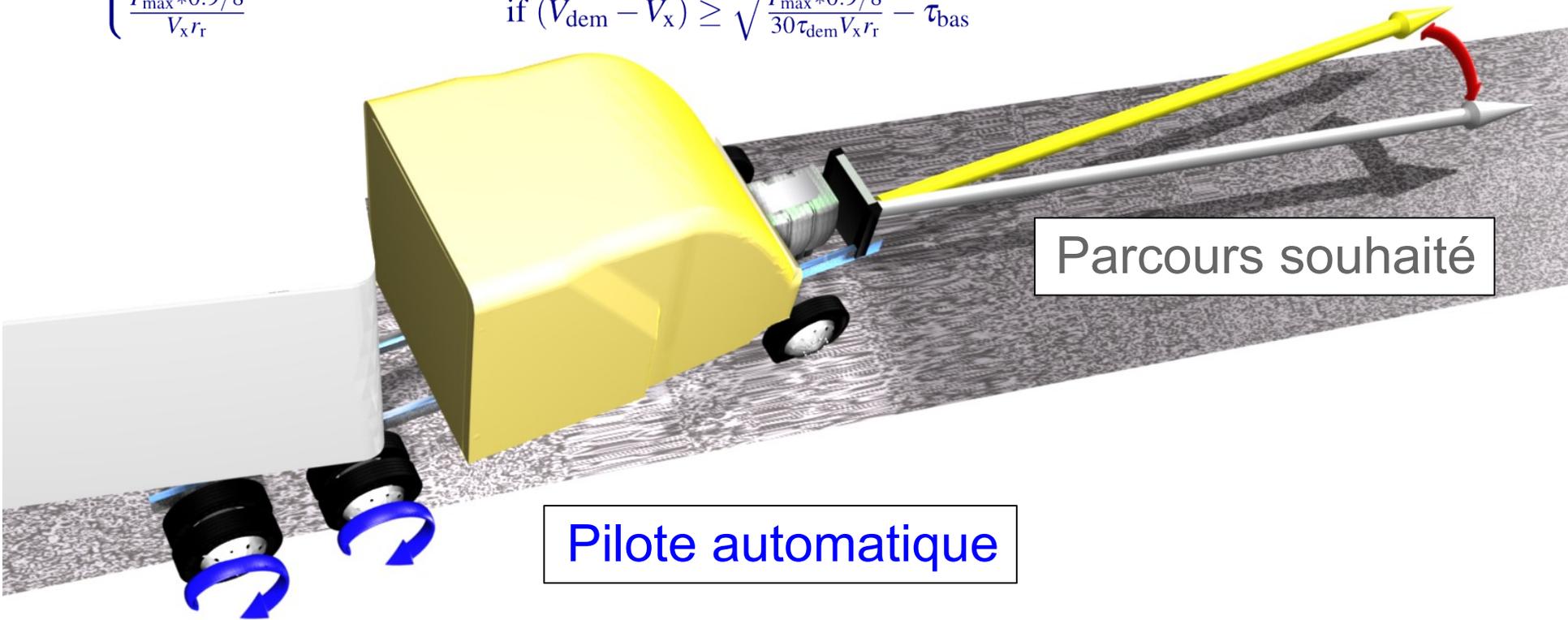
$$\theta_{\text{rnt}} = \text{sgn} \left(K_s \arctan \left(\frac{Y_{\text{dem}} - X_y}{V_x T_s} \right) \right) \times \min \left(\left| K_s \arctan \left(\frac{Y_{\text{dem}} - X_y}{V_x T_s} \right) \right|, \theta_{\text{max}} \right)$$

$$\tau_{\text{reg}} = \begin{cases} 0 & \text{if } (V_{\text{dem}} - V_x) \leq 0 \\ 30\tau_{\text{dem}}(V_{\text{dem}} - V_x)^2 + \tau_{\text{bas}} & \text{if } 0 < (V_{\text{dem}} - V_x) < \sqrt{\frac{P_{\text{max}} * 0.9 / 8}{30\tau_{\text{dem}} V_x r_r}} - \tau_{\text{bas}} \\ \frac{P_{\text{max}} * 0.9 / 8}{V_x r_r} & \text{if } (V_{\text{dem}} - V_x) \geq \sqrt{\frac{P_{\text{max}} * 0.9 / 8}{30\tau_{\text{dem}} V_x r_r}} - \tau_{\text{bas}} \end{cases}$$

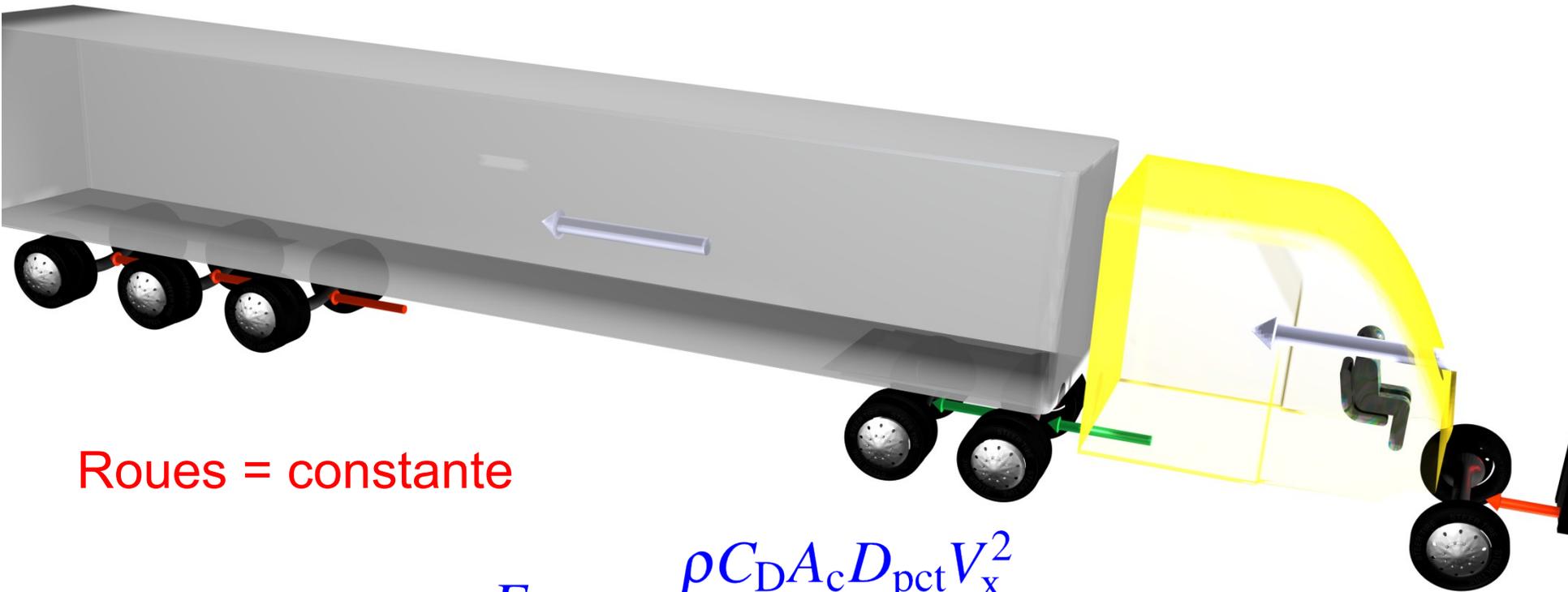
Parcours estimé

Parcours souhaité

Pilote automatique



Pertes énergétiques de base

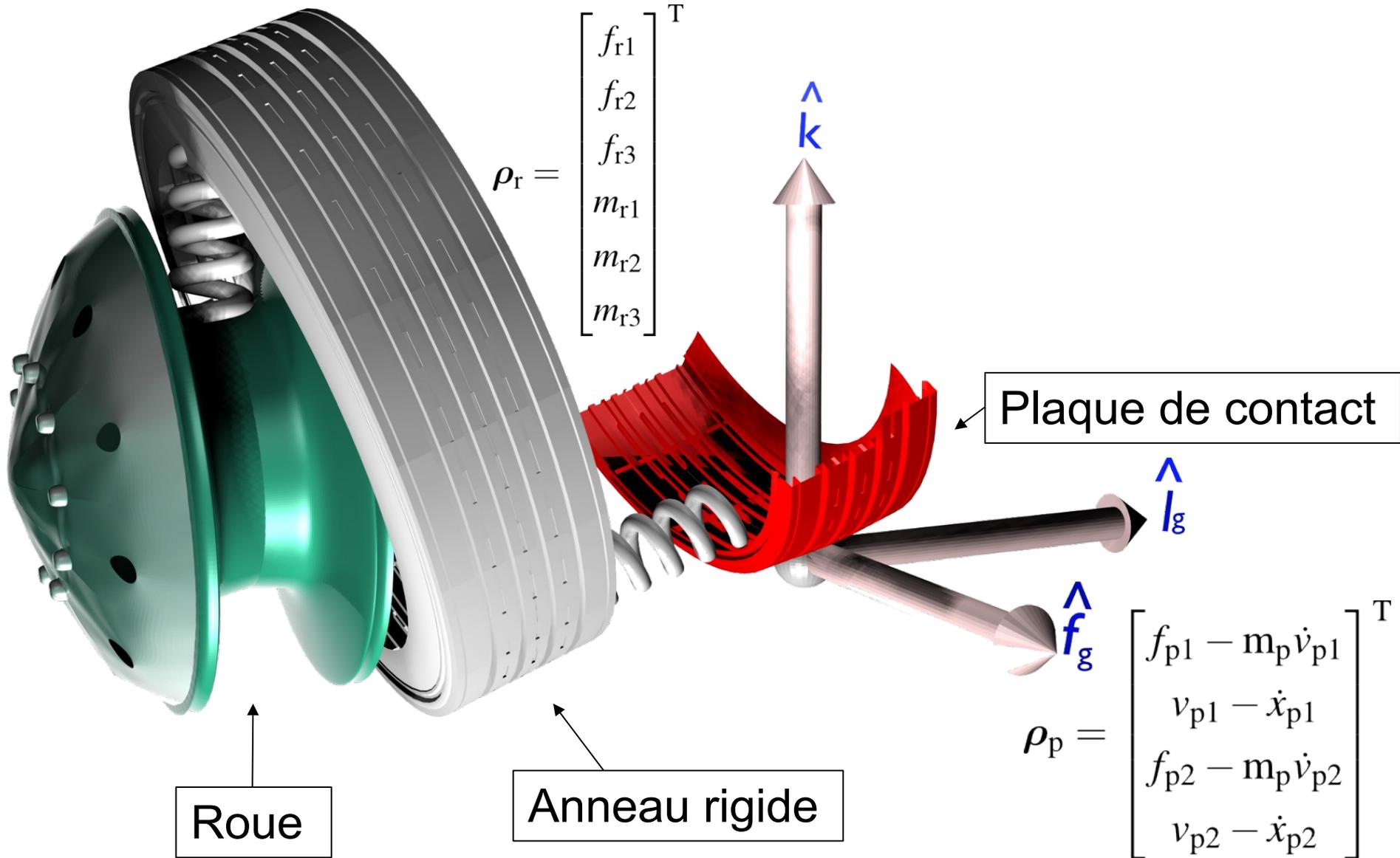


Roues = constante

Aérodynamique
$$F_{\text{aéro}} = \frac{\rho C_D A_c D_{\text{pct}} V_x^2}{2}$$

Transmission
Différentiel
$$F_{\text{Ha}} = \frac{C_{\text{dif}} (P_{\text{max}})^{0.42} D_{\text{fr}} V_x + C_{\text{tra}} P_{\text{max}} (V_x D_{\text{fr}})^{1.62}}{\pi r_r}$$

Modèle de pneus



Campagne expérimentale

Ralentissements au neutre

Procédure SAE-J2263

80 km/h

20 lectures



Semi-remorque

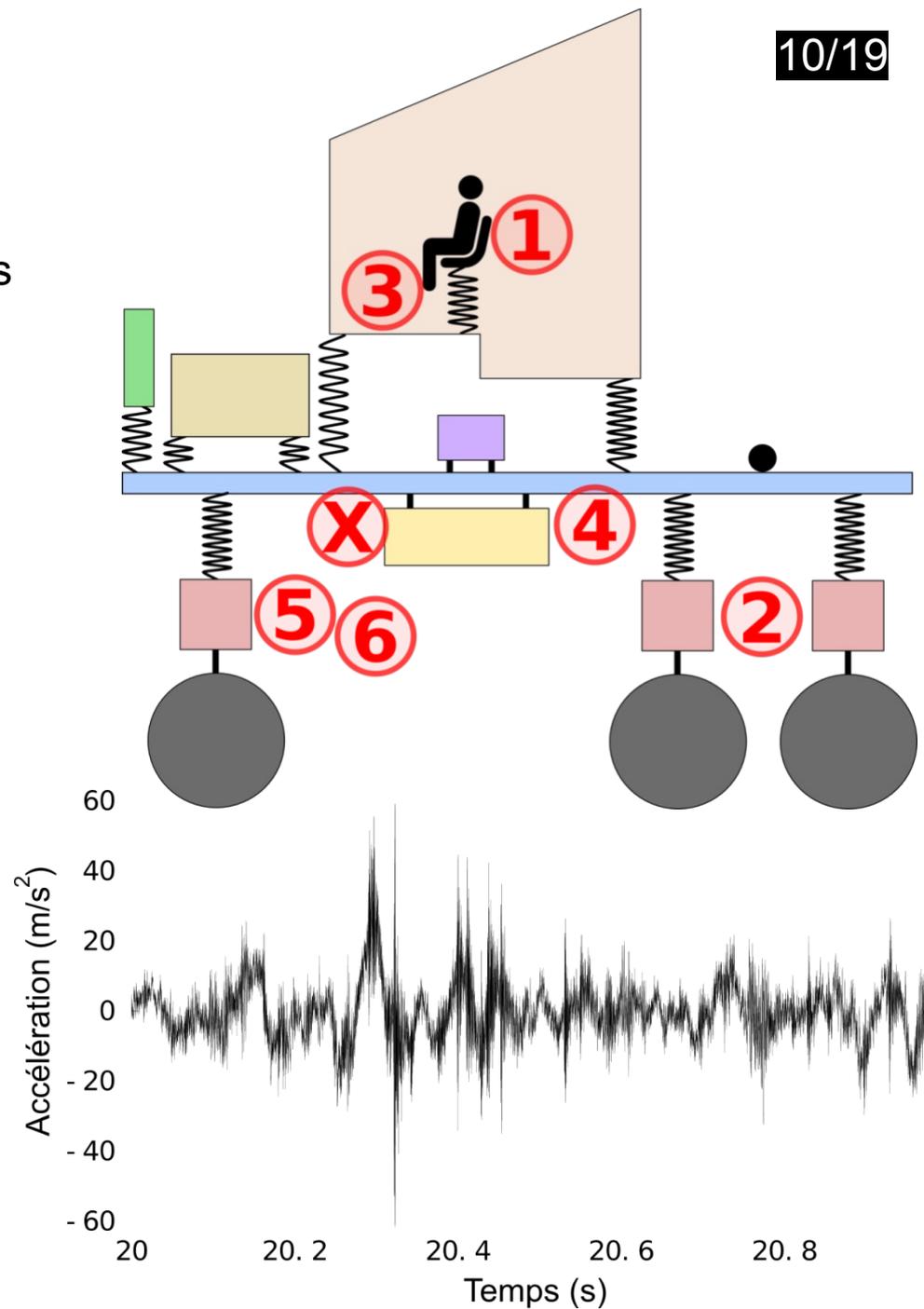
22 roues

43 t

Profils lus avec profilomètre et véhicule

Étalonnage

Réponses dynamiques des pneus, profils de la route, signaux en position, énergie cinétique, fréquences naturelles, répartition du poids



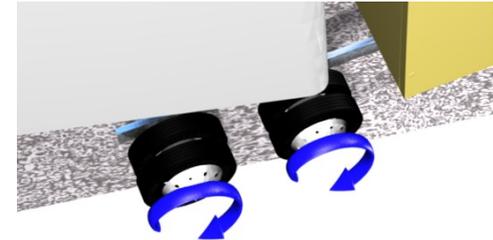
Étude de profils

40 profils réels → 200 profils

100 km/h, 1 km

Calcul des impacts

Consommation d'énergie



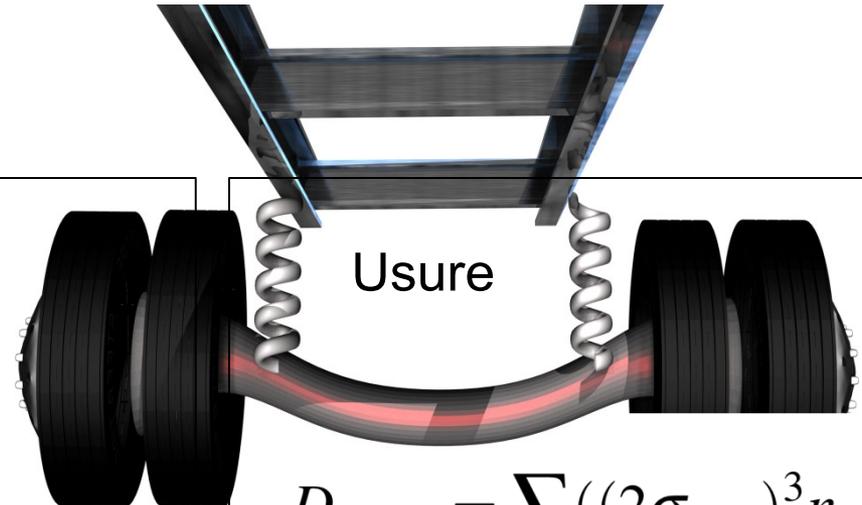
$$q_{\text{tot}} = \sum_{i=1}^8 \left(\int_{x_{\text{in}}}^{x_{\text{out}}} \omega_i \tau_i dt \right) + \Delta E_k m_{\text{ck}} + \Delta E_p m_{\text{cp}}$$

Santé



ISO 2631-1
(valeur efficace)

Sécurité



$$d_{\text{séc},i} = \sum_j b_j \frac{x_{\text{cab},j+1} - x_{\text{cab},j-1}}{2}$$

Usure

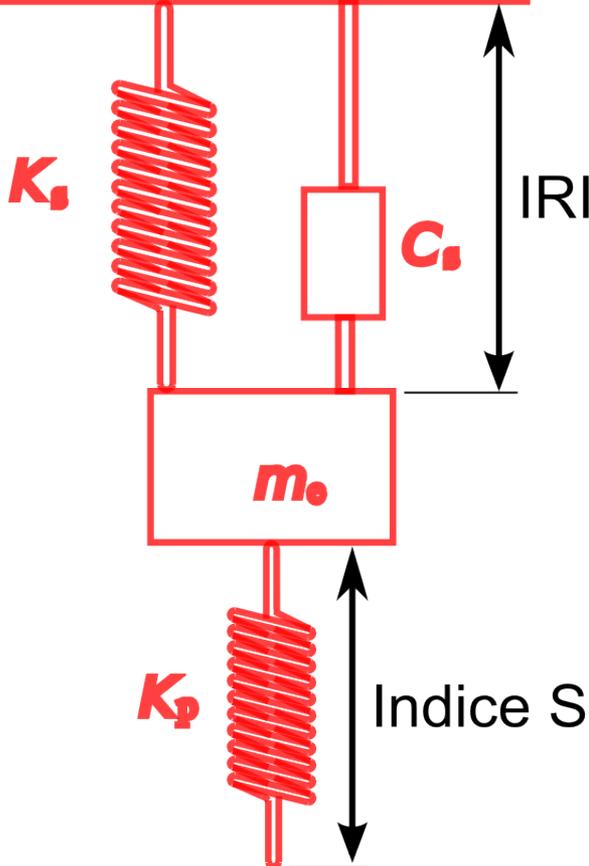
$$D_{\text{susp},i} = \sum_j ((2\sigma_{s,j,i})^3 n_{\sigma_{s,j,i}})$$

$$D_{\text{pneu},i} = \sum_j \left| \left(\frac{\mathbf{x}_{\text{p},j+1} + \mathbf{x}_{\text{p},j-1}}{2} \cdot \mathbf{F}_j \right) \right|$$

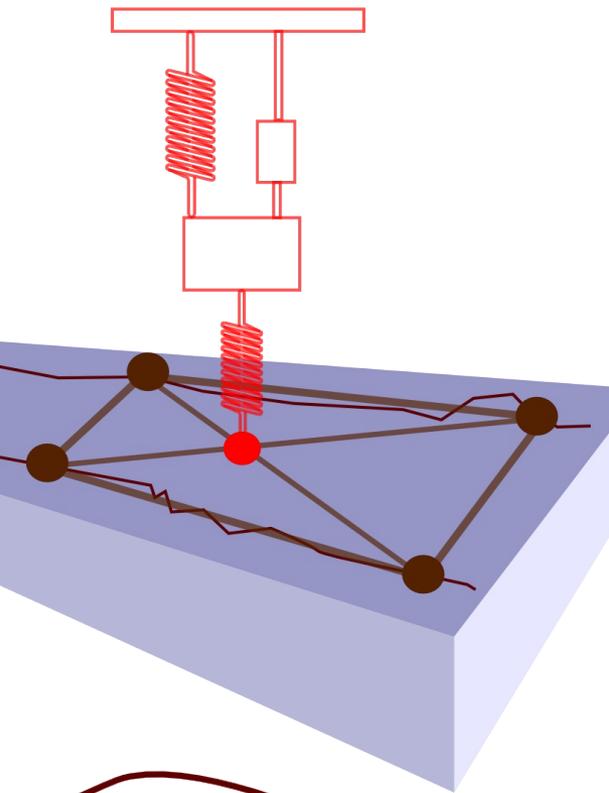
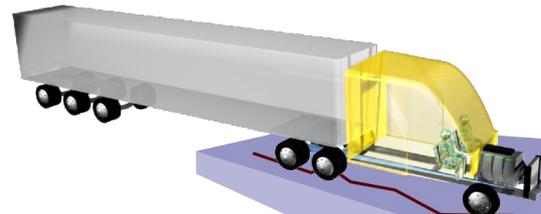
Indices développés

Indice Santé

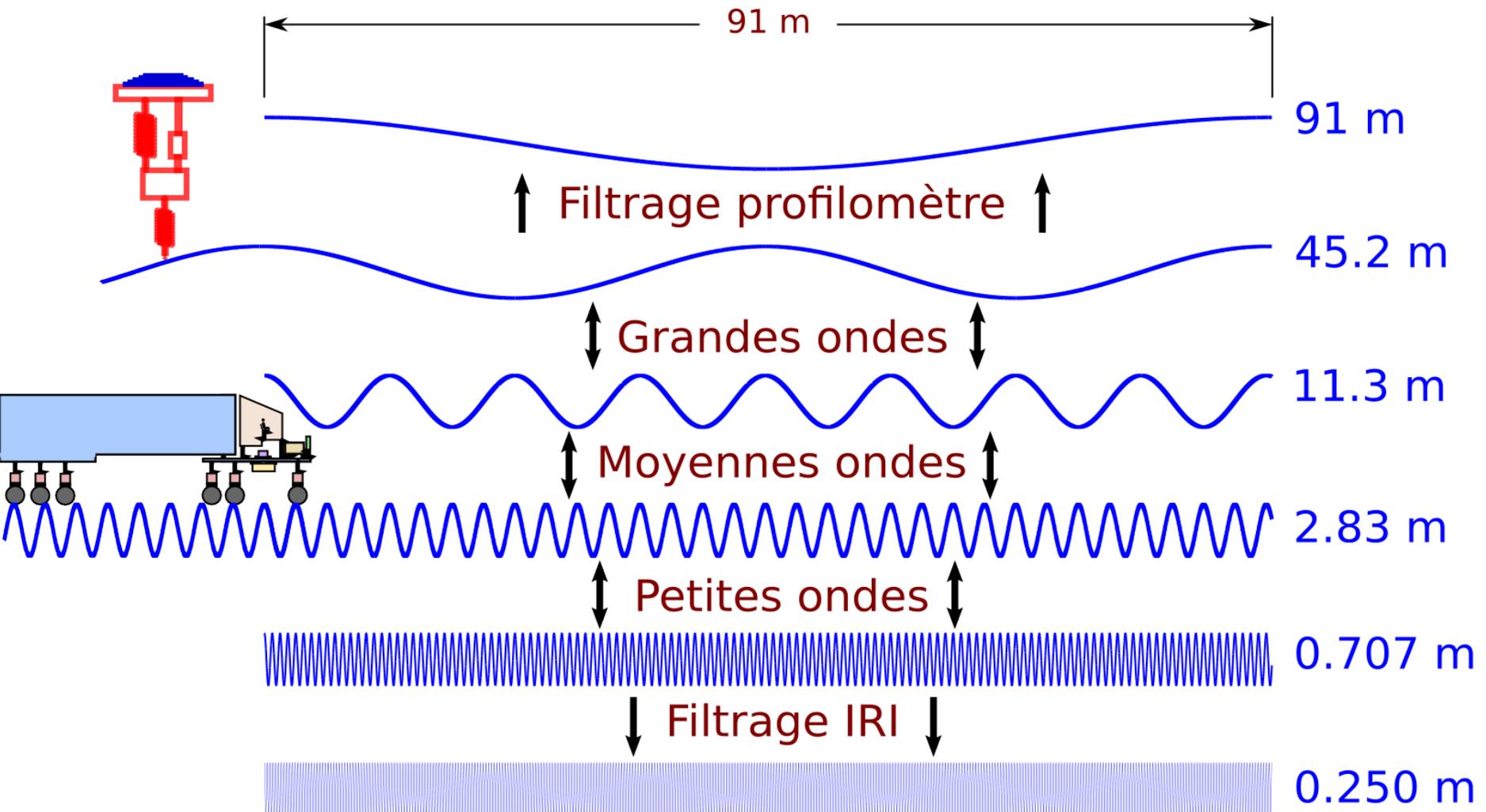
Indice Usure



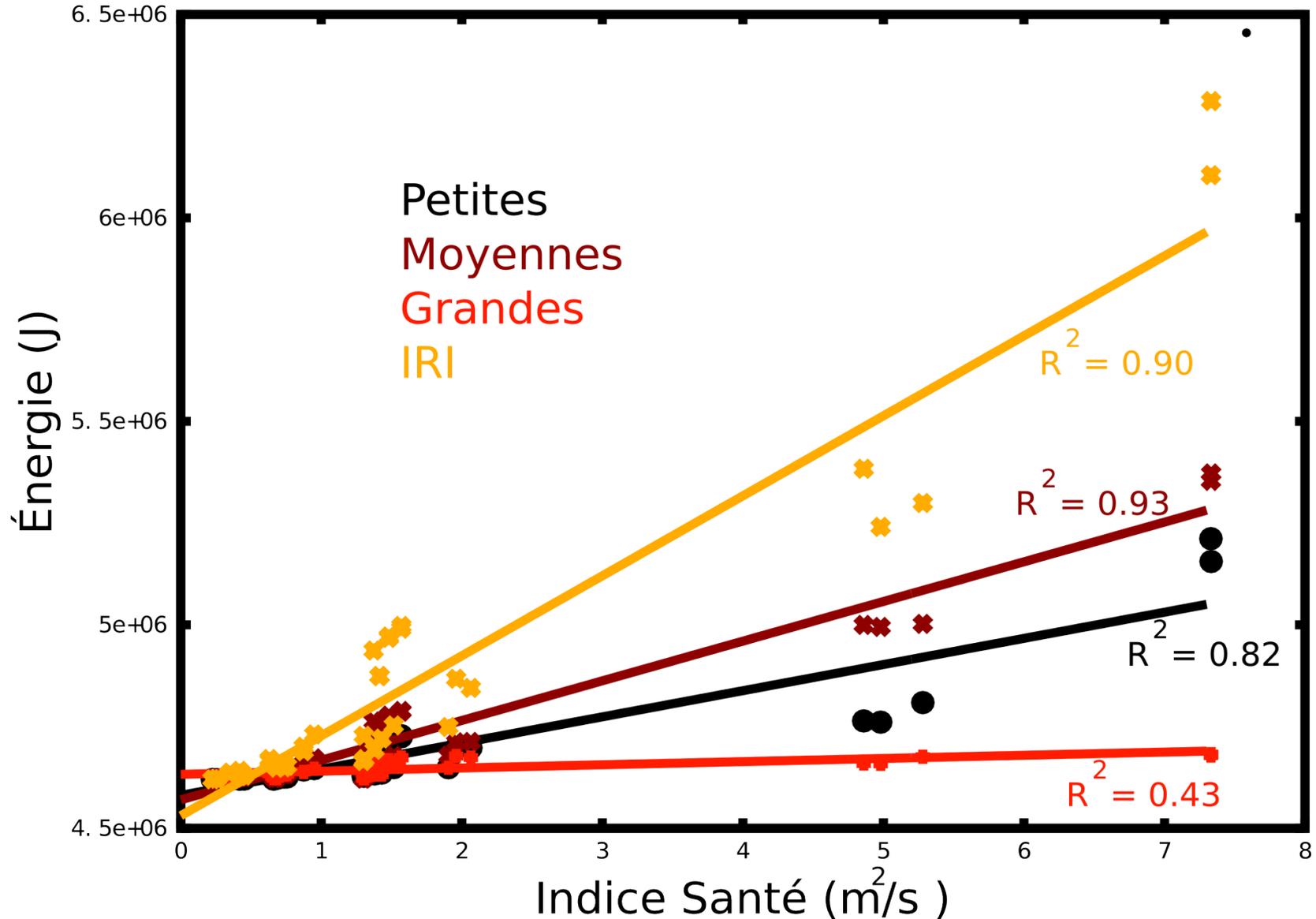
Indices sur profils moyens



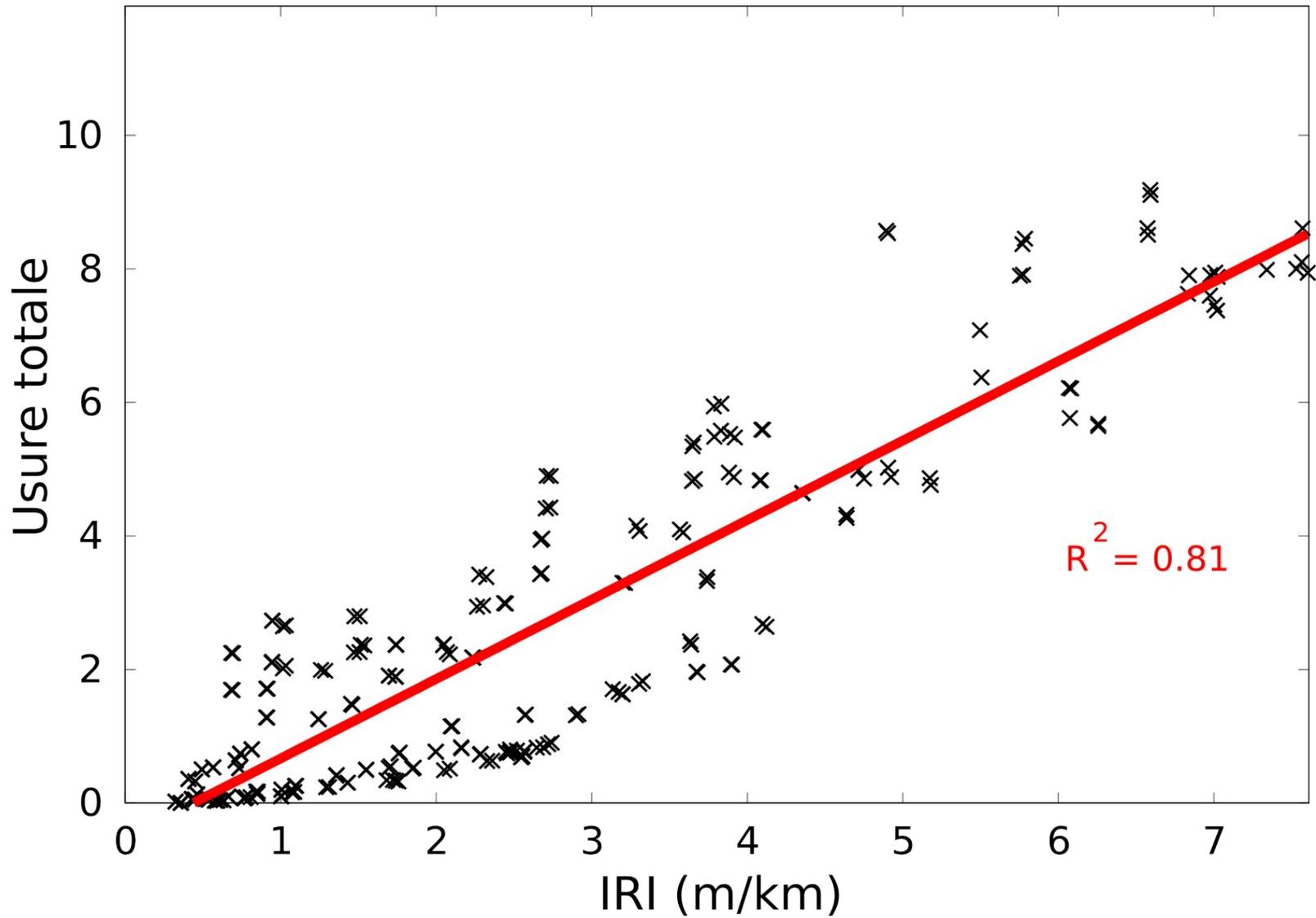
Longueurs d'onde : indices et profils



Décomposition par gammes d'ondes

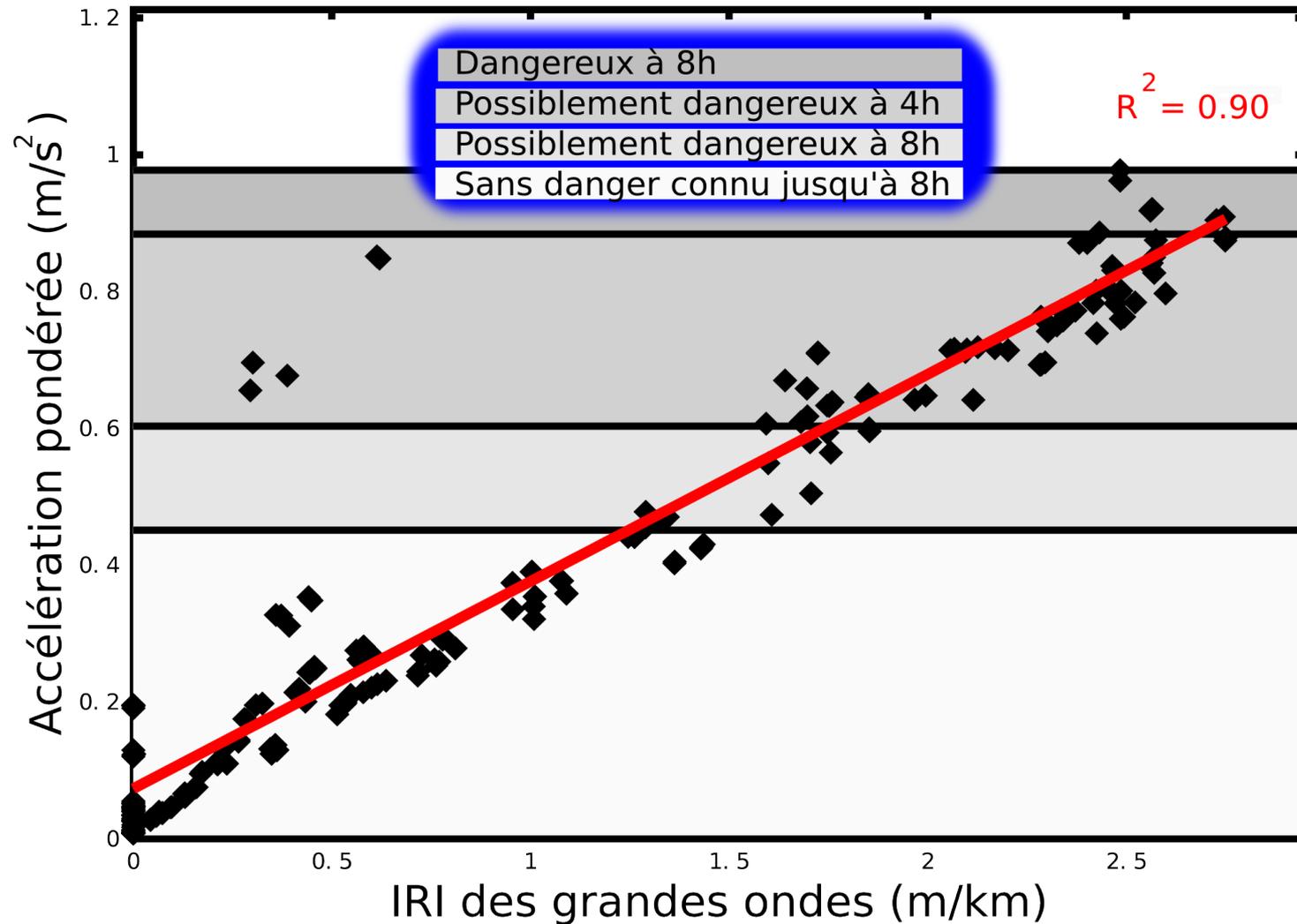


Usure des pneus



Santé

Santé du chauffeur, mesure conservatrice



Conclusions de l'étude de profils

IRI : usure des pneus, impact global et sécurité

Influence des bandes d'ondes

$$3.0 < \text{IRI} < 5.5$$

- petites pour usure des pneus
- moyennes pour énergie, sécurité et usure des pièces
- grandes pour santé

Indice sécurité

- énergie et sécurité

Profils moyens corrèlent mieux



Retombées scientifiques

- ▽ Indices simples et corrélations avec divers impacts
- ▽ Modèle de pneu avec approche implicite
- ▽ Modèle spécialisé dans l'interaction véhicule-route
 - méthode complète d'évaluation précise des impacts
 - temps de calcul de 1 km/h par processeur
 - demeure peu utilisé hors de la chaire, mais:
- ▽ 6 articles (dont 2 par collaboration internationale)
- ▽ Projets étudiants de la chaire
- ▽ Modèle de pneu et de camion distribués librement





Chaire de recherche industrielle
du CRSNG sur l'interaction
Charges lourdes/Climat/Chaussées

Merci aux collaborateurs externes



Documentation supplémentaire : <http://louisgagnon.com/projets.html>

et un grand merci aux partenaires

PARTENAIRES



LVM

DESSAU



Faculté des Sciences et de génie
Département de génie civil

