

**Aperçu sur l'approche probabiliste et
fiabiliste de la sécurité routière et des
infrastructures, indices de fiabilité et
méthode FORM-SORM**

Atelier 2

Dimitri DAUCHER

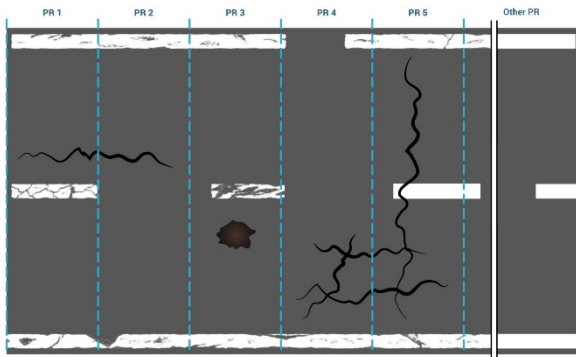
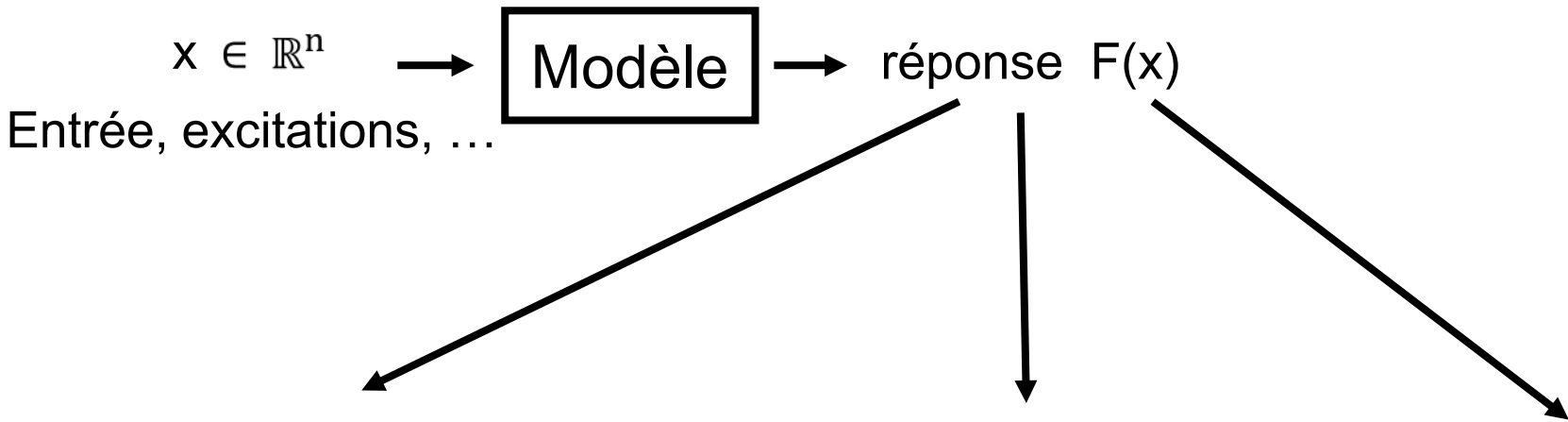
Université Gustave Eiffel / COSYS / PICS-L

Outline

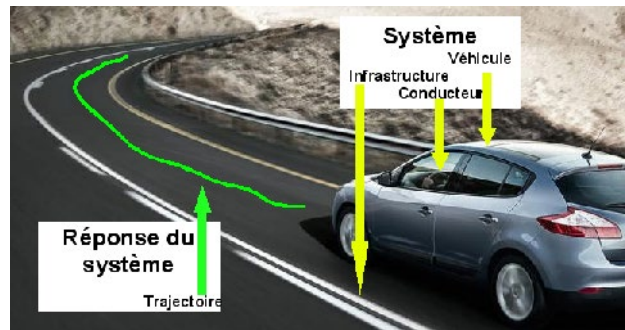
- **Aperçu sur l'évaluation probabiliste et fiabiliste de la sécurité routière et des infrastructures**
- **Applications**

Aperçu sur l'évaluation probabiliste et fiabiliste de la sécurité routière et des infrastructures

Les limites des approches déterministes :



Prévision d'état d'une chaussée



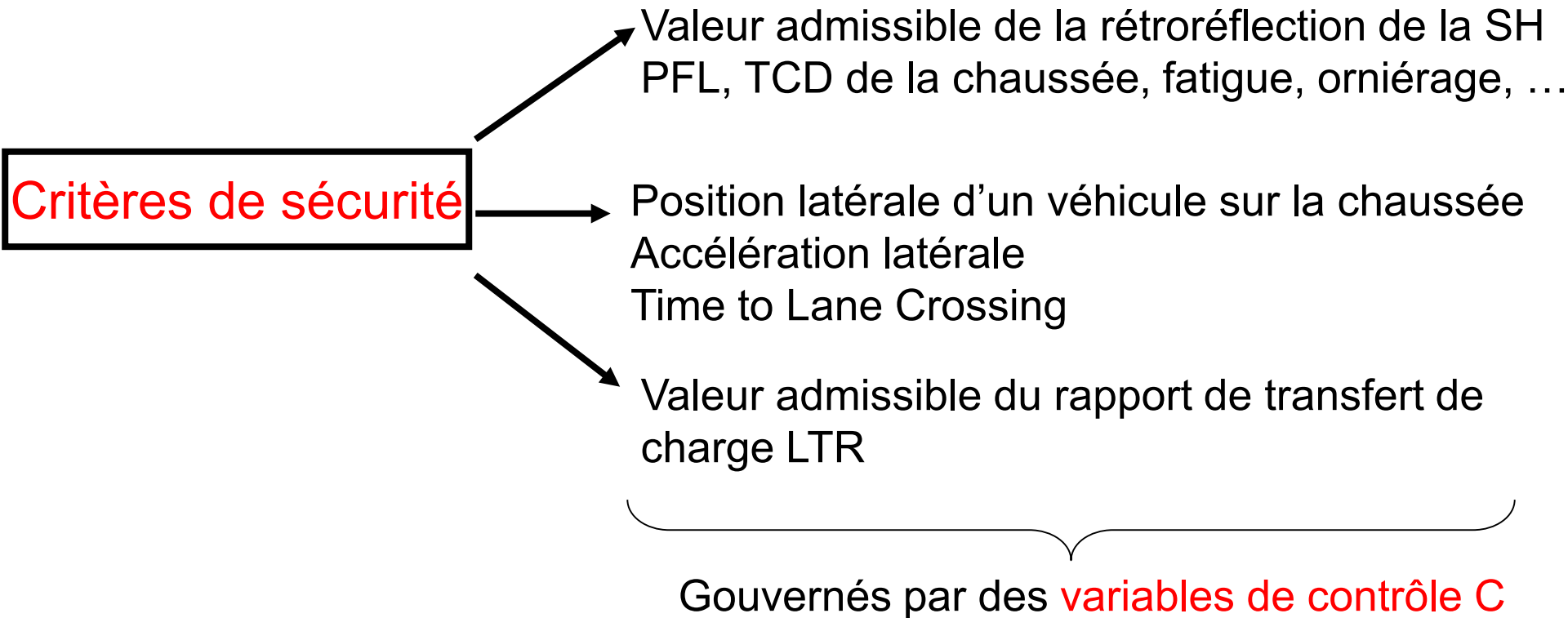
Prévision de la cinématique d'un véhicule



Prévision de la stabilité d'un PL

Aperçu sur l'évaluation probabiliste et fiabiliste de la sécurité routière et des infrastructures

Les limites des approches déterministes :



Aperçu sur l'évaluation probabiliste et fiabiliste de la sécurité routière et des infrastructures

Modélisation probabiliste / Choix des paramètres aléatoires :

$$X : \mathbb{R} \times \Omega \rightarrow \mathbb{R}^n \longrightarrow \boxed{\text{Modèle}} \longrightarrow F(X)$$

Paramètres de chaussée, devers, adhérence, uni...

Idéalement loi de X déduite de données statistiques

éventuelle **analyse de sensibilité** pour classer les paramètres aléatoires selon leur influence sur la variabilité de la sortie du modèle

Calcul d'indices de Sobol : sorte d'analyse de variance

Aperçu sur l'évaluation probabiliste et fiabiliste de la sécurité routière et des infrastructures

Analyse fiabiliste :

Objectif : évaluer des niveaux de risque associés aux critères de sécurité à partir de la modélisation probabiliste proposée

Etats limites :

ELU : son franchissement conduit à une défaillance irréversible du système
exemples : perte d'intégrité du système, dégâts matériels/structuels significatifs, perte de contrôle d'un véhicule, renversement d'un PL, ...

ELS : son franchissement conduit à une défaillance temporaire et réversible du système
exemples : franchissement d'une voie de circulation par un véhicule, déformation réversible d'un système (élastique), ...

Aperçu sur l'évaluation probabiliste et fiabiliste de la sécurité routière et des infrastructures

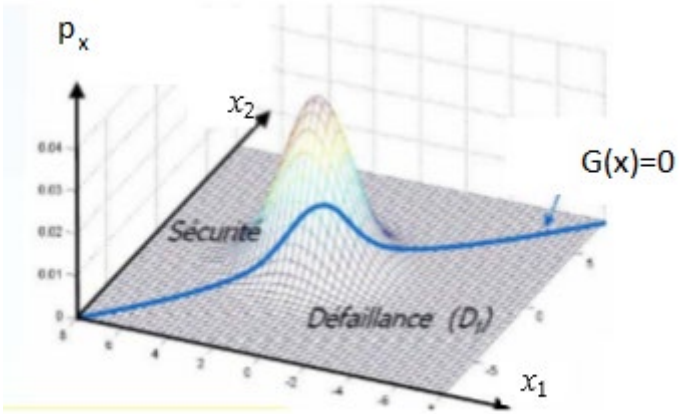
Critères de sécurité → Fonction d'état limite G

$D_S = \{ x \mid G(x) > 0 \}$ domaine de sécurité

$D_f = \{ x \mid G(x) < 0 \}$ domaine de défaillance sur lequel le(s) critère(s) violé(s)

événement de défaillance : $E_f = \{ \omega \mid G(X(\omega)) < 0 \}$

Objectif : Calculer $P(E_f) = \int_{D_f} p_x$



Calcul exact généralement impossible

Aperçu sur l'évaluation probabiliste et fiabiliste de la sécurité routière et des infrastructures

Formulation standard : transformation T gaussienne

$$P_f = P(E_f) = \int_{\mathbb{R}^n} \mathbb{1}_{\Delta_f}(\mathbf{y}) \varphi_n(\mathbf{y}) d\mathbf{y}$$

$$\Delta_f = \mathbf{T}(D_f) = \{\mathbf{y} \in \mathbb{R}^n : \Gamma(\mathbf{y}) < 0\} \quad \Gamma = G \circ \mathbf{T}^{-1}$$

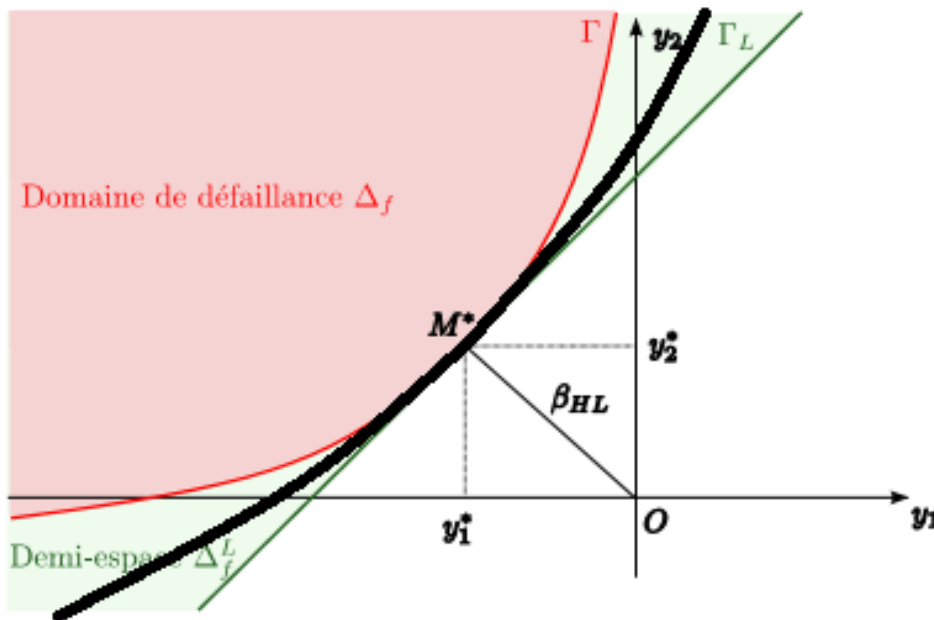
φ_n est la densité de la loi gaussienne standard

Aperçu sur l'évaluation probabiliste et fiabiliste de la sécurité routière et des infrastructures

Indice de fiabilité de Hasofer-Lind : $\beta_{HL} = \delta(O, \Delta_f) = \min_{M \in \Delta_f} \|\overrightarrow{OM}\|_n$

Calcul plus aisé que celui de la probabilité de défaillance

Approximations :



FORM :

remplacer le domaine de défaillance Δ_f par le demi-espace Δ_f^L tangent à Δ_f en M^*

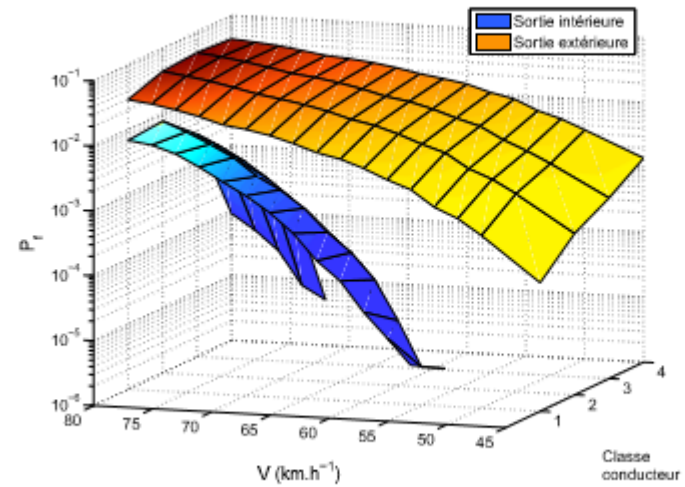
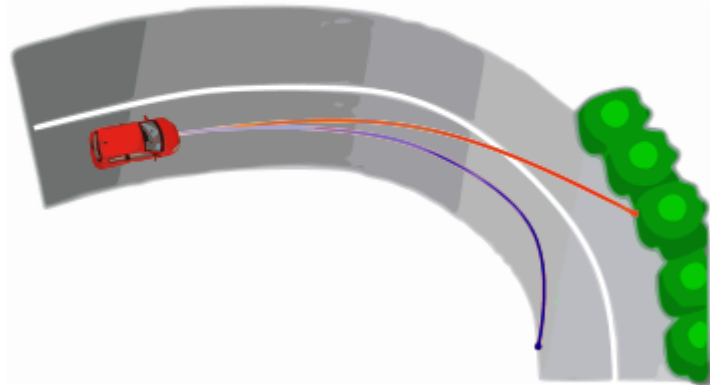
$$P_f^L = \int_{\mathbb{R}^n} \mathbb{1}_{\Delta_f^L}(\mathbf{y}) \varphi_n(\mathbf{y}) d\mathbf{y} = \Phi(-\beta_{HL})$$

SORM :

remplacer la fonction d'état-limite Γ par son approximation quadratique Γ^Q en M^* ,

$$P_f^Q \sim \Phi(-\beta_{HL}) \prod_{i=1}^{n-1} \left(1 + \frac{\varphi(\beta_{HL})}{\Phi(-\beta_{HL})} \kappa_i \right)^{-1/2}$$

Application : Sécurité routière

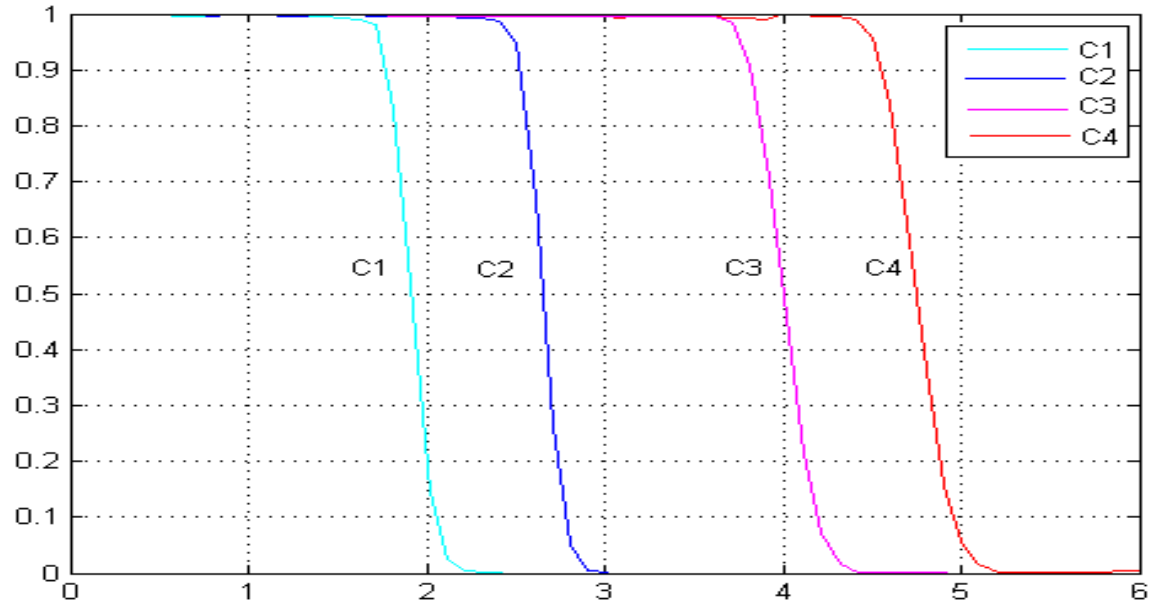
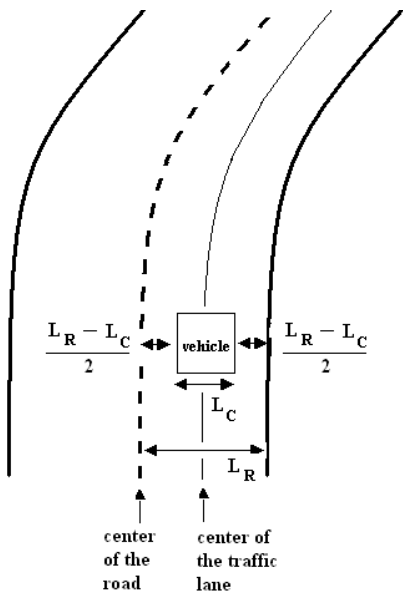


Paramètres de chaussée : devers, uni, adhérence...
 Paramètres véhicules : cg, cinématique

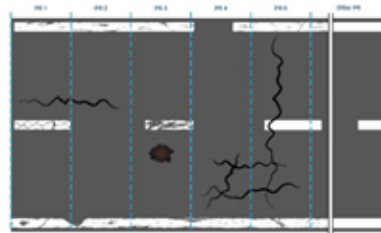
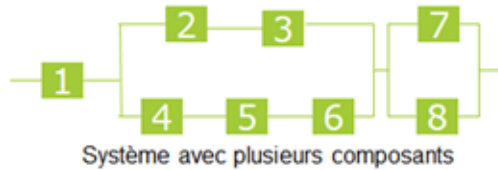
Prévision de la défaillance

Application : sécurité de la trajectoire d'un véhicule en virage pour un critère de sécurité

$$P_f(\delta) = P(\text{Sup}_t F(U(t)) \geq \delta)$$



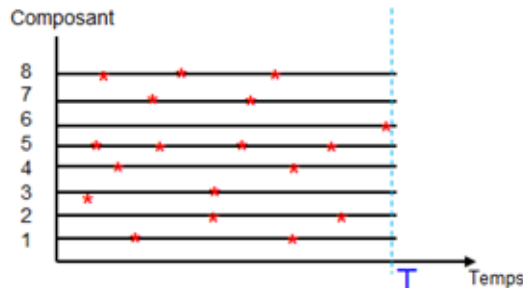
Évolution de δ (en m.s^{-2}) $\rightarrow P_f(\delta)$ pour le **critère accélération latérale** pour différentes classes considérées



Déterminer la nature de chaque composant

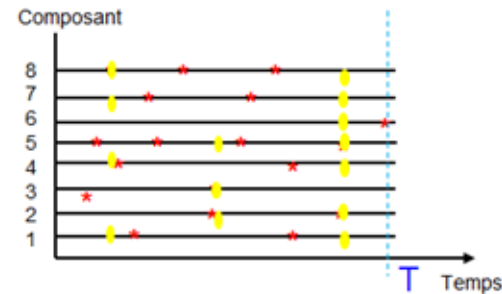
Composant	1	2	3	4	5	6	7	8
Critique/non critique	1	0	1	1	0	0	1	0

Plan de maintenance individuel



Déterminer l'horizon de planification

$$T = \max t_j$$



Déterminer la date de la maintenance en minimisant le coût de pénalité

Calculer :

- Coût de mise en œuvre
- Coût de pénalité
- Coût d'arrêt planifié

Déterminer la structure optimale en maximisant PET

Calculer le coût économique total comme la somme des profits économiques

Merci de votre attention

Dimitri DAUCHER

Université Gustave Eiffel, COSYS, PICS-L

14-20 Bd Newton, Cité Descartes, 77447 Marne la Vallée Cedex

dimitri.daucher@ifsttar.fr