



Evaluation probabiliste de la fiabilité et de la durabilité des structures,
indices de fiabilité

**Dimensionnement routier et aspects
probabilistes / statistiques
(construction neuve ou renforcement)**

**Jean-Michel Piau
Université Gustave Eiffel
Campus Nantes/IFSTTAR/LAMES**

Dimensionnement routier et probabilités ?

S,R, Géométrie

<p>Item</p> <p><i>Géométrie</i></p> <p><i>Matériaux</i></p> <p><i>Trafic</i></p>	<p>S</p> <p>Sollicitation</p> <p>Déf. ou Sigma calculées (couches de matériaux dimensionnantes)</p> <p>$\epsilon_{calc}(h, \dots) = \text{Burmister} + \text{ALIZE}$</p>	<p>R</p> <p>Résistance</p> <p>Déf. ou Sigma admissibles (déf. permanente, fatigue)</p> <p>$\epsilon_{admissible} = \epsilon_6 f(\text{traf. cum.}) k_d k_s k_\theta k_r$</p>
<p>Dimensionnement : $S \leq R$</p> <p>$\epsilon_{calc}(h, \dots) \leq \epsilon_{admissible}$</p> <p>Optimal pour : $S = R$</p>		
<p>Géométrie</p> <p>Epaisseurs des couches h</p>	<p>Probabilité gaussienne sur écarts de mise en œuvre</p> <p>$P(h_{in\ situ} < h_{souhaitée})$</p>	<p>L'une des 2 contributions au coefficient de risque</p> <p>$k_r < 1$</p>

Dimensionnement routier et probabilités ?

Matériaux

Item	S Sollicitation	R Résistance
<p>Matériaux</p> <p>Sol (Pf), GNT, EB,...</p> <p><i>Nota: utilisation de normes performantielles basées sur valeurs de module et fatigue à atteindre, plutôt que sur la composition des matériaux</i></p>	<p>Module de rigidité</p> <p>Possibilité 1</p> <p>Spécification classe matériau</p> <p>Fourchette basse de classe</p> $E = E_{\text{classe}}^{\text{inf}}$ <p>On estime :</p> $P(E_{\text{in situ}} > E_{\text{classe}}^{\text{inf}}) \approx 1$ <p>→ calcul conservatif sans loi de probabilité</p>	<p>Critère def.perm ou fatigue</p> <p>Lois de type Wöhler-Miner</p> <p>Possibilité 1</p> <p>Spéc. classe matériau</p> <p>Valeur ϵ_6 (classe mat.)</p> $\epsilon_6 = \epsilon_{6\text{classe}}$ <p>+ loi gaussienne</p> $P(\epsilon_6_{\text{in situ}} < \epsilon_{6\text{classe}})$ <p>2 nde contribution au coef. de risque k_r</p>

Dimensionnement routier et probabilités ?

Matériaux

Item	S Sollicitation	R Résistance
Matériaux Sol (Pf), GNT, EB,...	<p>Module de rigidité</p> <p>Possibilité 2</p> <p>Essais de module labos</p> <p>$E = E_{\text{labo ent.}}$</p> <p>avec :</p> <p>$P(E_{\text{in situ}} > E_{\text{labo ent.}}) \approx 1$</p> <p>→ calcul conservatif sans loi de probabilité</p>	<p>Critère</p> <p>Possibilité 2</p> <p>Essais de fatigue labos</p> <p>$\epsilon\sigma = \epsilon\sigma_{\text{labo ent}}$</p> <p>avec :</p> <p>$P(\epsilon\sigma_{\text{in situ}} > \epsilon\sigma_{\text{labo ent}}) \approx 1$</p> <p>+ loi gaussienne</p> <p>coef. de risque k_r</p>
Recalage « labo /terrain » (manège, chantiers exp.,...)		<p>Fatigue</p> <p>Manège, chantiers exp.,</p> <p>dirers d' experts, ...</p> <p>coef. calage k_c (sans proba)</p>

Dimensionnement routier et probabilités ?

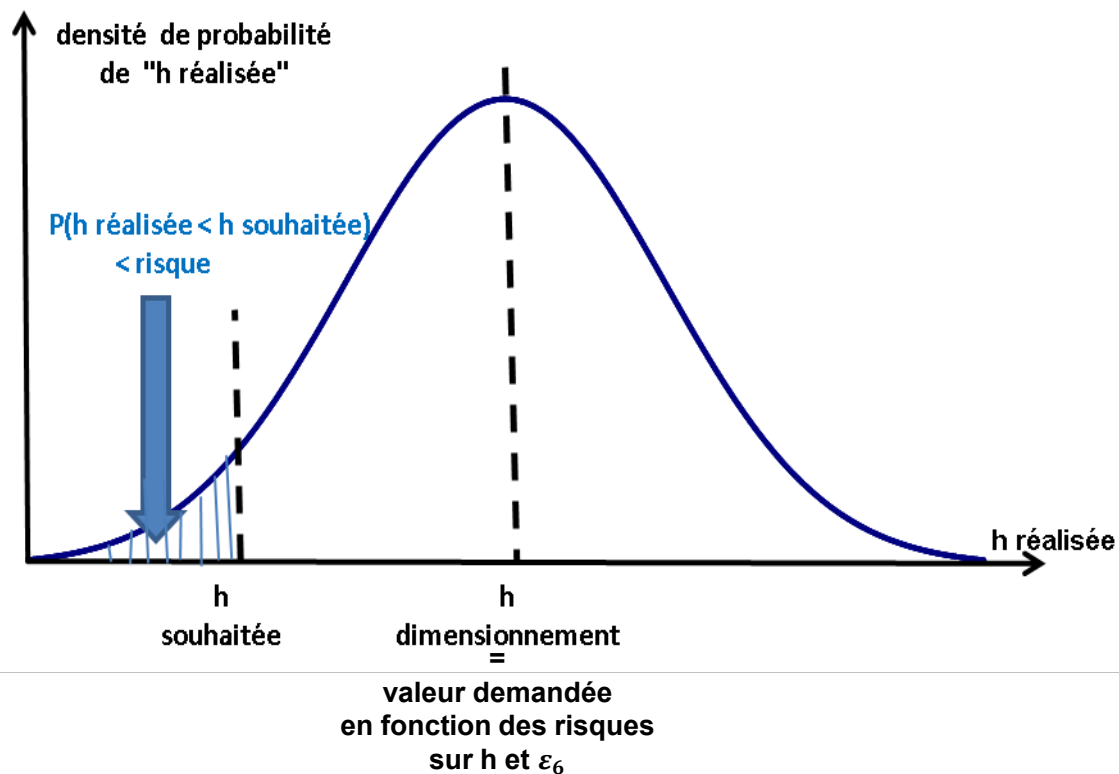
Matériaux , trafic

Item	S Sollicitation	R Résistance
Matériaux EB Température	<p>Module et fatigue</p> <p>Mesures, statistiques & histogrammes (ex: échelle France), calculs probabilistes indépendants du projet</p> <p>$\theta_{equivalente}$</p> <p>Module ($\theta_{equivalente}$)</p>	
Trafic	<p>Charge de référence constante, non assortie de probabilité</p> <p>(1/2 essieu jumelé) (+ vitesse \leftrightarrow 10 Hz (EB))</p>	<p>Mesures, statistiques, estimation trafic cumulé PL sur durée de dimensionnement projetée</p> <p>+</p> <p>Spécification classe de trafic</p> <p>Fourchette haute de classe: $N_{poids\ lourds}^{classe\ trafic\ cumulé}$</p> <p>+</p> <p>Transformation en nombre de charges équivalentes par coefficient d'agressivité</p> <p>CAM: calculs probabilistes indépendants</p> <p>$NE = CAM \times N_{poids\ lourds}^{cumulé}$</p>

Retour sur le coefficient de risque kr et le risque de dimensionnement r

Item	S Sollicitation	R Résistance
<p>Coefficient de risque</p> <p>et</p> <p>risque de dimensionnement</p>	<p>Le coefficient de risque kr résulte de la loi de probabilité de 2 variables aléatoires indépendantes (h, ϵ_6) à loi de probabilités gaussiennes de paramètres connus</p> <p>→ $(\log_{10}) kr$ suit une loi normale de moyenne et d'écart type connus</p> $P(\epsilon_{calc}(h, \dots) > \epsilon_{adm-in situ}(\epsilon_6)) = P(S > R) = \text{loi connue}$ $r = \text{risque dimensionnement} = P(S > R)$	
<p>Interprétation du risque de dimensionnement pour lien entre risque dimensionnement et dommages in-situ</p>	<p>r = proportion de linéaire fortement endommagée à « renouveler » à l'issue de la durée de dimensionnement</p> <p>(ex: fissuration importante en surface de chaussée)</p> <p>Hypothèse sous jacente pour un lien entre les 2 « définitions » :</p> <p>Egalité $S = R$: condition couperet</p>	

Illustration du risque de dimensionnement



Dimensionnement routier et probabilités ?

Commentaires additionnels

- **Lecture probabiliste délicate de la méthode**
 - **Prise en compte non homogène et non systématique des aspects probabilistes**
 - **Différentes natures de paramètres**
 - Non assortis de probabilité
 - Valeurs conservatives: classes + borne inf. ou sup.
 - Valeurs issues de statistiques et calculs probabilistes partiels sur jeux de données types, indépendants du projet
 - **2 variables à lois gaussiennes (h, ε_6)**

Nota: Distinction à faire entre paramètres essentiellement liés à:

- **durée de dimensionnement « absolue »**
 - Ex: CAM, NE, $\theta_{\text{équivalente}}$, écart sur épaisseurs,...
- **classement relatif des structures et matériaux**
 - Ex: $\varepsilon_6, k_c, \dots$

Commentaires additionnels

- **Nombreuses lois de probabilité difficilement accessibles**
- **Aspects souvent insuffisamment considérés:**
 - **sensibilité des divers paramètres sur le dimensionnements**
 - **corrélation entre paramètres**
- **Des domaines encore mal couverts par des méthodes d'étude « prévisionnelles »**
 - **Ex: couches de surface**
 - comportement mécanique (usure, orniéage, fissuration par le haut, ...)
 - évolution de leurs propriétés d'usage (polissage, adhérence,...)

Commentaires additionnels

- **Autre approche importante pour la gestion technico-économique des « patrimoines chaussées » (PMS) : réseaux routiers, chaussées aéroportuaires,...**
 - Auscultations périodiques à grand rendement (+ auscultations locales)
 - Calibrage de lois d'évolution à l'échelle des grands linéaires de chaussée, tenant compte de l'effet des travaux
 - Prévision du devenir du patrimoine sur durée donnée
- **Mieux faire bénéficier l'une de l'autre, les approches « locale » et « patrimoine » ?**
 - Plus de retours terrain dans les approches locales (ex: meilleur calibrage statistique des valeurs k_c , meilleure connaissance des effets travaux,...
 - Plus d'approche mécanique dans les lois d'évolution

Merci de votre attention

jean-michel.piau@ifsttar.fr