

8<sup>èmes</sup> Journées

Fiabilité des  
MATÉRIAUX & DES STRUCTURES

Aix-en-Provence,  
9 et 10 avril 2014

irstea

ECOSYSTEMES CONTINENTAUX  
ECCOREV  
ET RISQUES ENVIRONNEMENTAUX

dunatiNet

MRGenCi  
Maîtrise des Risques en Génie Civil

RNVOR

Région



Provence-Alpes-Côte d'Azur

# Application des probabilités subjectives pour la prise en compte des incertitudes issues de dires experts en analyse de risques

Marc VUILLET, Claudio CARVAJAL,  
Laurent PEYRAS, Youssef DIAB



# Sommaire

- **Analyse de risques et incertitudes**
  - Formes d'incertitudes en analyse de risques
  - Les probabilités subjectives
- **Proposition d'un modèle d'aide à la décision probabiliste**
  - Construction d'indicateurs de performance
  - Modèle probabiliste
- **Application à une digue fluviale**
  - Présentation du cas d'étude
  - Mise en œuvre du modèle
  - Résultats et discussion



# Analyse de risques et incertitudes

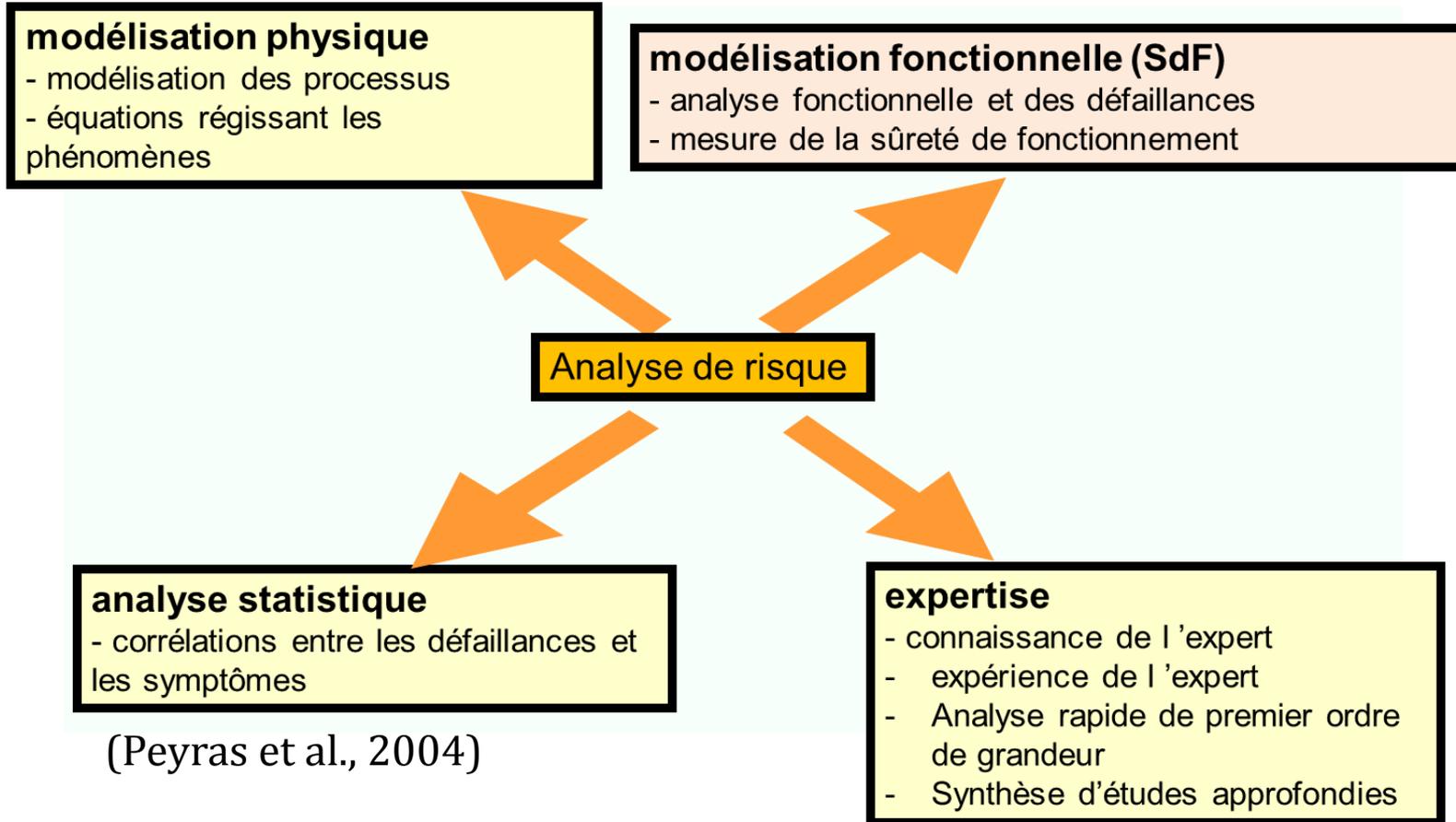


# Analyse de risques et incertitudes

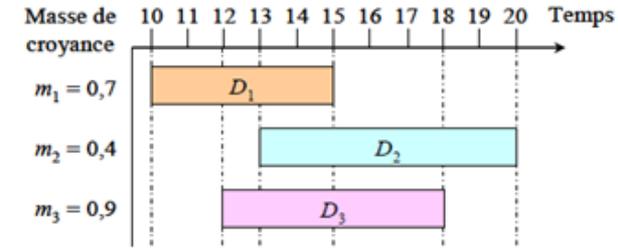
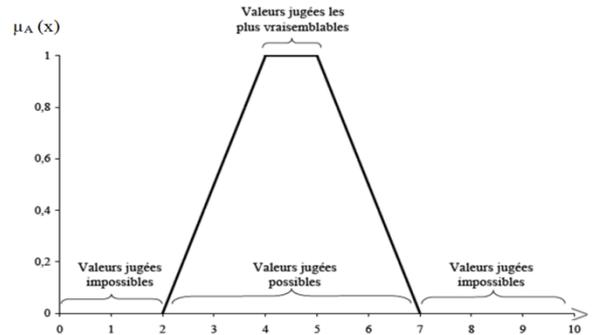
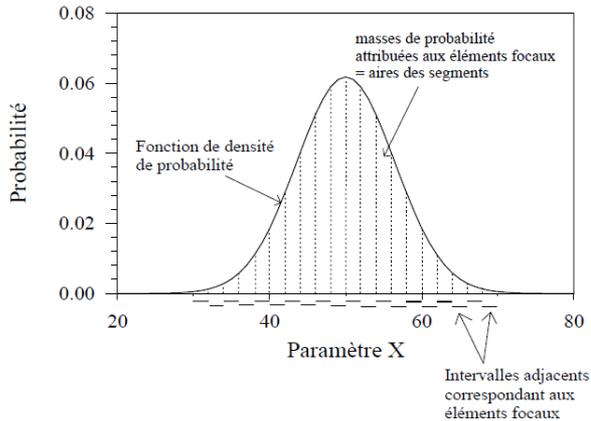
- Le risque est une notion polysémique
- « un danger éventuel, plus ou moins prévisible, inhérent à une situation ou une activité »
- Le risque est une mesure d'un danger associant une mesure de l'occurrence d'un événement indésirable et une mesure de ses effets ou conséquences (Villemeur, 1988)
- L'effet de l'incertitude sur l'atteinte des objectifs (ISO 31 000)



# Analyse de risques et incertitudes



## Choix d'un format de modélisation des incertitudes



Théorie des probabilités

Prise en compte de l'incertitude sous la forme de **variables aléatoires**



Théorie des possibilités

Modélisation de l'incertitude sous la forme **d'intervalles de confiance** emboîtés



Théorie des masses de croyance

Permet de **fusionner de l'information** sous formats possibilistes ou probabilistes



## Nous avons choisi les probabilités pour plusieurs raisons

Les probabilités sont familières aux ingénieurs

Format commun avec les incertitudes des modèles physiques et statistiques

Méthodes d'identification et de réduction des biais experts

Réglementation étude de danger

## Démarches

Procédures d'élicitation de l'opinion experte sous la formes de fonctions de densité de probabilité

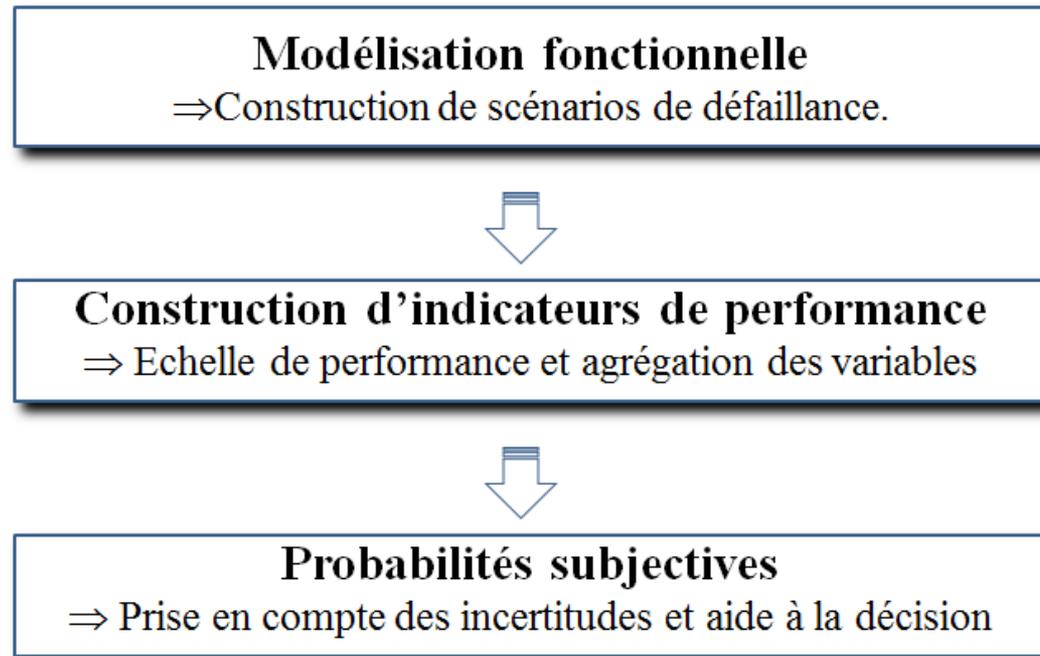


# Proposition d'un modèle d'aide à la décision probabiliste



# Proposition d'un modèle d'aide à la décision probabiliste

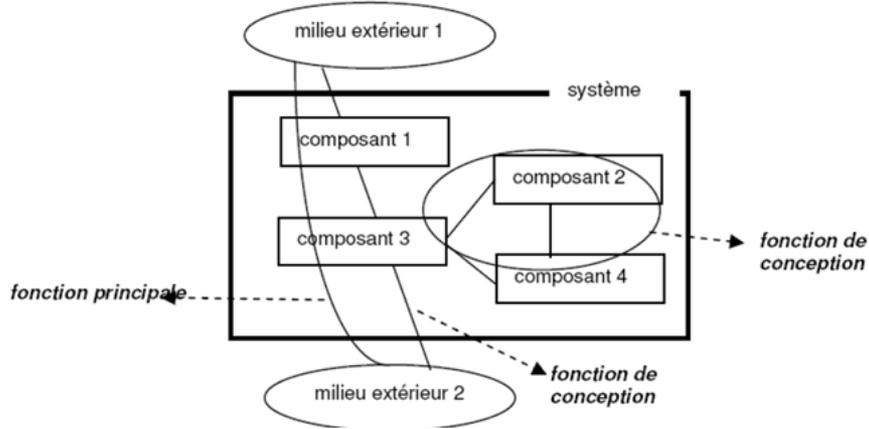
- **Démarche proposée :**



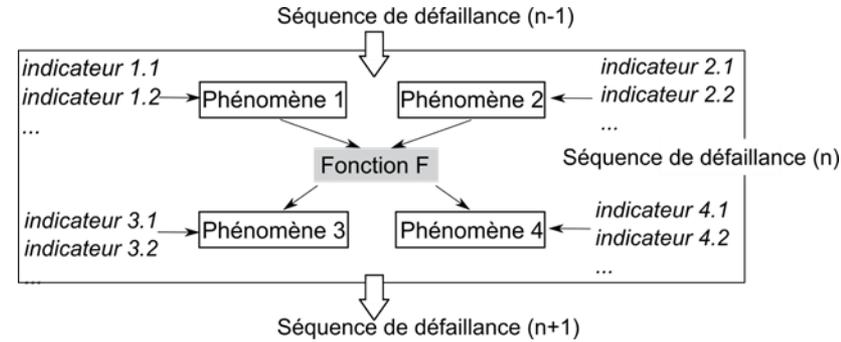
# Proposition d'un modèle d'aide à la décision probabiliste

## Modélisation fonctionnelle

### Analyse fonctionnelle



### Graphes Causaux



### AMDE

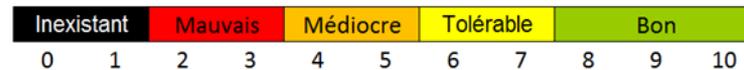
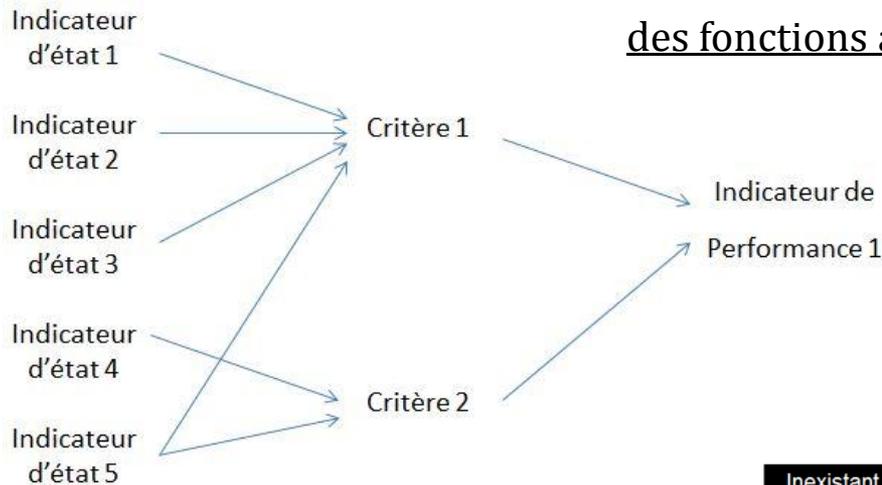
N°	COMPOSANT	FUNCTION	MODE DE DEFAILLANCE	CAUSE POSSIBLE DE LA DEFAILLANCE	INDICATEUR	MOYEN DE DETECTION	EFFET POSSIBLE DE LA DEFAILLANCE	INDICATEUR	MOYEN DE DETECTION
1	2	3	4	5	7	8	6	7	8



# Proposition d'un modèle d'aide à la décision probabiliste

## Construction d'indicateurs de performance

Les critères mesurent la réalisation  
des fonctions assignées aux composants

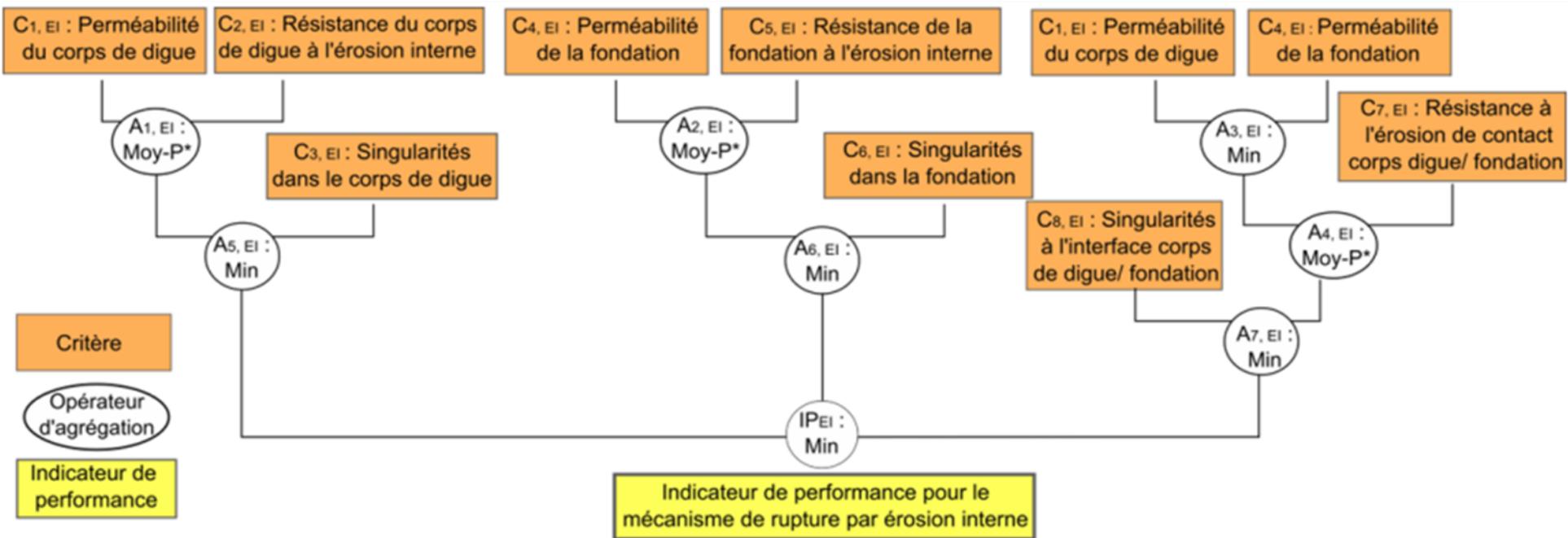


Echelle de performance



# Proposition d'un modèle d'aide à la décision probabiliste

## Construction d'indicateurs de performance



Echelle de performance



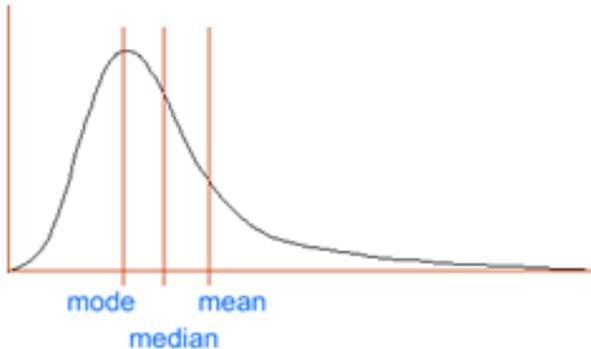
# Proposition d'un modèle d'aide à la décision probabiliste

## Intégration des dires experts incertains

### L'ingénieur doit se prononcer

⇒ sur la valeur « *la plus vraisemblable* » de chaque critère

⇒ *quantifier l'incertitude* entourant cette valeur.



➤ Nous retenons :

➤ *le mode*

➤ Les quantiles 5% et 95%

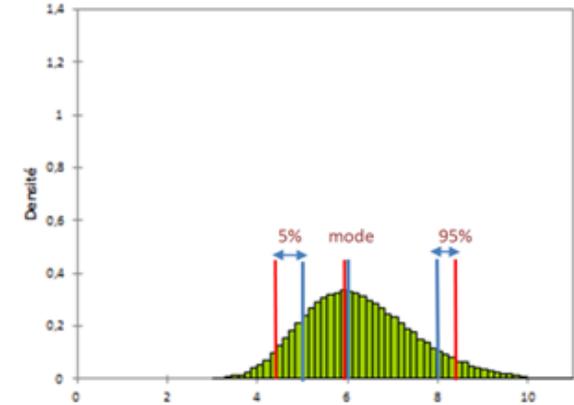
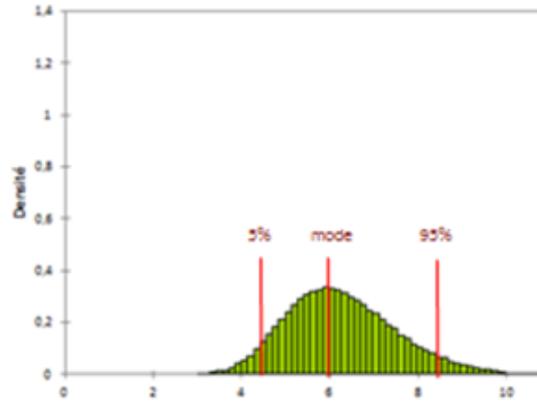
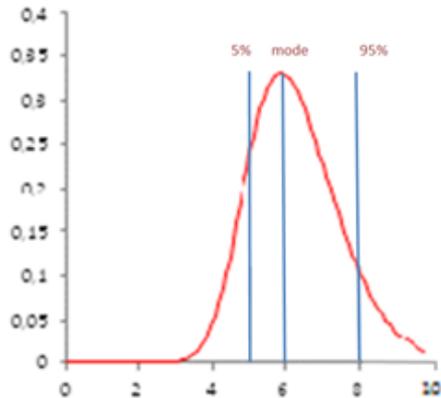
➤ Coefficient de sensibilité  $S_i$

$$s_i = \frac{\partial IP}{\partial Ci} \approx \frac{\Delta IP}{\Delta Ci} = \frac{IP(Ci_{95\%}) - IP(Ci_{5\%})}{Ci_{95\%} - Ci_{5\%}}$$



# Proposition d'un modèle d'aide à la décision probabiliste

## Procédure d'ajustement de lois tronquées



(4) Analyse des écarts à réduire et recherche d'une nouvelle loi mieux ajustée aux paramètres élicités par l'ingénieur.

— Paramètres donnés par l'ingénieur  
— Paramètres de la loi testée



# Réduction des biais pouvant entacher l'évaluation des critères

- (1) Le biais de **disponibilité** : surestimation des faits les plus récents
- (2) Le biais de **représentation** : diminution de la prise en compte de l'aspect conditionnel d'une probabilité
- (3) Le biais d'**ancrage** : difficulté de réajustement
- (4) Le biais de **sur-confiance** minimisation de l'incertitude de ses évaluations

## Démarche de traitement des biais

- ✓ Une **procédure d'élicitation** permettant de réduire les biais de sur-confiance, de disponibilité, de représentation et d'ancrage
- ✓ Un **manuel** présentant les probabilités subjectives, la définition des biais pouvant altérer les évaluations de l'ingénieur
- ✓ Des **exercices de calibration** à partir des cas d'études

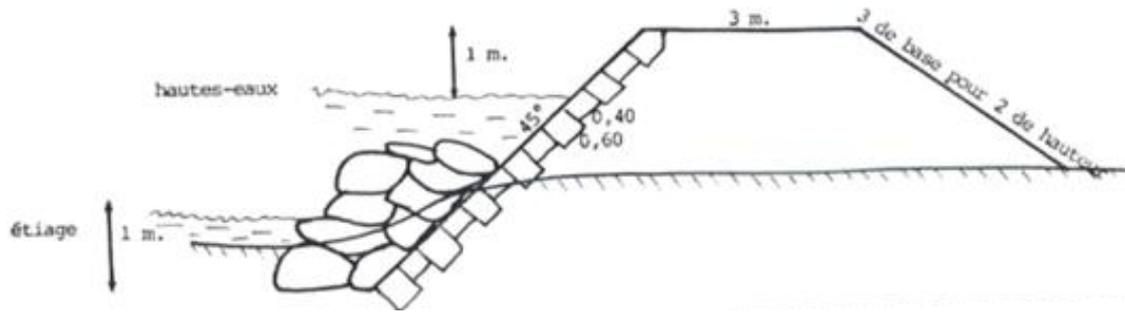


## Application à une digue fluviale



# Application à une digue fluviale

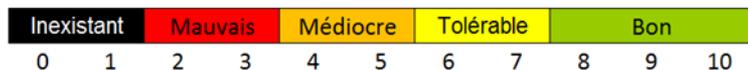
## Présentation du cas d'étude



# Application à une digue fluviale

## Mise en œuvre du modèle (tronçon n°4)

Critères (Ci)	Indicateur d'états (IE)	Informations	
C <sub>1, AF</sub> - Résistance à l'érosion externe de la protection du corps de digue côté cours d'eau	Type de protection	Type de protection Disposition	⇒ Bon
	Vitesse locale d'écoulement	Vitesse en m/s Turbulence (souche, etc.)	⇒ Médiocre
	Embâcles érosifs	Type d'embâcle Taille	⇒ Médiocre
	Etat de la protection	Signes de dégradation Avancement de la dégradation	⇒ Médiocre/ tolérable



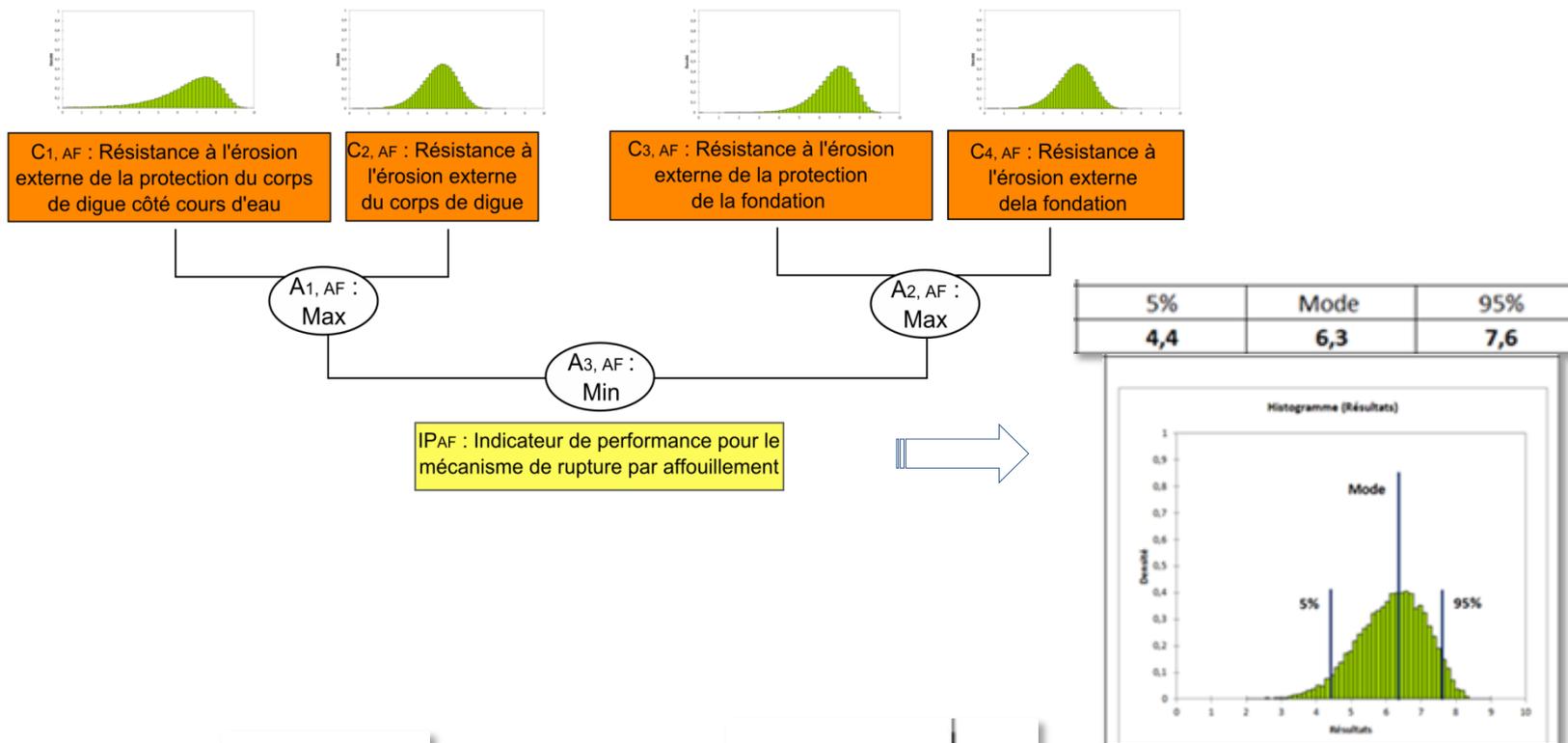
### Evaluation de C<sub>1, AF</sub>

Quantile 5% = 4 ; quantile 95% = 7 ;  
Mode = 6



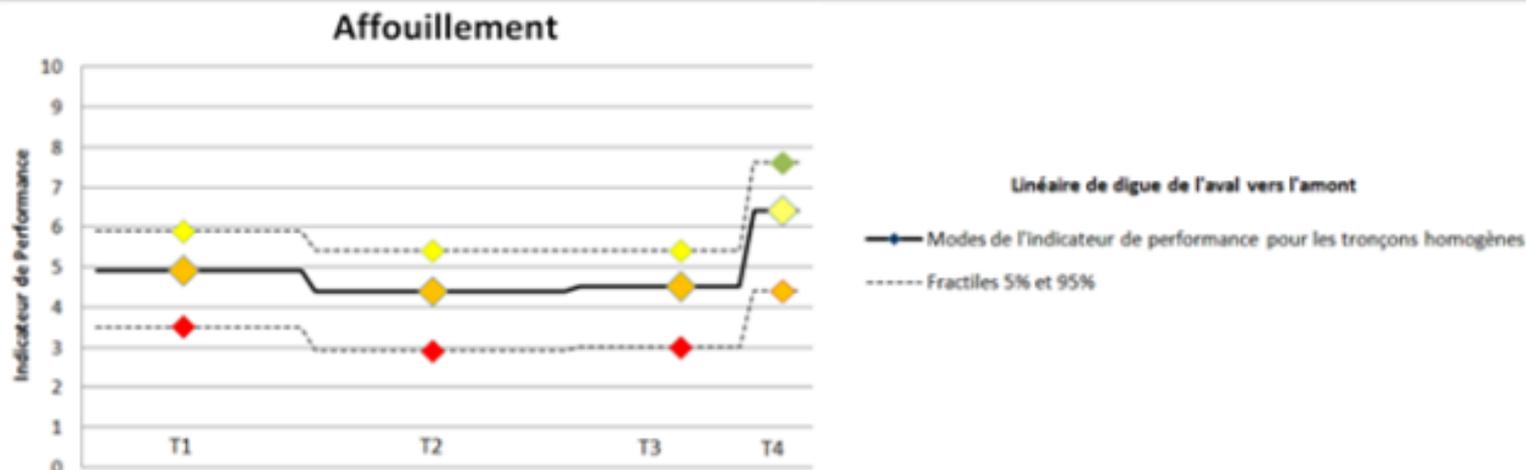
# Application à une digue fluviale

## Mise en œuvre du modèle



# Application à une digue fluviale

## Résultats



Critères	Contribution
$C_{1,AF}$ -résistance à l'érosion externe de la protection du corps de digue côté cours d'eau	61%
$C_{2,AF}$ -résistance à l'érosion externe du corps de digue	< 1%
$C_{3,AF}$ -résistance à l'affouillement de la protection de la fondation	39%
$C_{4,AF}$ -résistance à l'affouillement de la fondation	<1%



## **Résultats méthodologiques**

- Construction d'indicateurs de performance
- Modélisation probabiliste des incertitudes expertes
- Procédure de réduction des biais experts
- Coefficient de sensibilité pour aide à la décision

## **Perspectives**

- Modèle de calibration
- Intégration de données statistiques
- Adaptation à d'autres ouvrages

**Merci pour votre attention**

