

# Analyse de Sensibilité

## Partie 1 : théorie

**Martin PEREZ**  
**Jean NOËL**



# Plan de la présentation

- 1 – **Intérêt** de l'Analyse de Sensibilité
- 2 – Analyse **locale** (Différentielle + MORRIS)
- 3 – Analyse **globale** (SOBOL)
- 4 – **Exemple** (calibrage d'une masse)

# Partie 1

## Enjeux de l'analyse de sensibilité

# Intérêt de l'Analyse de Sensibilité

**Objectif** : déterminer les variables d'entrée les plus importantes d'un modèle quelconque

Analyser des modèles complexes rapidement

- **Automaticité** et **rapidité** des méthodes

Hiérarchiser les variables selon leur influence

- **Identifier** et **quantifier** les variables importantes

**Applications** : fournir des idées de préconisation, identifier les paramètres importants d'un essai, etc.

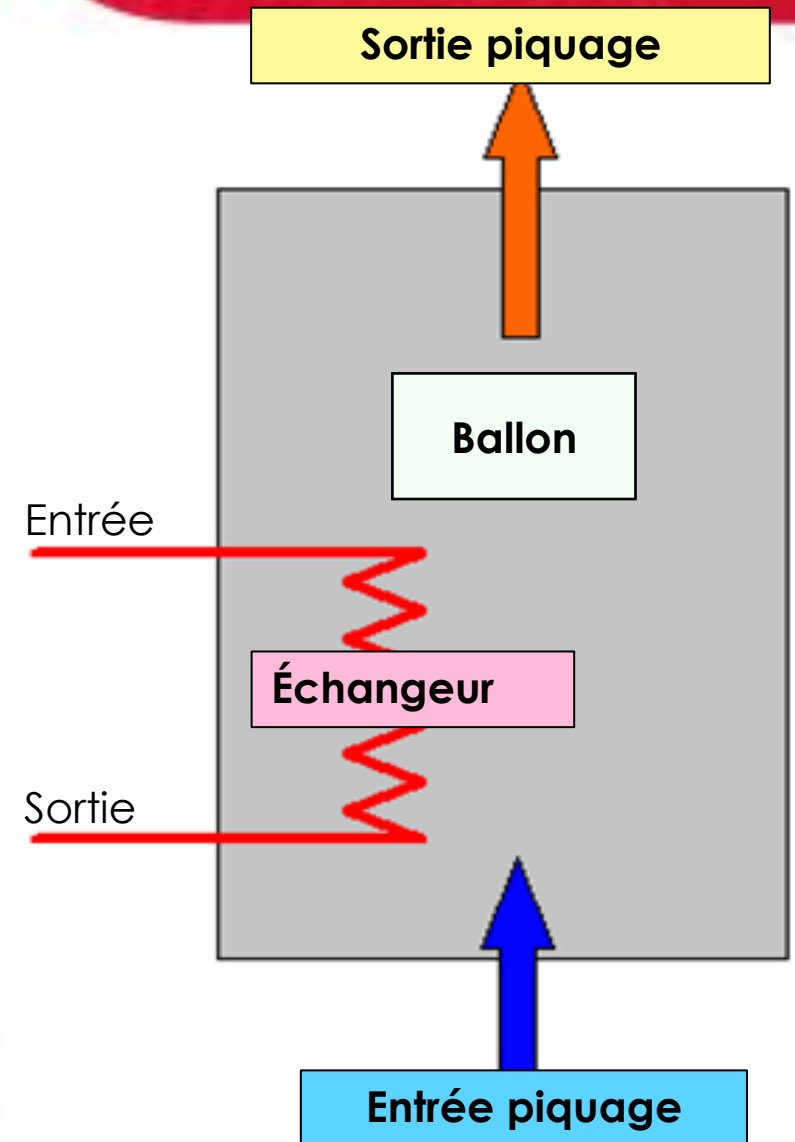
# Exemple de modèle : TEX

## Bilan thermique stationnaire

- TEX établit l'état d'**équilibre** entre l'**énergie** fournie par l'**échangeur** et celle retirée par le **piquage**

## Modèle = algorithme + équations

- les paramètres sont fournis par l'utilisateur et TEX calcule **automatiquement** les sorties





# Les méthodes classiques

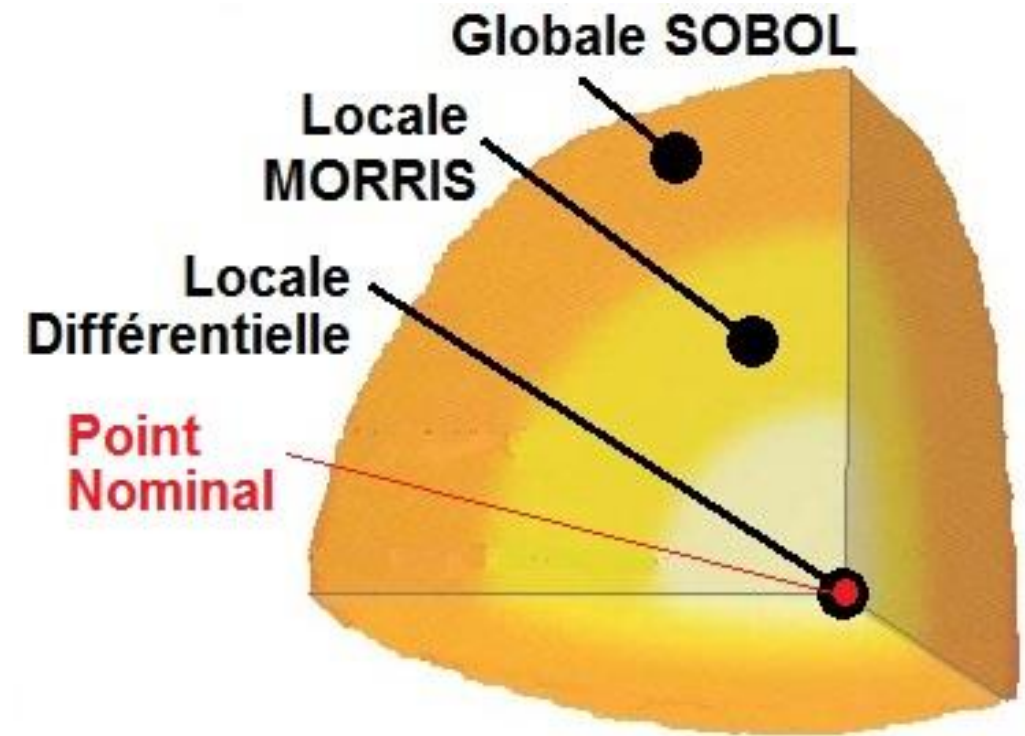
**Screening** (visualisation graphique)

## Méthodes **locales**

- Ponctuelle  $\Rightarrow$  **Différentielle**
- Quasi-Ponctuelle  $\Rightarrow$  **MORRIS**

## Méthodes **globales**

- Étendue  $\Rightarrow$  **SOBOL**



# Spécificité des méthodes

**Distinction : point nominal** (valeurs fixées des variables d'entrée) ou **tout le domaine**

**Locale** : étude centrée sur un point nominal

- Étude en un point particulier
- Bien adaptée aux modèles quasi-linéaires

**Globale** : étude sur tout l'espace

- Étude sur tout un domaine
- Tout type de modèle : linéaire ou non-linéaire

# Partie 2

## Analyse de sensibilité locale



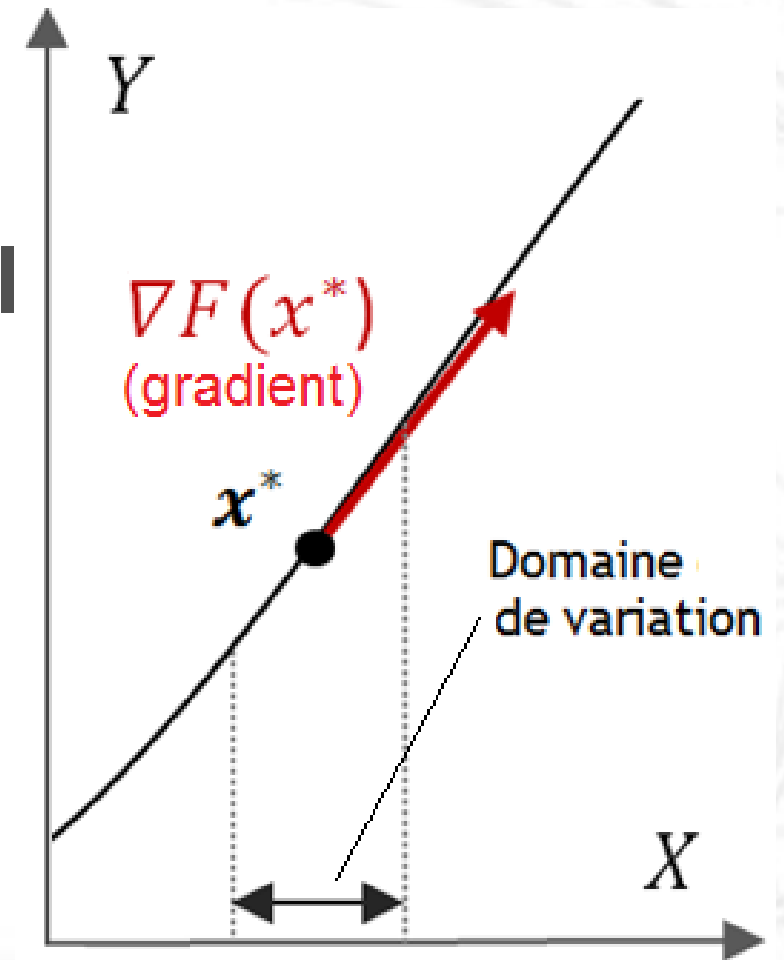
# Analyse locale : Principes

## Étude autour d'un point nominal

- Petites variations sur **domaine local**
- Basée sur les **dérivées locales**

## Visualisation des résultats par

- Liste de valeurs
- Histogramme



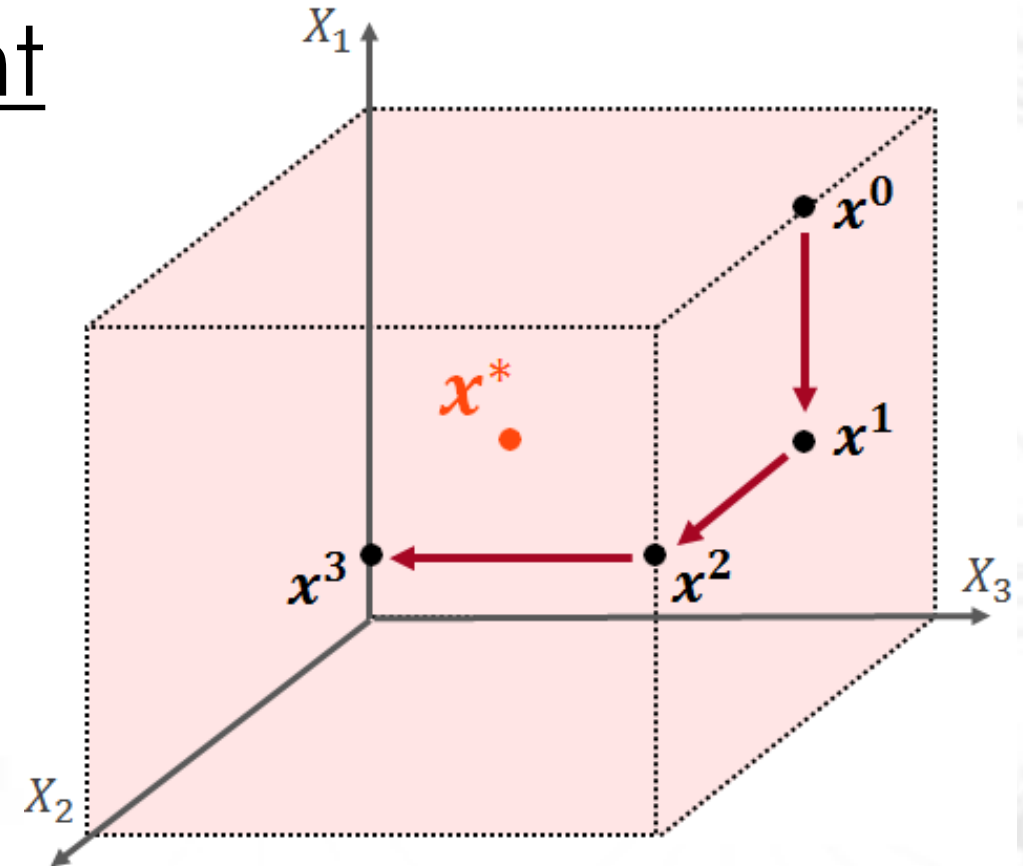
# Analyse locale : Méthodes

« **Différentielle** » : exactement  
au point nominal

- Bien adaptée aux modèles linéaires

**MORRIS** : autour du point nominal

- Applicable aux modèles non-linéaires



# Partie 3

## Analyse de sensibilité globale



# Méthode globale : Principes

## Étude sur tout le domaine de variation

- Variations quelconques sur **tout le domaine**
- Application aux **modèles linéaires et non linéaires**

## Visualisation des résultats

- Liste de valeurs et histogramme
- Par variable et par groupe de variables



# Méthode globale : Plus-value (SOBOL)

## Déterminer les interactions entre variables

- Variabilité d'une variable de sortie par rapport aux variables d'entrée, soit prises individuellement soit par groupe.
- Traitement de **toutes les interactions possibles**

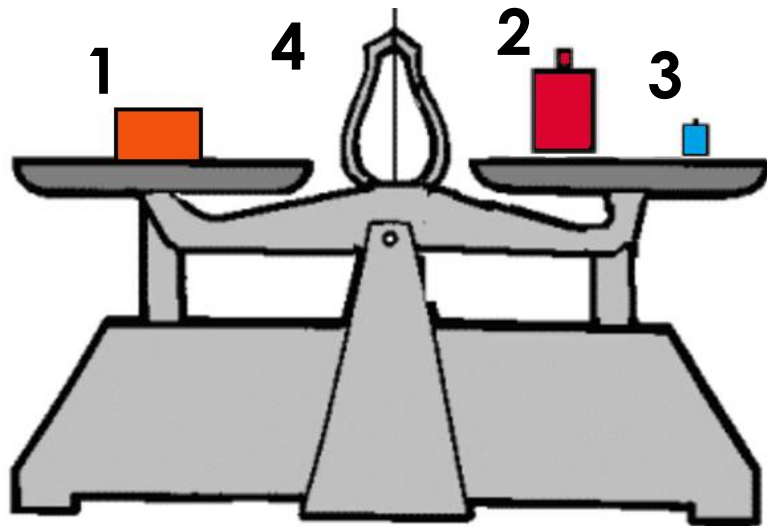
# Partie 4

## Exemple de calibrage d'une masse

# Exemple : équation

## Calibrage d'une masse (mesure) par rapport à une masse nominale (tiré du GUM)

$$m_W = (m_R + \delta m_R) \left[ 1 + (\rho_a - \rho_{a0}) \left( \frac{1}{\rho_W} - \frac{1}{\rho_R} \right) \right]$$



- ① poids à calibrer ( $m_W$ ,  $\rho_W$ )
- ② poids de référence ( $m_R$ ,  $\rho_R$ )
- ③ poids d'équilibrage de la balance ( $\delta m_R$ )
- ④ air ( $\rho_a$ )

# Exemple : analyse de sensibilité

Méthode	Temps d'exécution	$m_R$	$\delta m_R$	$\rho_a$	$\rho_W$	$\rho_R$	Écart-type $\sigma_Y$
Différentielle	< 1 seconde	<b>86%</b>	14%	0%	0%	0%	$5.4 \cdot 10^{-2}$
MORRIS	< 1 seconde	<b>40%</b>	6%	<b>30%</b>	<b>24%</b>	0%	$7.0 \cdot 10^{-2}$
SOBOL	1 minute	<b>29%</b>	5%	<b>33%</b>	<b>33%</b>	0%	$7.6 \cdot 10^{-2}$

- Trois variables influentes :  $m_R$ ,  $\rho_a$  et  $\rho_W$
- L'équation du calibrage est non-linéaire :
  - Méthode de MORRIS ou SOBOL => OK
  - SOBOL plus précis (**même écart-type que le GUM**)



# Synthèse

## Conclusions et Perspectives



# Conclusions

- Méthodes locale et globale couvrent ensemble **tous les degrés de finesse** de l'analyse de sensibilité.
- Les 3 méthodes présentées sont **automatiques** et correspondent à ce qui se fait de mieux.
- Elles ont été implémentées dans la **version V6.10 de BOOST** (sortie en mai 2017).

# Perspectives à court terme

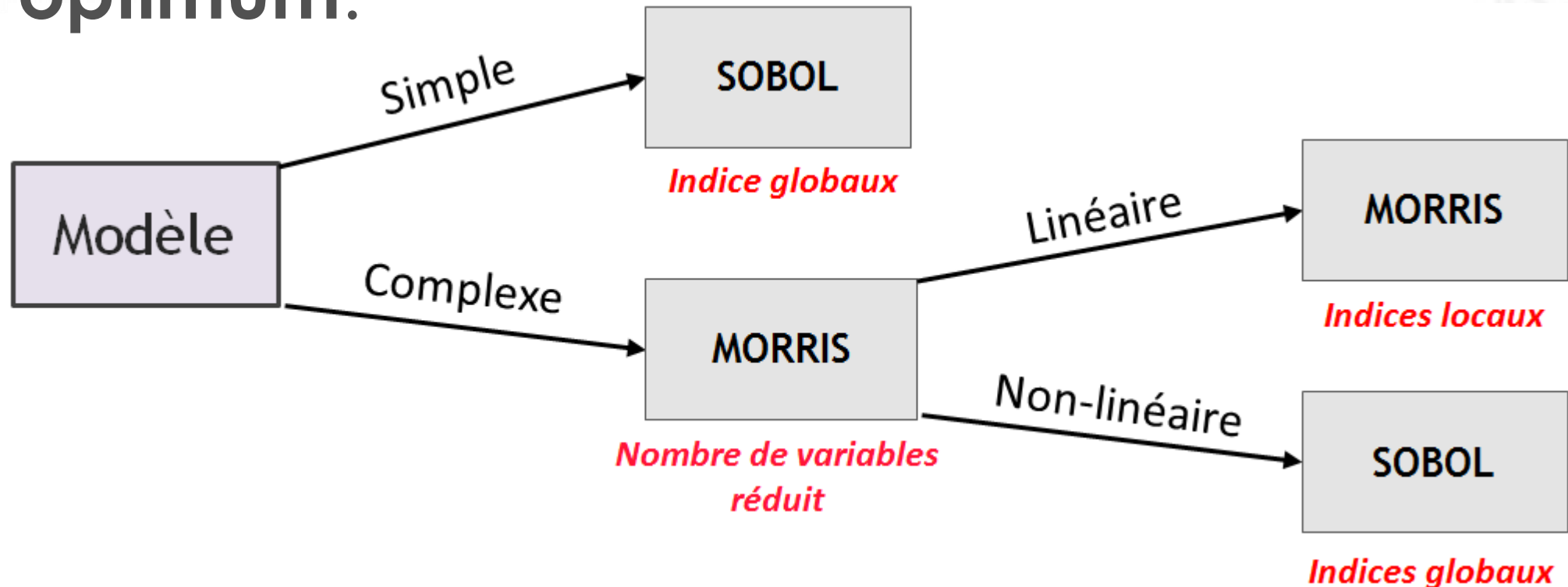
Permet la recherche des principales variables influentes d'un modèle, **sans forte expertise** sur le contexte du modèle.

Applications au CETIAT :

- ▶ pour les **préconisations** suite à un audit
- ▶ pour le **calcul d'incertitudes**

# Perspectives à long terme

Poursuite éventuelle des développements dans un cadre plus global de **recherche d'optimum**.





Merci de votre attention

**Des questions ?**

