

Demi-journée scientifique du LRC Méso

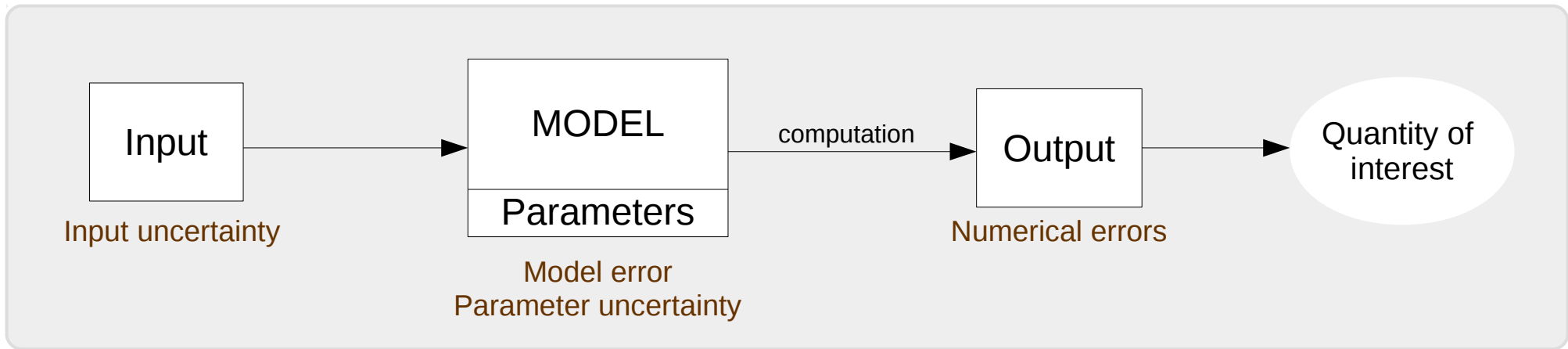
Méthodes BMA appliquées à la propagation sismique et à la propagation infrasonore

Post-Doc : mai 2016 → avril 2017

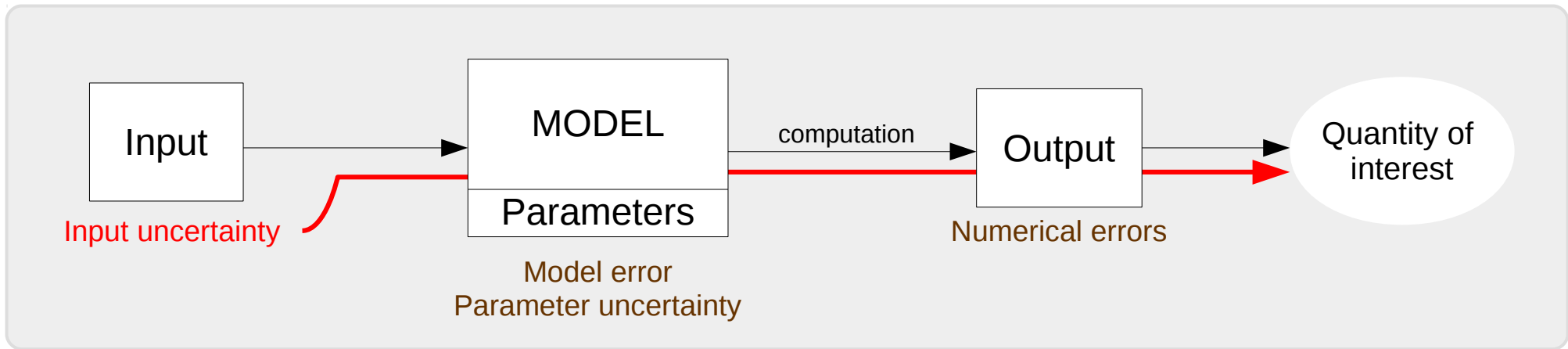
Michaël Bertin
Sylvie Marin
Christophe Millet

CMLA / LRC Méso
CEA-DAM-DIF
CEA-DAM-DIF

Modèles & Incertitudes



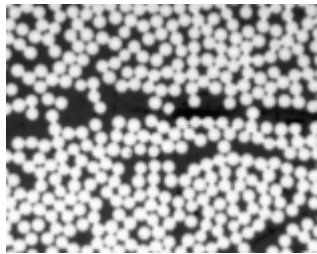
Propagation d'incertitudes



► Infrasound propagation

- Source uncertainty (location, energy, waveform) → **Normal Mode decomposition**
→ linear propagation of uncertainties (transfert function)
- Atmospheric uncertainties (temperature, wind) → sensitivity analysis, **Sobol indices**
→ **low-order reduced model*** & Monte-Carlo

► Stochastic homogenization for composite materials

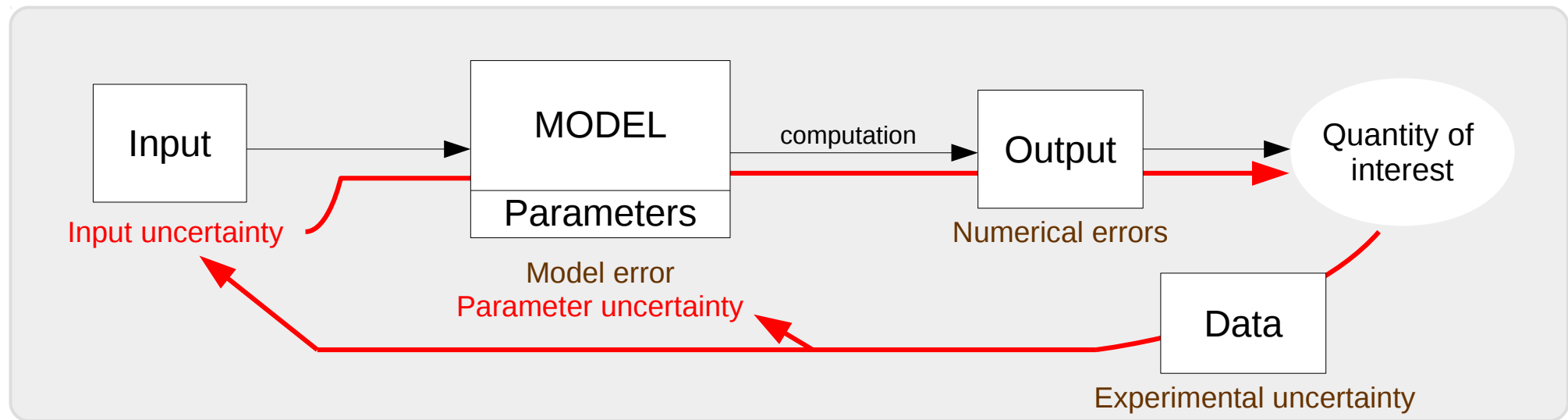


- Random microstructures (size, form and distribution of inclusions)
- **Variance reduction** for the material conductivity/elasticity:
Multi-level Monte-Carlo, importance sampling, stratification,
control variate with a surrogate model**, etc

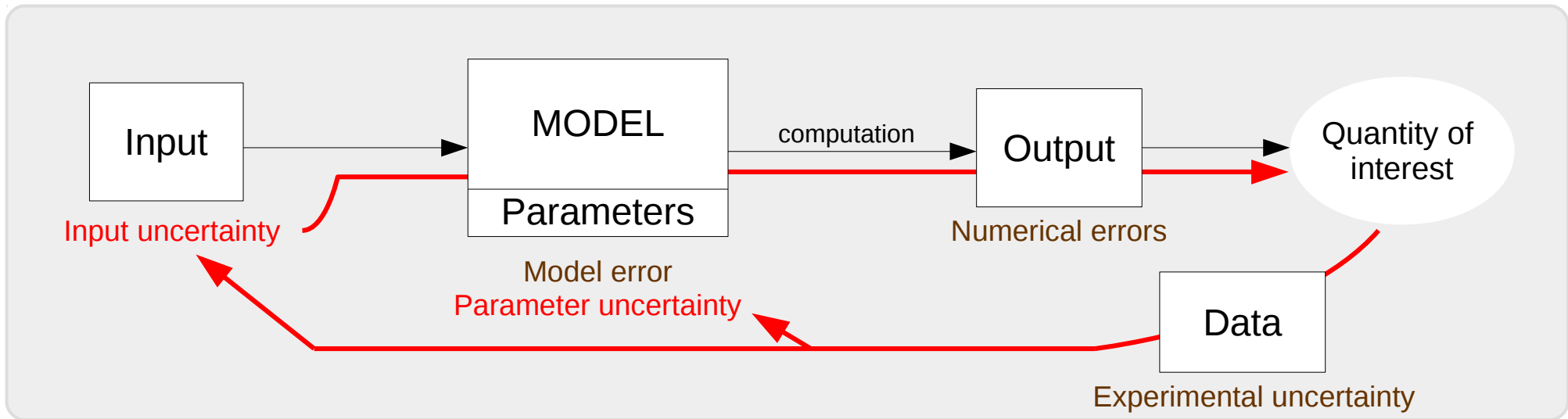
* A low-order reduced model for the long range propagation of infrasounds in the atmosphere, Bertin, Millet and Bouche, 2014

** Control Variate with Hashin-Shtrikman bounds for Stochastic Homogenization, Bertin, Legoll and Brisard, 2016, submitted

Inférence Bayésienne



Inférence Bayésienne

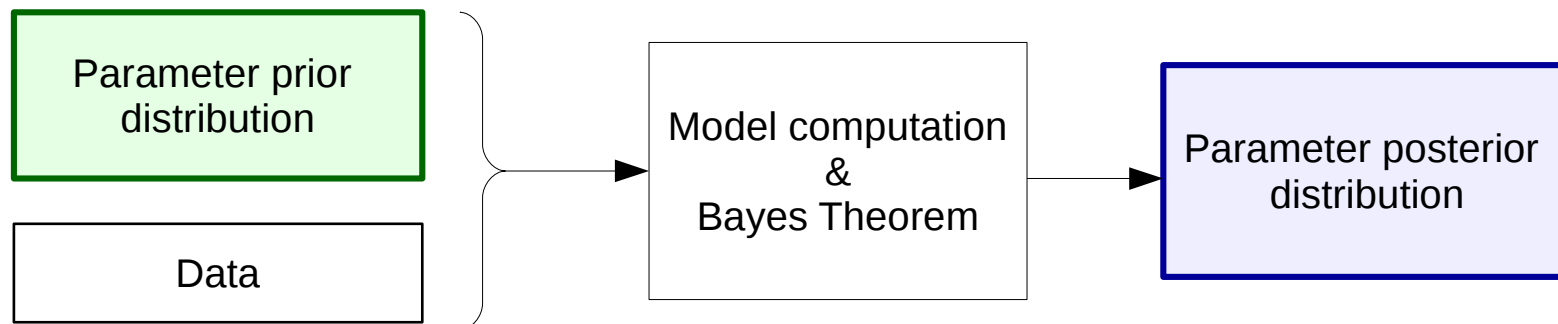


► Bayesian inference: Bayes Theorem, 1763

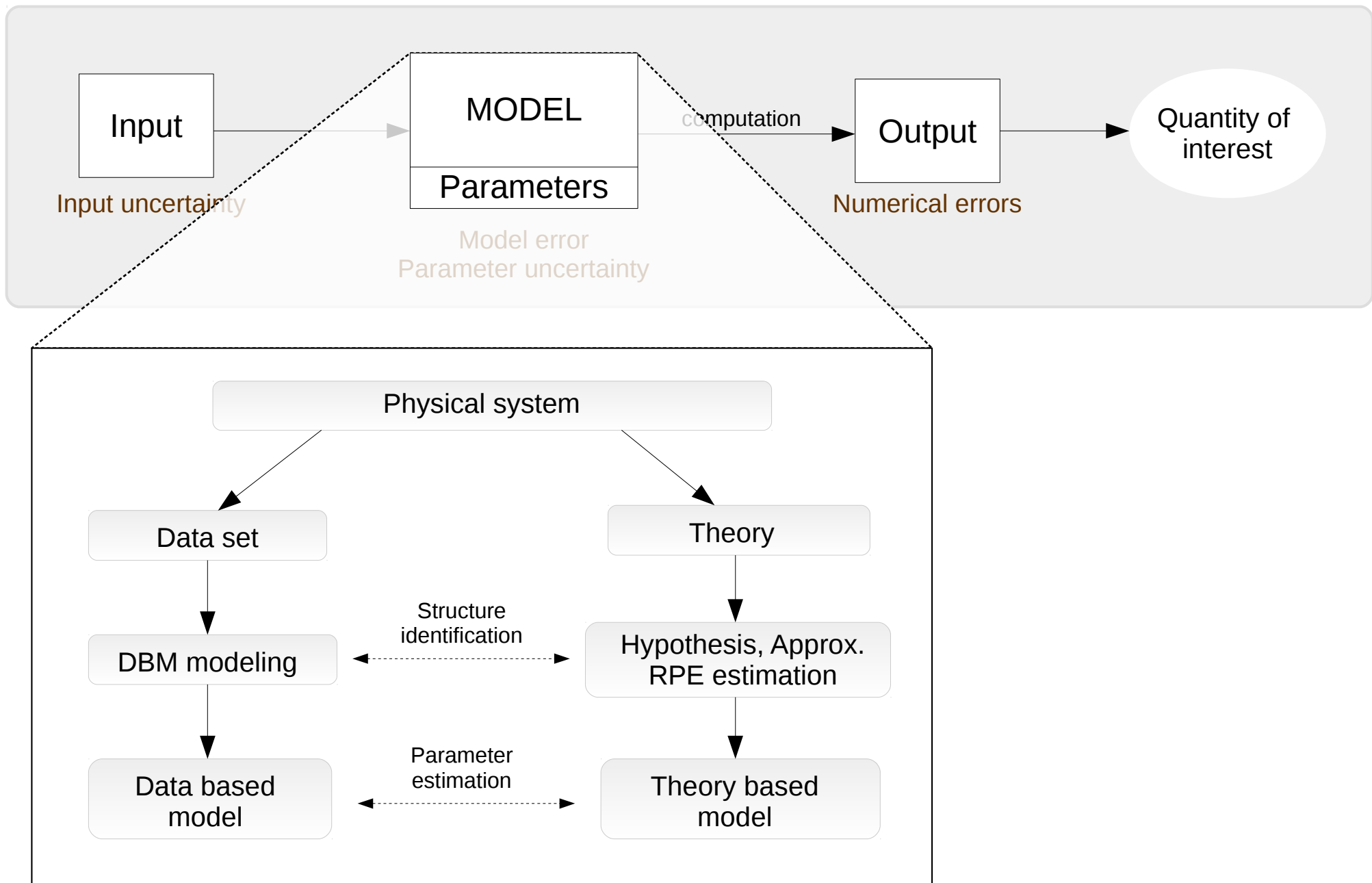
$$P(\theta|X) = \frac{P(X|\theta)}{P(X)} \cdot P(\theta)$$

θ : parameter
 X : data

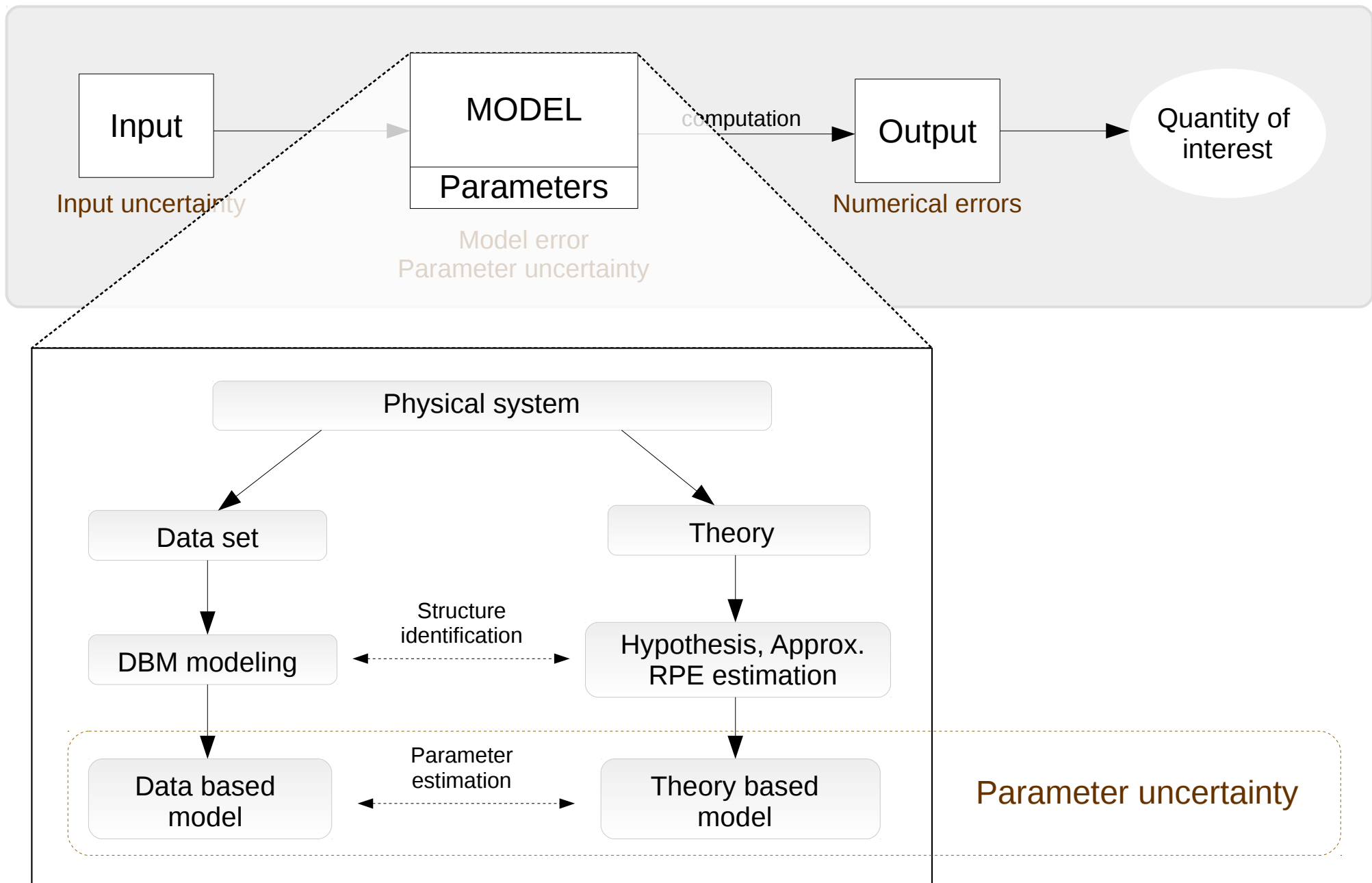
- Inverse problems
- Model calibration
- Uncertainty propagation



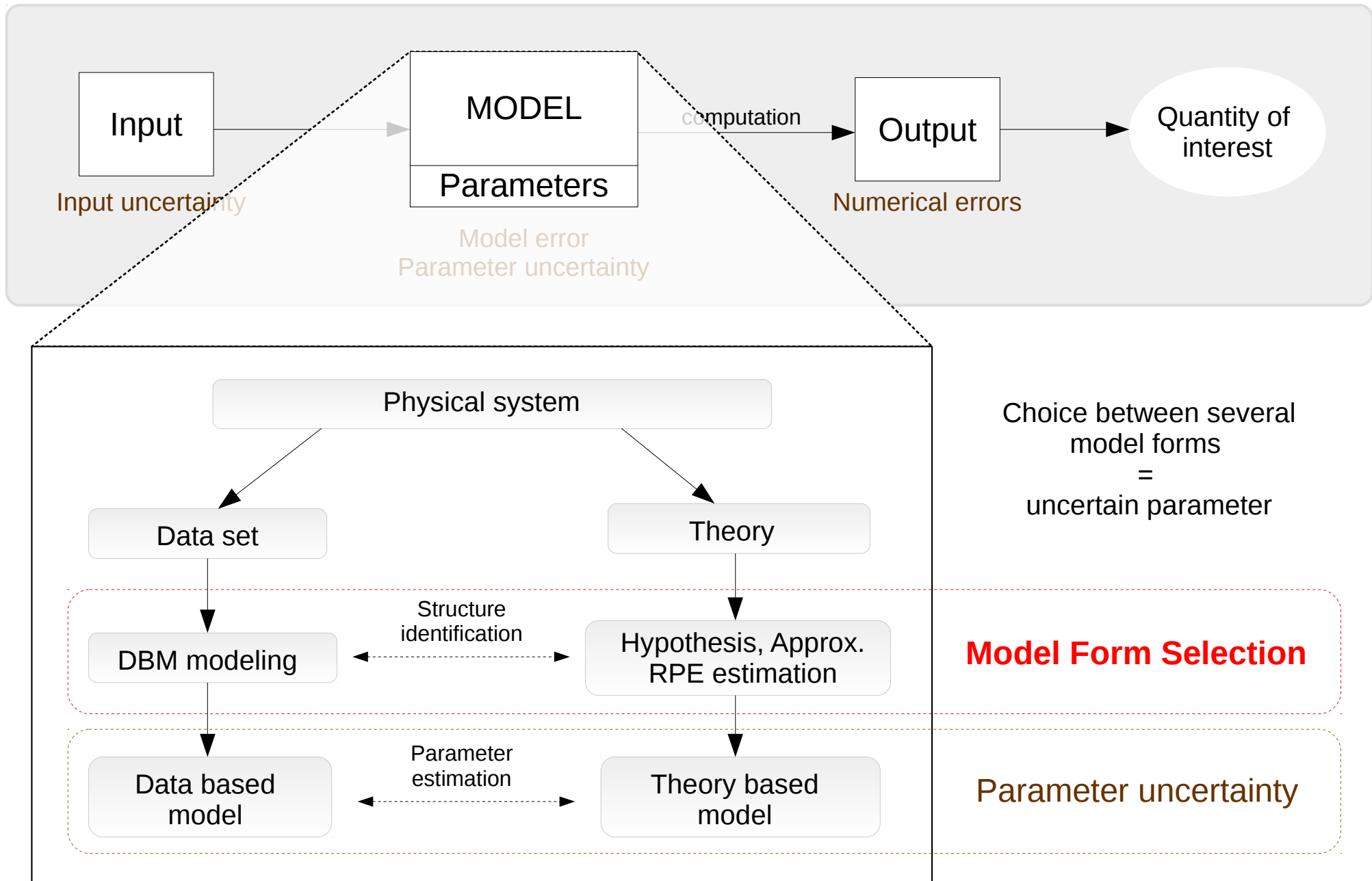
Choix du modèle



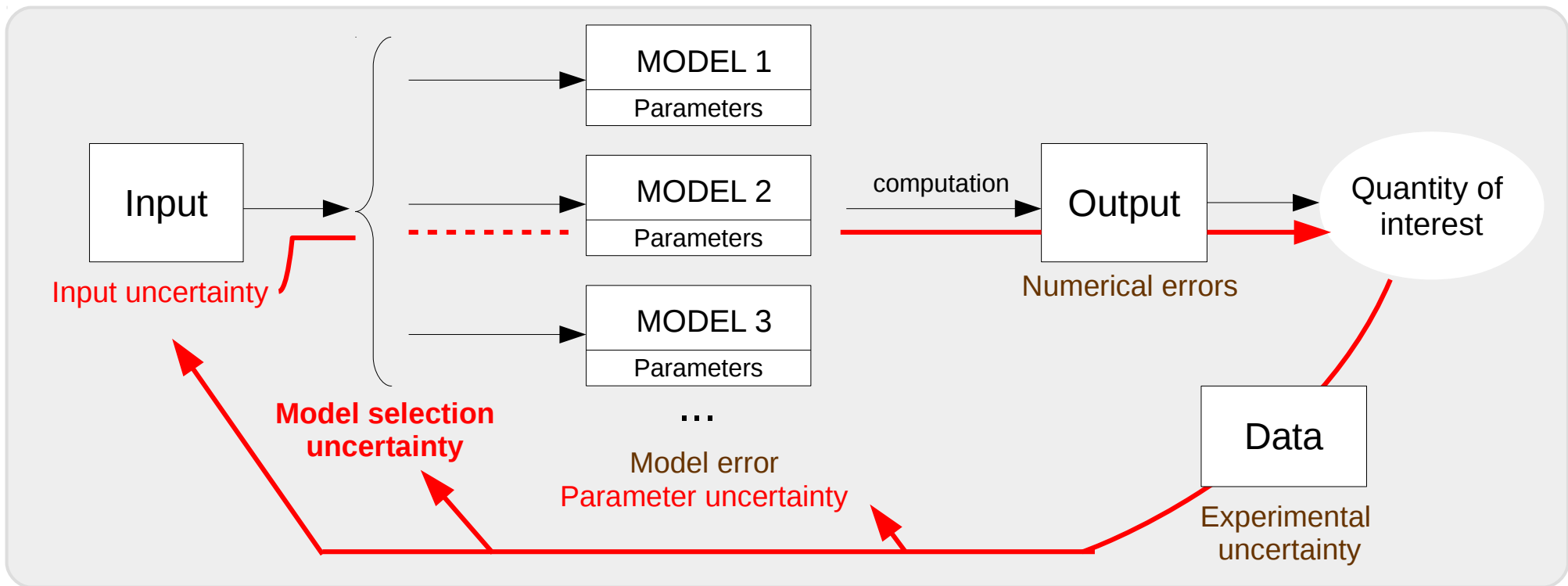
Choix du modèle



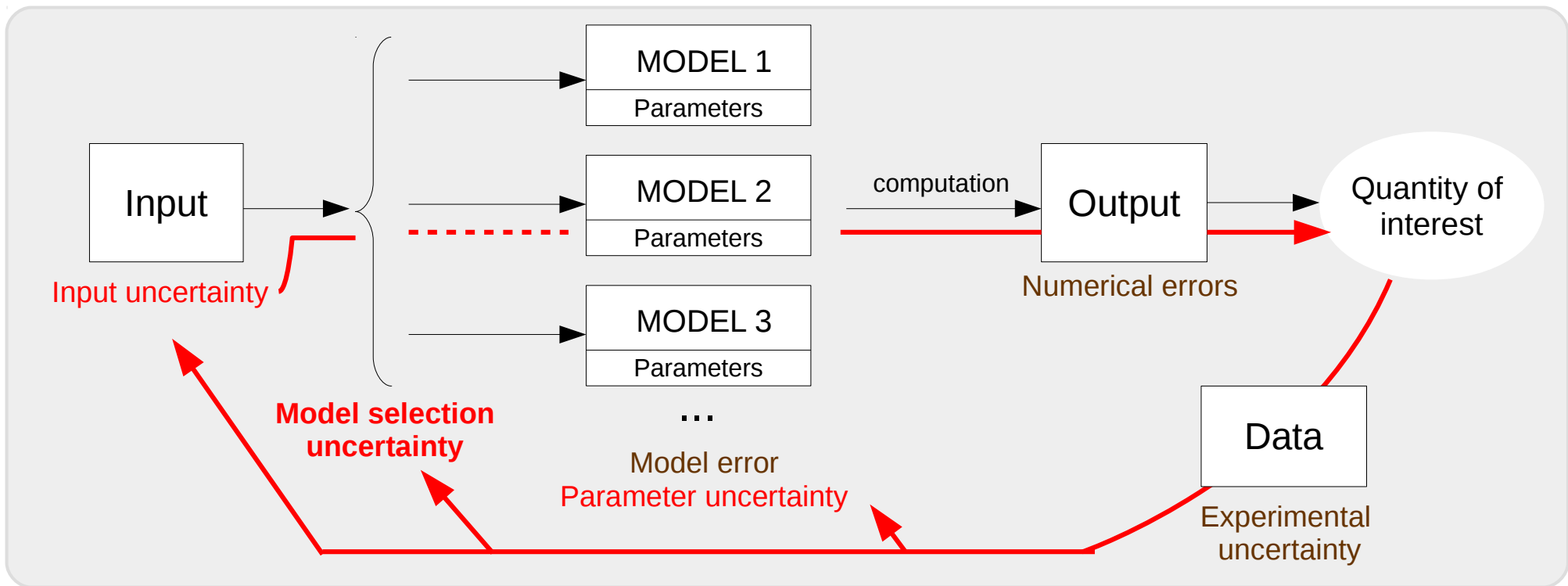
Choix du modèle



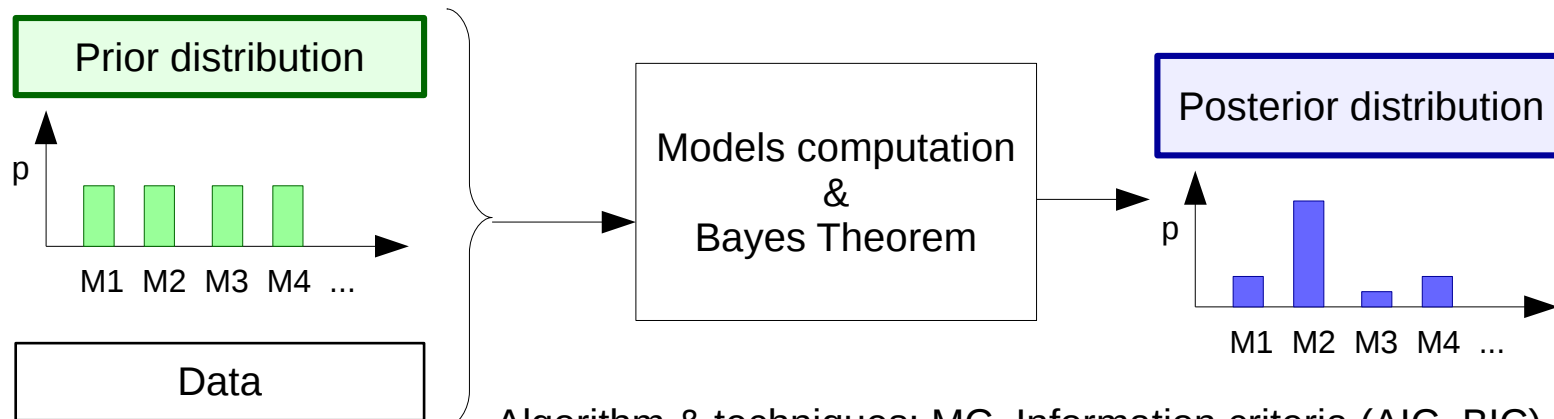
Méthodes BMA



Méthodes BMA



► BMA methods → model selection & data-optimized prediction (*Bayesian Model Averaging*)



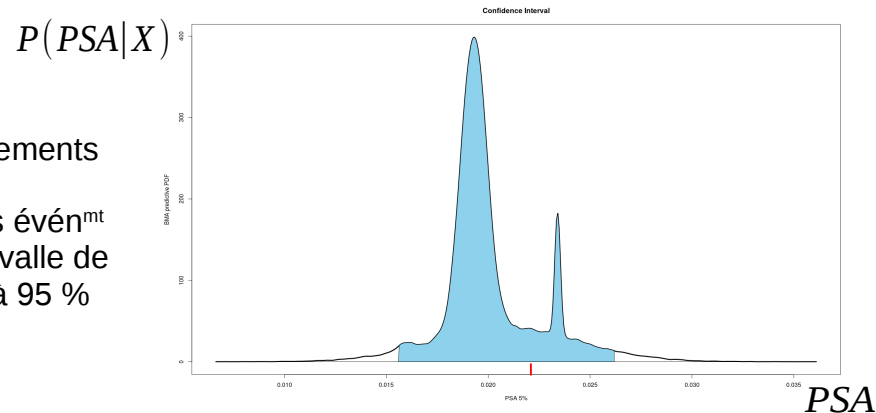
Existing works:

- Social sciences
- Meteorology
- Hydrology
- Engineering
- Aerodynamics

Algorithm & techniques: MC, Information criteria (AIC, BIC), Expectation-Maximization, Markov Chain MC,...

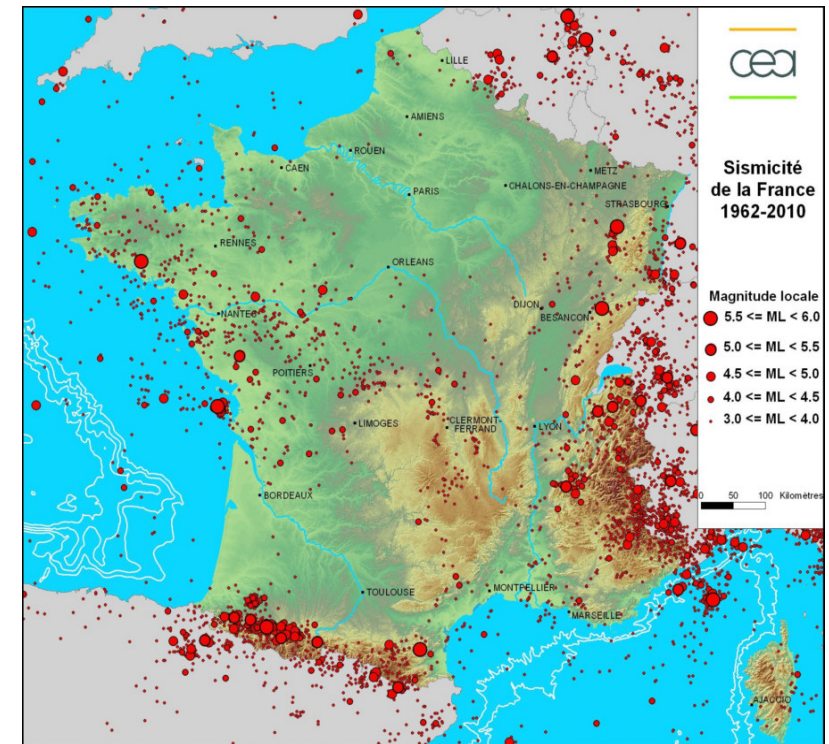
Modèles sismiques

- ▶ **Projet SINAPS@, volet Aléa sismique**
- ▶ **Modèles : GMPE (Ground-Motion Prediction Equations), data-based**
Bindi 2013, Bindi 2011, Zhao 2006, Faccioli 2006, Boore 2014, Akkar 2013, Berge-Thierry 2003,...
- ▶ **Paramètres :**
Magnitude, distance source-site, propriété du sol, profondeur de la faille, type de faille, type de région
- ▶ **Suite du travail de Grégory Dergham**



- 2000 événements
- 7 modèles
- 96,5 % des évènements dans l'intervalle de confiance à 95 %

- ▶ **Base de données :**
Réseau Accélérométrique Permanent (RAP)
 - Une centaine de stations en métropole
 - Enregistrement d'événements depuis 1995
 - 83 séismes, 1177 enregistrements triés et retraités.
- + réseau de vélocimètres du LDG



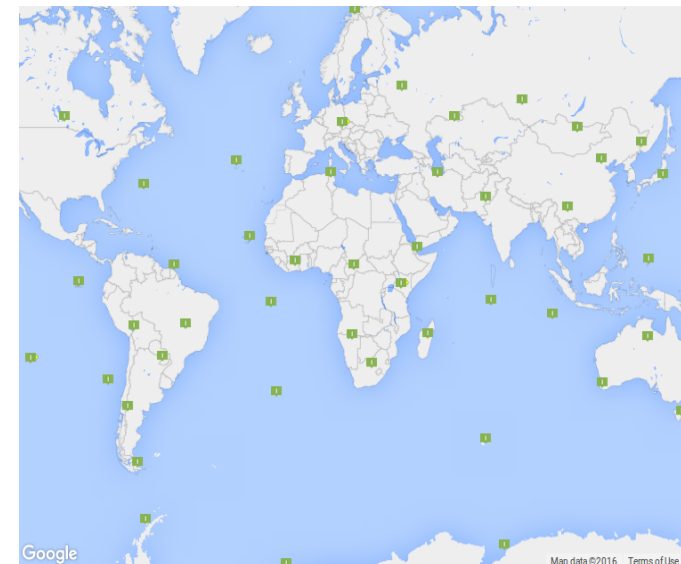
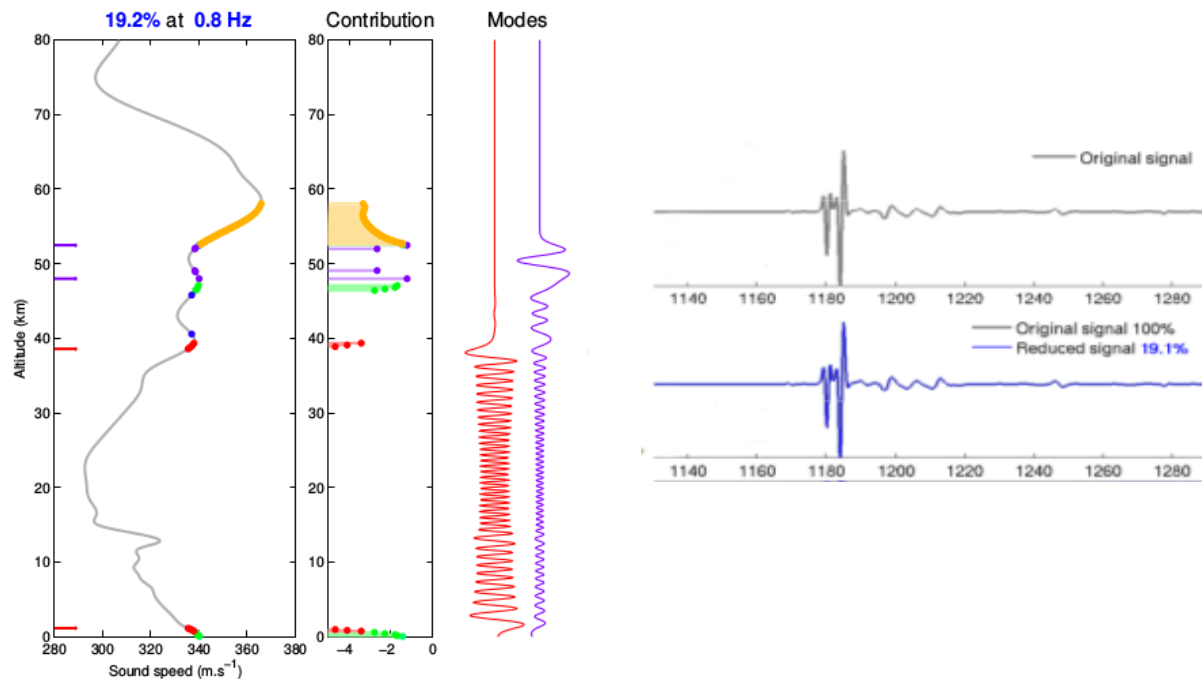
www-dase.cea.fr

Propagation infrasonore

► Modèles : plateforme FLOWS (Fast Low-Order Wave Simulation)

- Propagation d'infrasons dans une atmosphère 1D ou faiblement 2D → calcul du signal acoustique
- Problème traité fréquence par fréquence, différentes gammes de fréquence ~ différentes physiques
- Modèles réduits = ciblage de groupes de modes sensibles (Sobol), différents groupes de modes ~ différentes structures atmosphériques (guides d'onde)

—► Multiples modèles distincts



IMS infrasound stations - source : ctbto.org

► Données : International Monitoring System (IMS)

- 60 stations infrasons dans 35 pays autour du globe
- Enregistrements traités et analysés à l'IDC (International Data Centre)
- Milliers d'événements infrasonores

► Traitement bayésien de la BDD de l'IMS → *Infrasound Technology Workshop*, 2016