

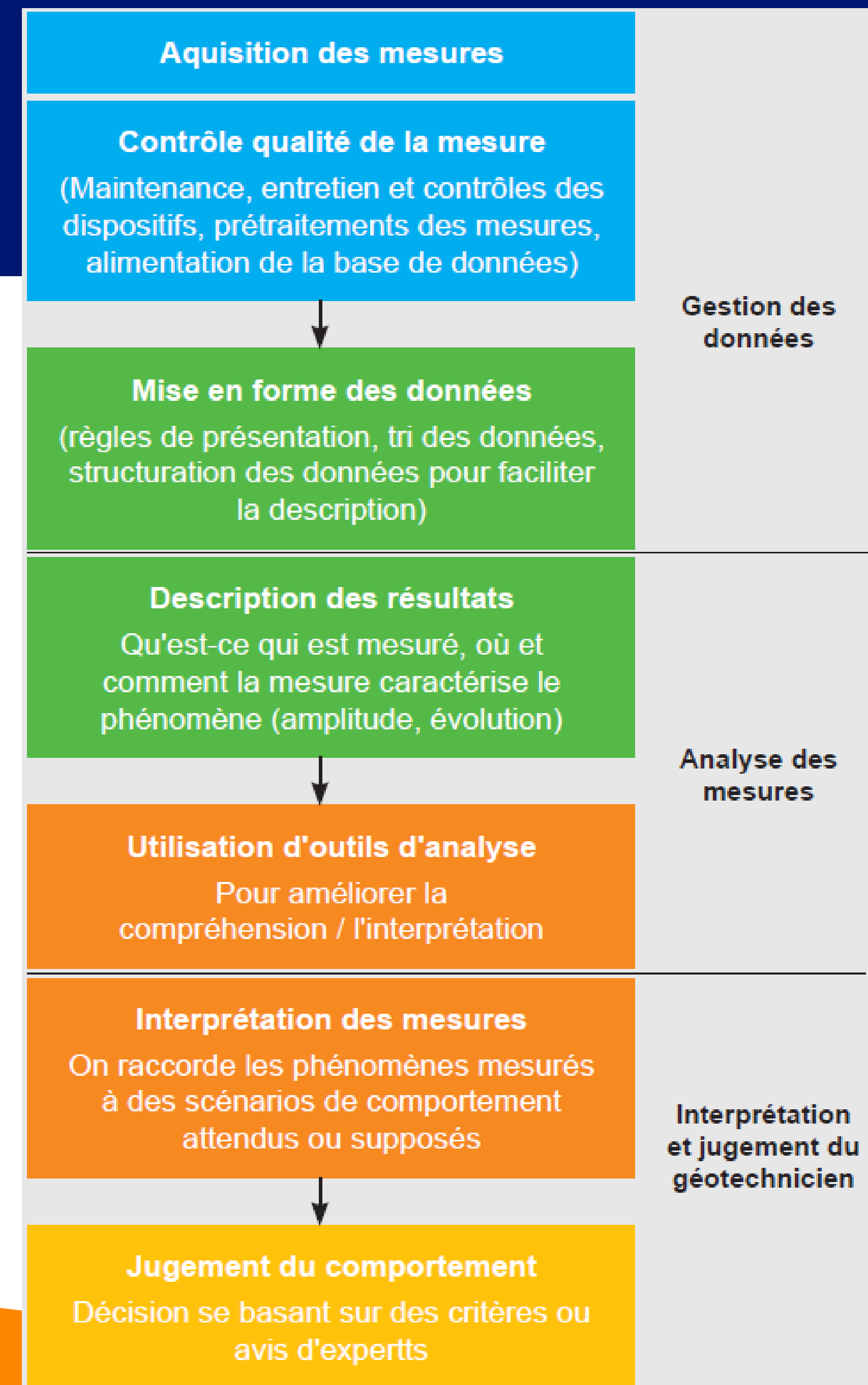
**Demi-journée scientifique et technique
« Recommandations relatives à l'instrumentation des ouvrages géotechniques »**

CHAPITRE 5 GESTION DES MESURES, ANALYSE ET INTERPRÉTATION

Christophe CHEVALIER

Sommaire du chapitre

- 5.1 Principes d'acquisition et de gestion des mesures
- 5.2 Méthodes d'analyse
- 5.3 Interprétation



Principes d'acquisition et de gestion des mesures

Méthodes d'analyse
Interprétation

Acquisition des mesures

- Mode d'acquisition
- Fréquence d'acquisition
- Types et interrogation des capteurs installés
- Besoins de l'utilisateur

Principes d'acquisition et de gestion des mesures

Méthodes d'analyse
Interprétation

Gestion des mesures

- Maintenance et entretien
- Prétraitement et validation de la mesure
- Mise en forme des données

Pour une interprétation fine des mesures d'auscultation...

- Mise en forme seule des données insuffisante
 - Complexité du système étudié :
 - interdépendance des données,
 - volumétrie,
 - variabilité temporelle,
 - spatiale des mesures,
 - Incertitudes...
- Besoin d'outils d'analyse des données pour permettre et faciliter leur interprétation finale !
- Illustration par des méthodes d'analyse succinctement décrites:
 - principes généraux
 - usages

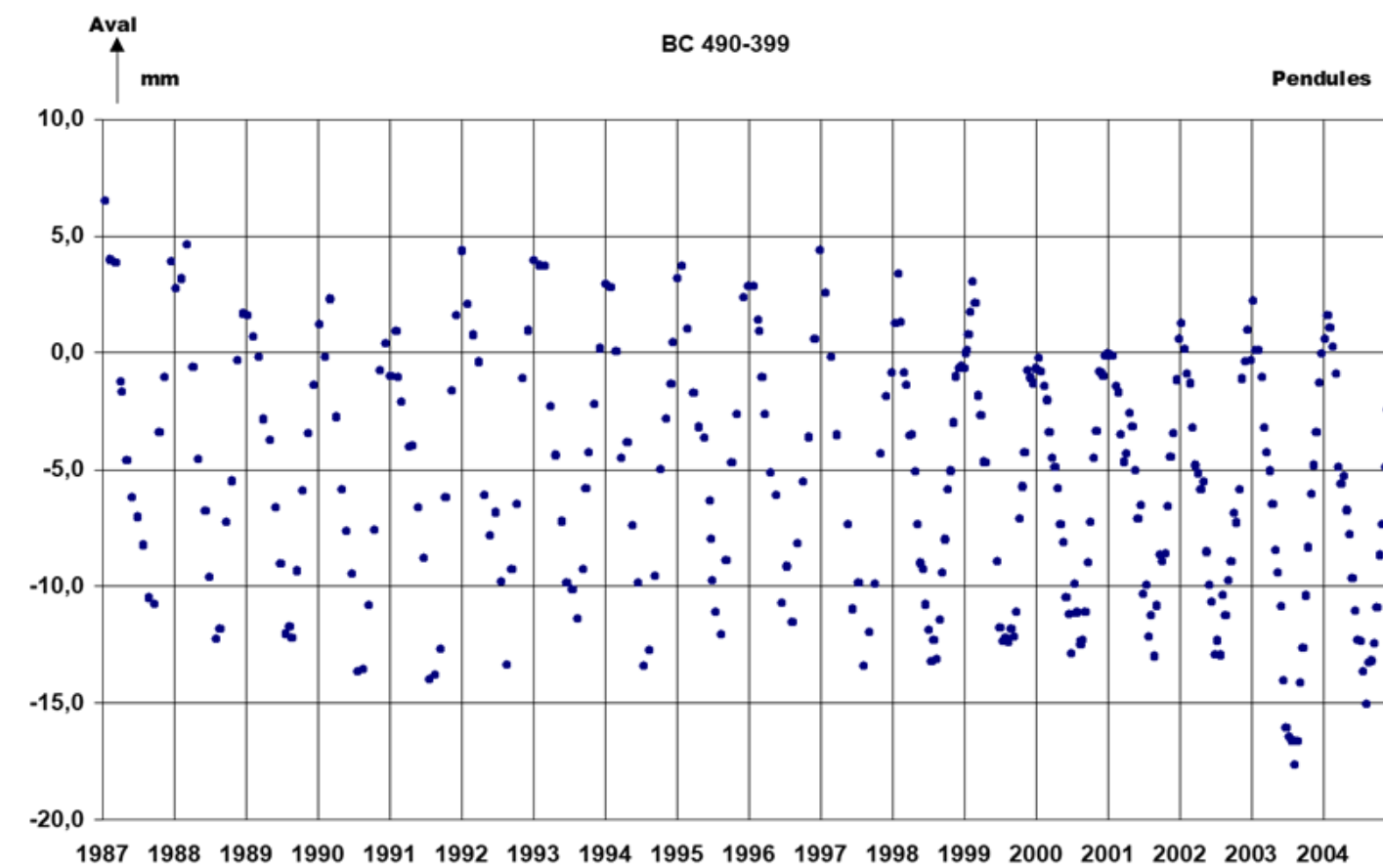
Analyses statistiques / probabilistes

- **Analyses physico-statistiques utilisées pour les digues et barrages**
- Méthode « HST : Hydrostatique Saisonnier Temporel », [Willm & Beaujoint 1967]
- Principe : toute mesure comme superposition de plusieurs (3) états :
 - un état irréversible : évolution du phénomène dans le temps t (linéaire, exponentielle)
 - des états réversibles :
 - effet de la charge hydrostatique h (polynôme)
 - effet de la température en fonction des saisons S (trigonométrique/période 1 année)

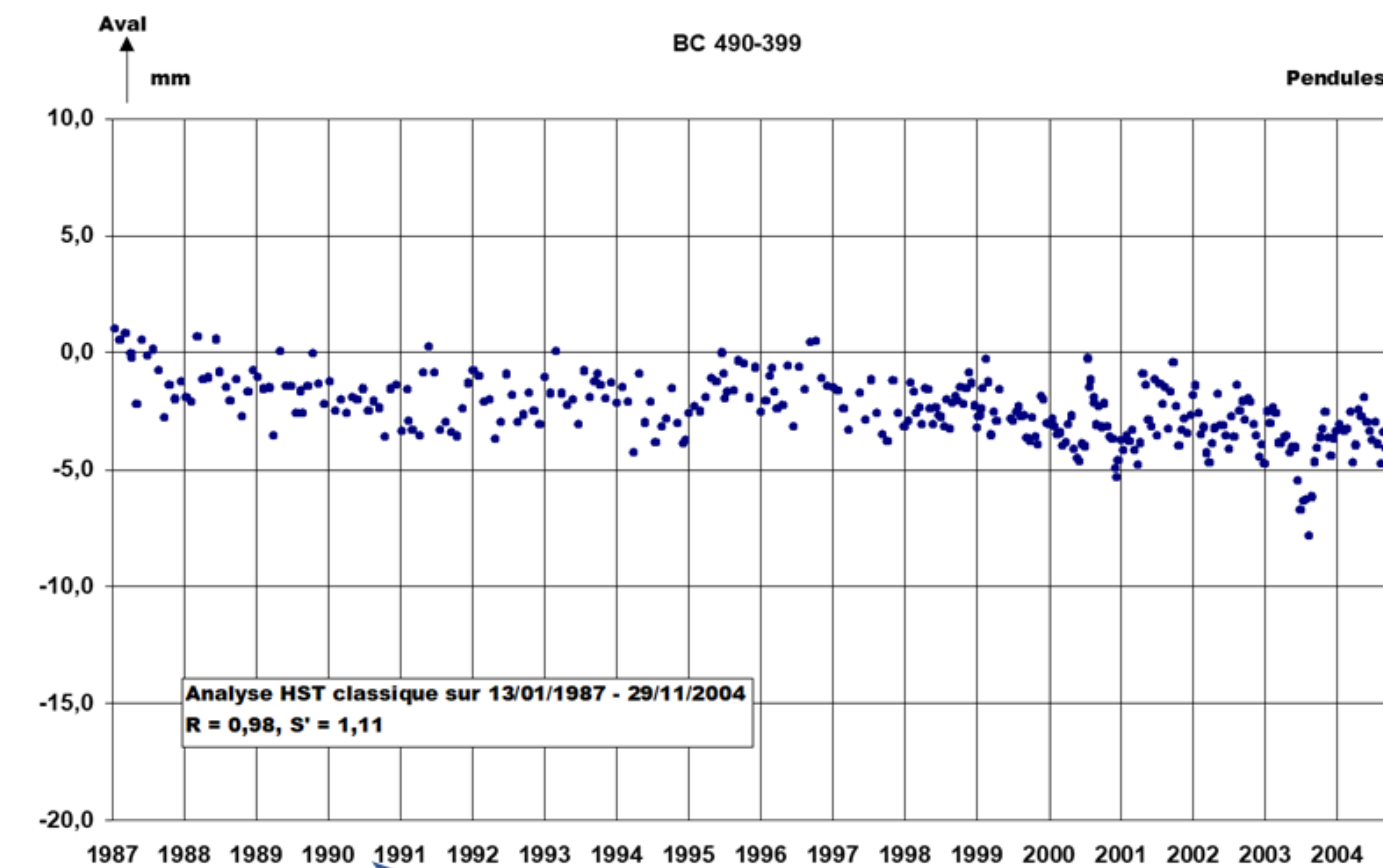
$$\begin{aligned} Y_o(t) &= f_1(t) + f_2(h) + f_3(S) + \varepsilon \\ &= a_0 \\ &\quad + a_1 e^{-t} + a_2 t \\ &\quad + a_3 h + a_4 h^2 + a_5 h^3 + a_6 h^4 \\ &\quad + a_7 \cos(S) + a_8 \sin(S) + a_9 \sin(2S) + a_{10} \cos(2S) \\ &\quad + \varepsilon \end{aligned}$$

Analyses statistiques / probabilistes

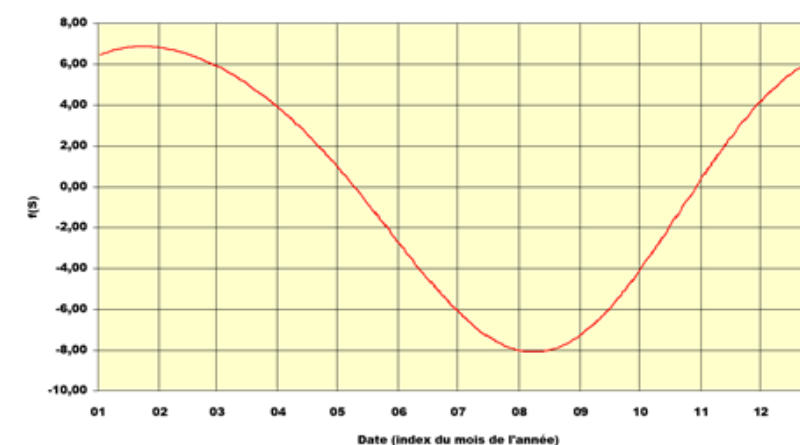
- Analyses physico-statistiques utilisées pour les digues et barrages



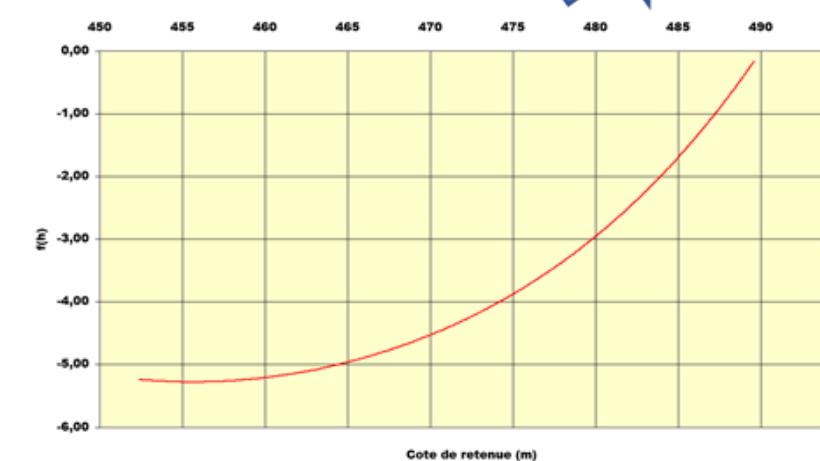
Déplacements bruts (mm)



Déplacements corrigés par HST (mm)



Effet Saisonnier



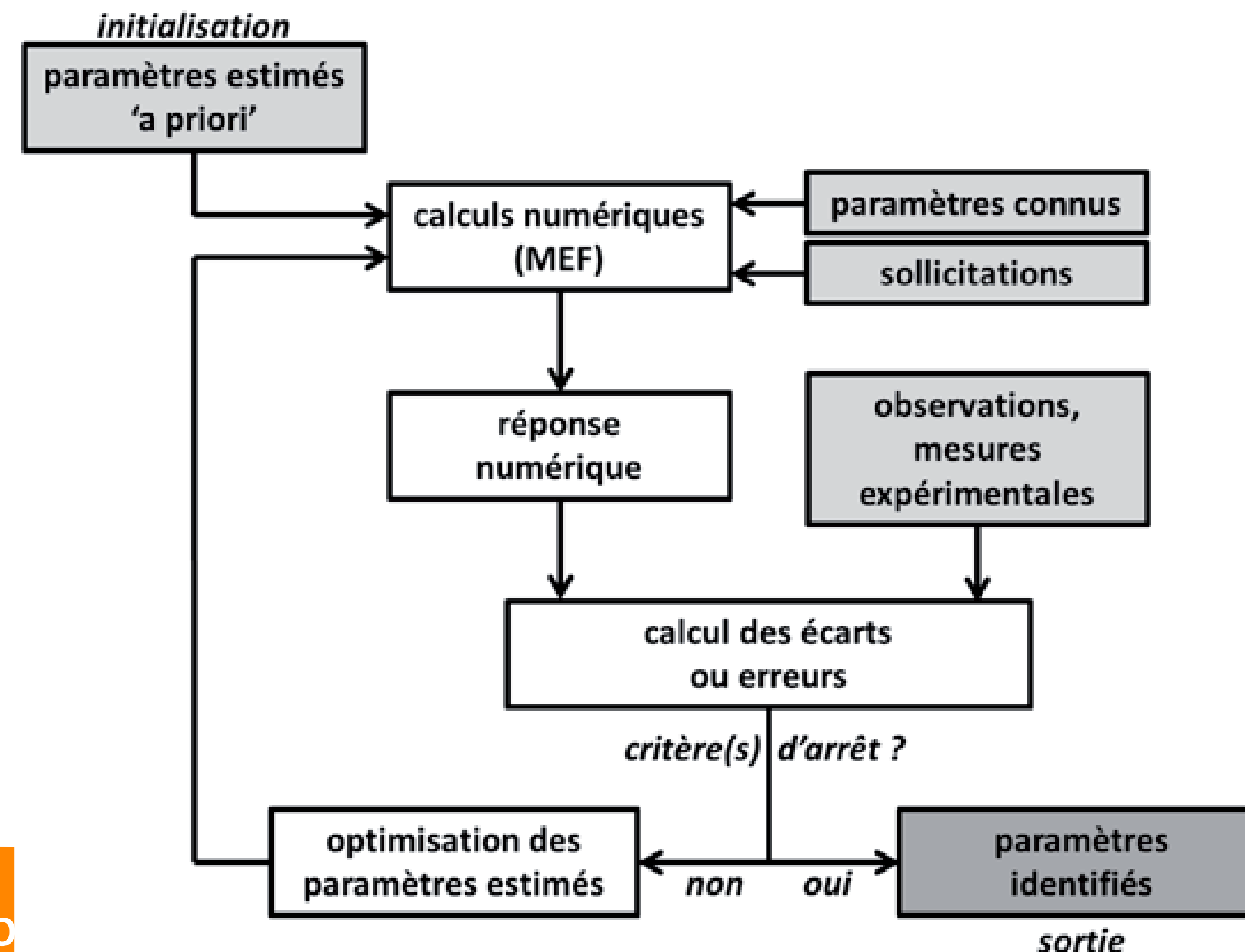
Effet Hydrostatique

Données et traitement EDF

Méthodes d'analyse

Analyse inverse

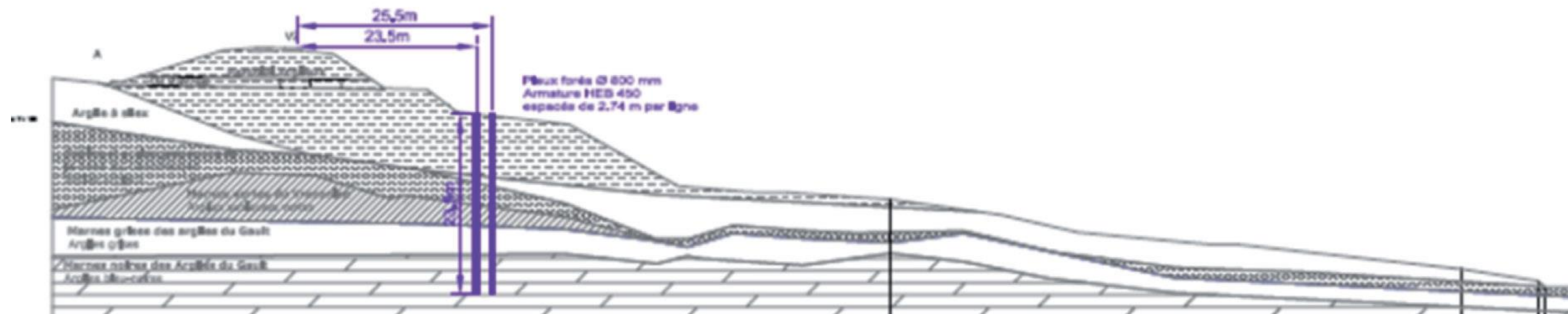
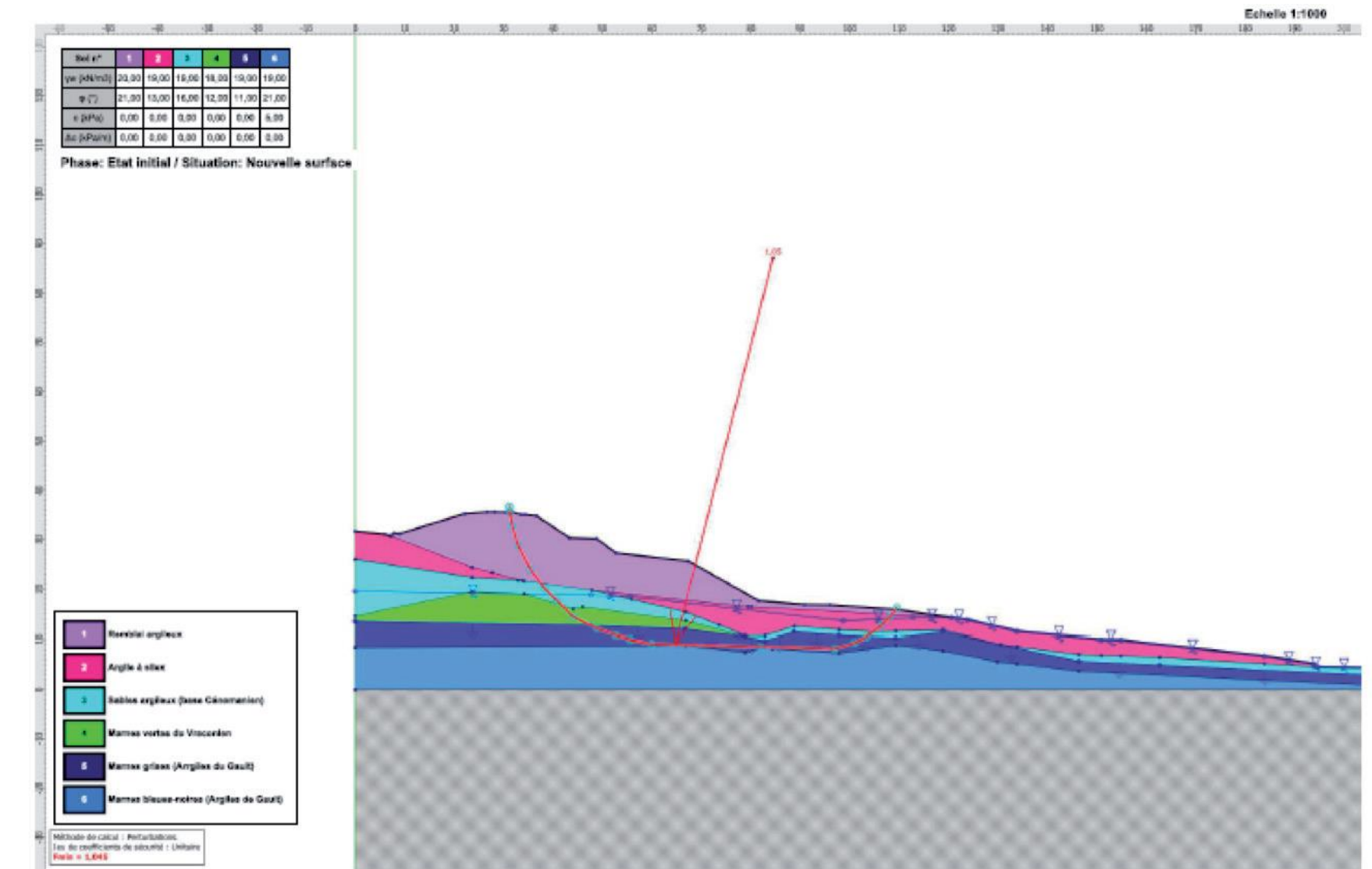
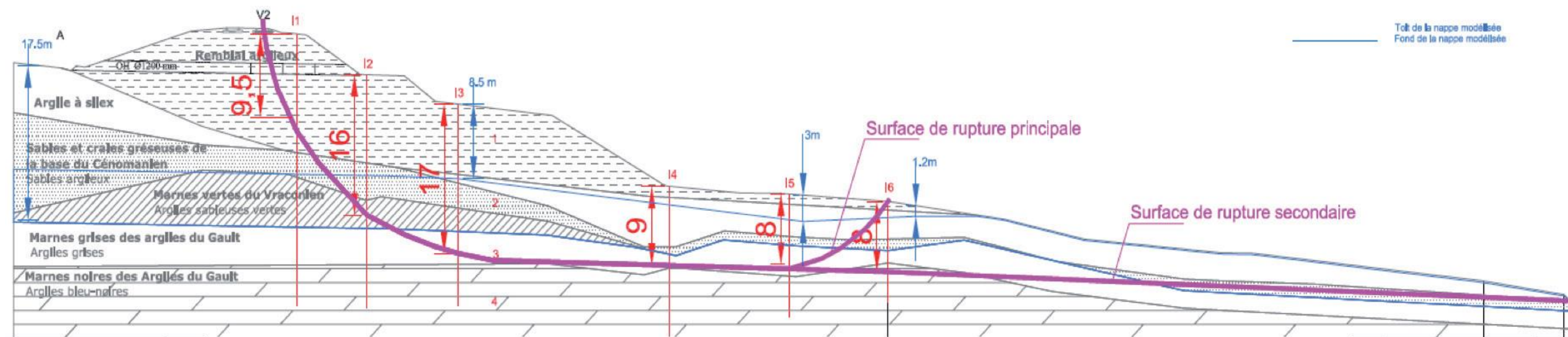
- Optimiser l'estimation de paramètres non mesurés ou mesurables de l'environnement (naturel) d'un ouvrage [Honjo et al. 1994, par exemple]



Méthodes d'analyse

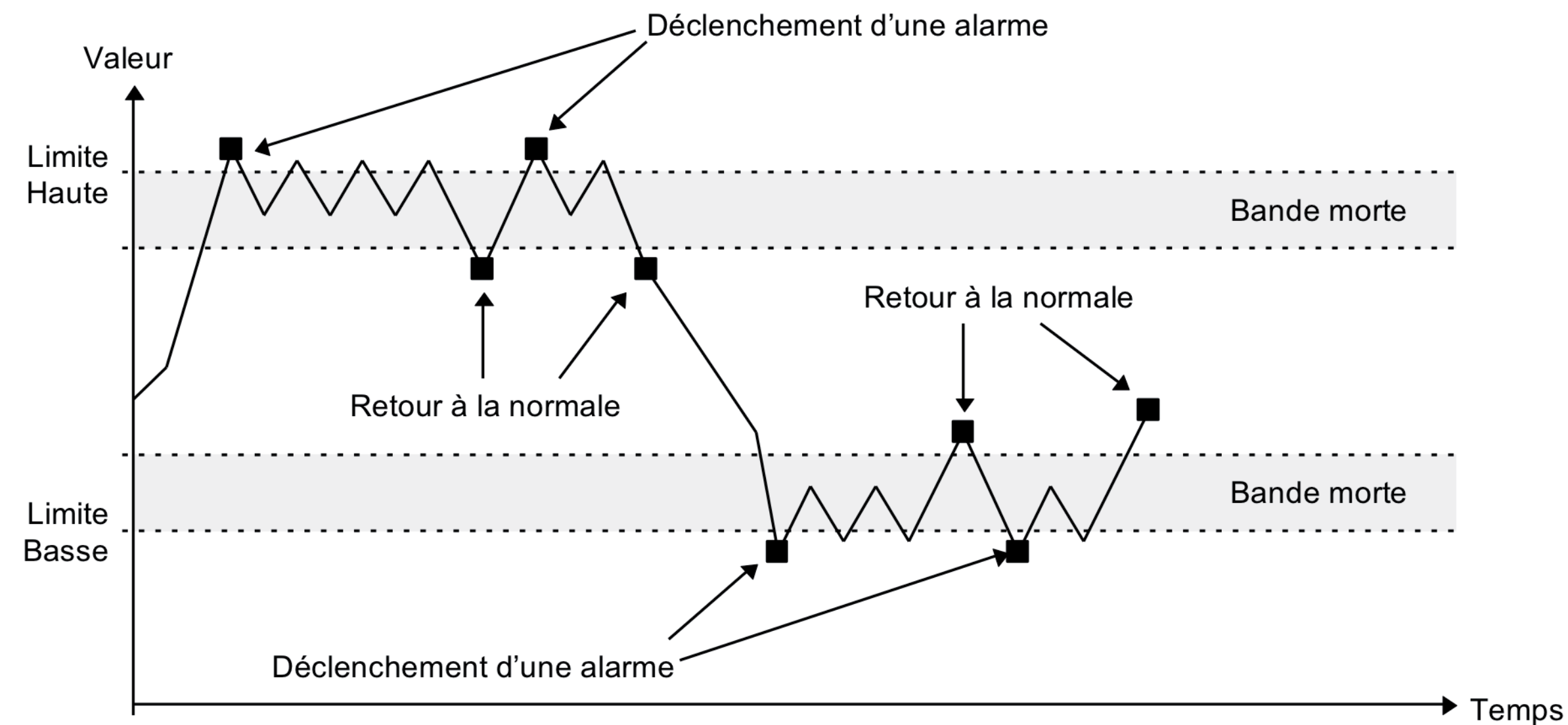
Analyse inverse

- Ajustement des paramètres de sol par analyse inverse pour un renforcement par pieux (données SNCF réseau)



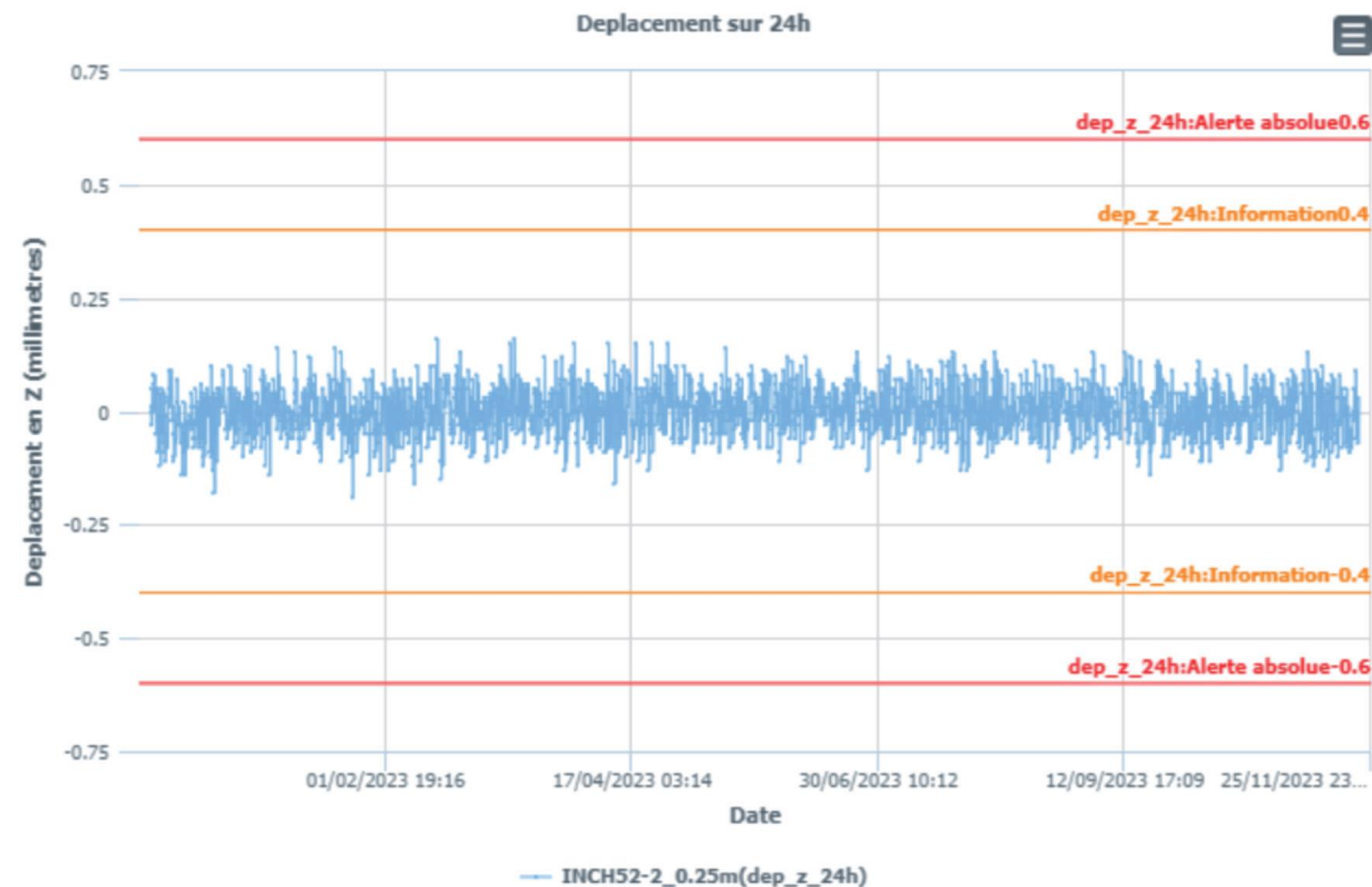
Gestion alarmes / seuils, mesures

- Choix crucial dans un projet d'instrumentation : répétabilité, bruit de mesures...
- Déclenchement et choix des seuils nécessitant une réflexion poussée pour un déclenchement des seules vraies alarmes
- Choix de plusieurs méthodes



Fonctionnement d'une alarme avec bande morte.

Gestion alarmes / seuils, mesures



Suivi inclinométrique d'une falaise à Hendaye : seuils de déclenchement d'« information » et d'« alerte absolue ».
Le seuil d'« alerte absolue » entraîne une fermeture de la chaussée (données GEOTEC).

Méthodes d'analyse

Analyses statistiques / probabilistes

Analyse inverse

Vitesse inverse

Méthodes observationnelles / analyse en continu et adaptation

Intelligence artificielle: Machine learning / apprentissage automatisé

Gestion alarmes / seuils, mesures

Objectif : répondre aux questions précises qui ont conduit à instrumenter un site ou un ouvrage géotechnique

- Réflexion sur le résultat des mesures et des éventuelles analyses réalisées
 - vérification d'une situation mesurée par rapport à une situation attendue
 - hypothèses pour expliquer une situation observée et in fine porter un avis argumenté sur le comportement de l'ouvrage
 - analyse et conclusions suffisamment claires sur la situation observée pour servir d'aide à la décision auprès du Maître d'Ouvrage et de l'exploitant sur la suite à donner
- Besoin de méthode, et d'une démarche robuste, de manière à pouvoir argumenter et justifier les conclusions de l'avis donné sur le comportement ausculté de l'ouvrage
- Incertitudes trop importantes ou mesures obtenues trop proches des limites
→ rétro-analyse, adaptation des paramètres de modélisation ...