



Journée Scientifique et Technique du CFMS du 29 janvier 2020
« *Machine Learning et Big Data en Géotechnique* »

Le Big Data et le Machine Learning au service de la caractérisation des sols

Pierre BREUL, Université Clermont Auvergne, Institut Pascal

Sébastien BARBIER, Sol Solution



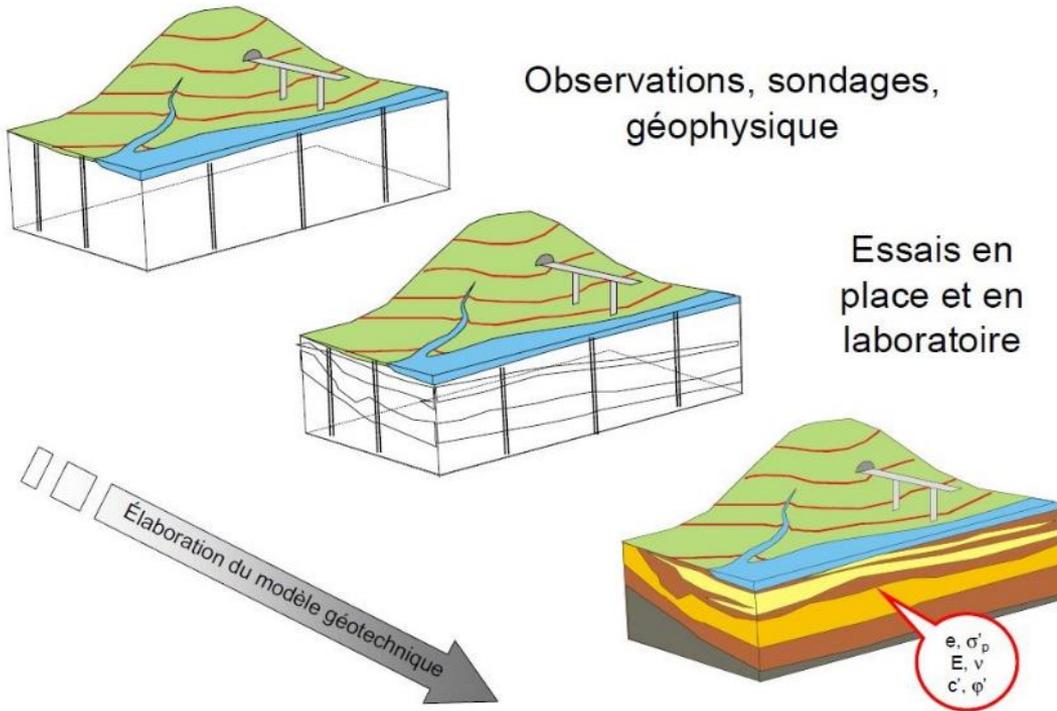
Contenu

- Introduction
- Conditions de mise en place de l'IA ...et démarches entreprises pour pouvoir l'appliquer
- Des essais au modèle géotechnique
 - Méthode et étude de cas
- Conclusions

Introduction

Modèle géotechnique

Représentation **synthétique et simplifiée** du sous-sol pour la justification et le dimensionnement d'un ouvrage.



Choix d'une valeur représentative des propriétés du massif du sol?

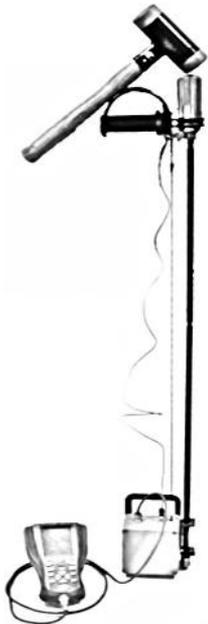
Les techniques d'IA peuvent permettre d'aider et d'améliorer la définition du modèle géotechnique

Conditions de mise en place de l'IA

1. Collecter beaucoup de données

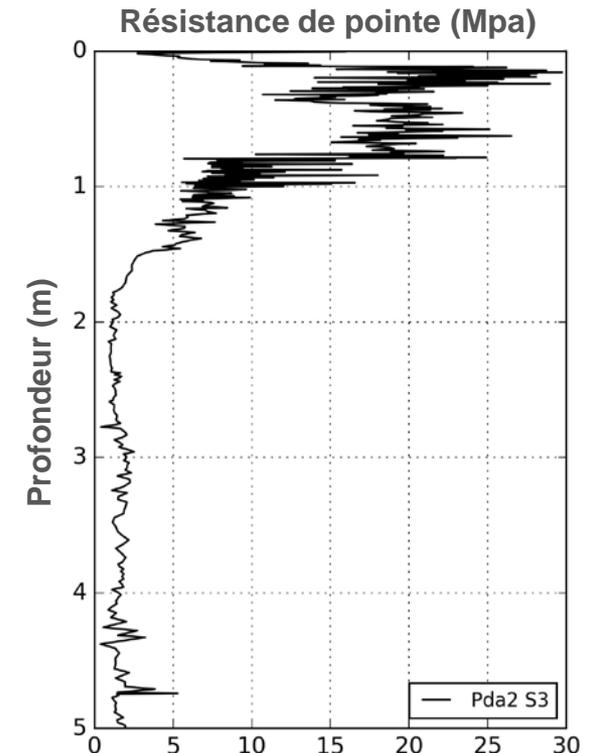
Développer des outils permettant de récolter beaucoup de données
(essais rapides / grande résolution de données / couplage)

Panda



Intérêt par rapport à l'élaboration d'un modèle géotechnique:

- grande résolution de mesures verticalement
- possibilité de multiplier les essais

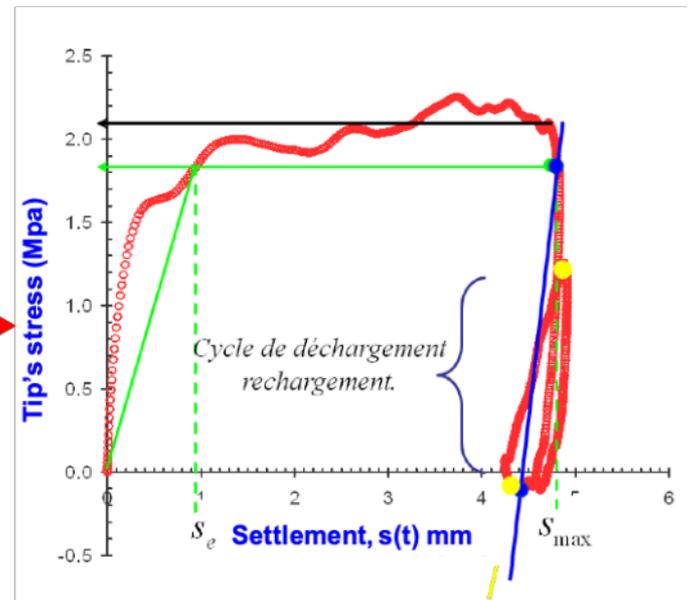
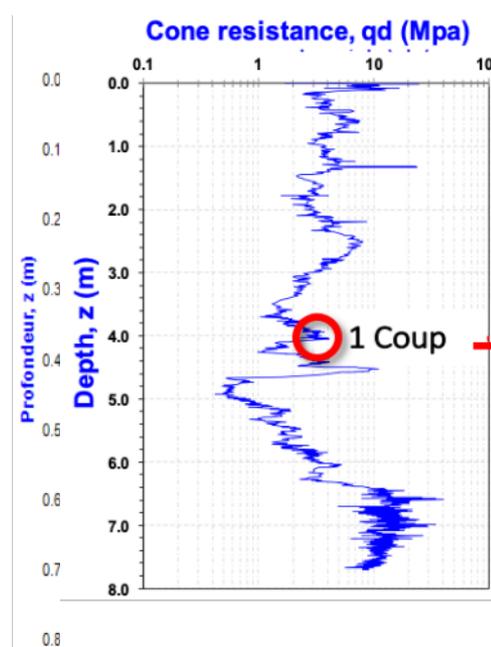
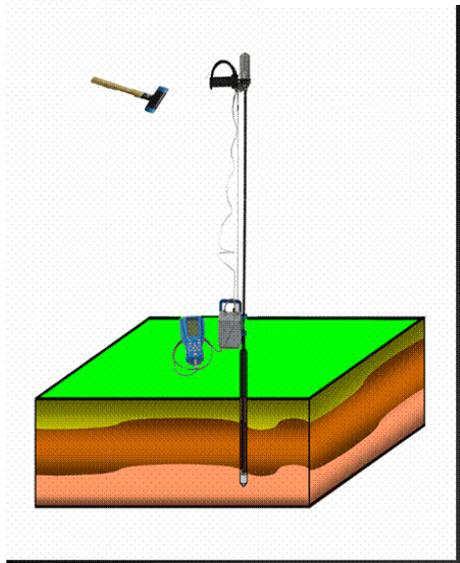


Conditions de mise en place de l'IA

1. Collecter beaucoup de données

Développer des outils permettant de récolter beaucoup de données (essais rapides / grande résolution de données / couplage)

Découplage des ondes lors du battage PANDA 3® / Reconstruction des signaux en pointe



Ré \rightarrow qd $+$

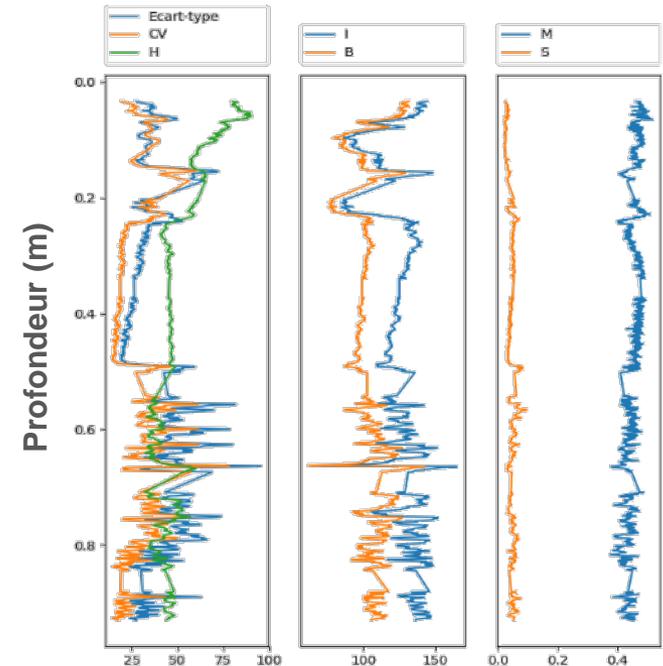
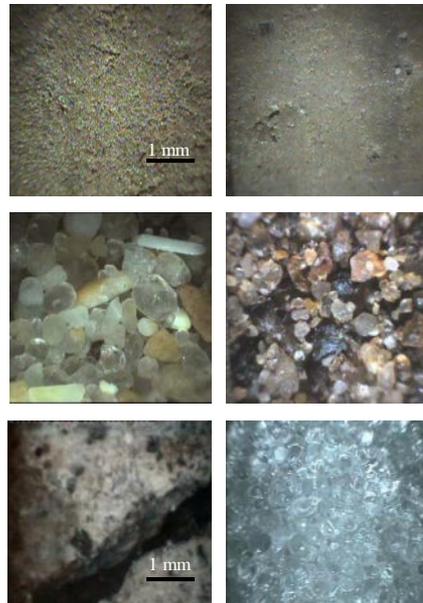
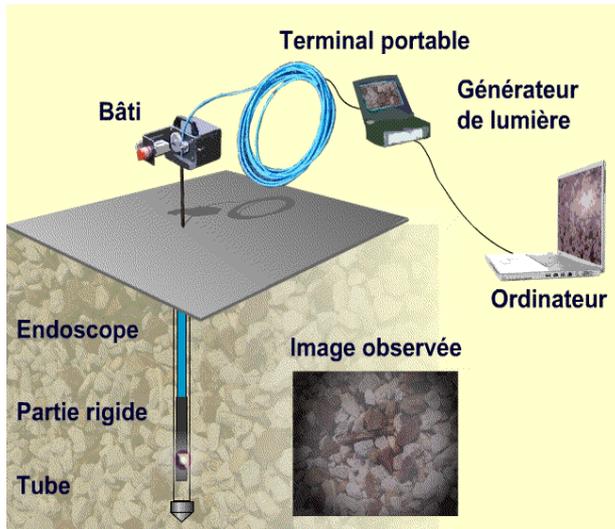
Analyse plus fine du comportement en pointe (relation charge – enfoncement)

Conditions de mise en place de l'IA

1. Collecter beaucoup de données



Géo-endoscopie : caractérisation physique des matériaux par analyse d'images



Conditions de mise en place de l'IA

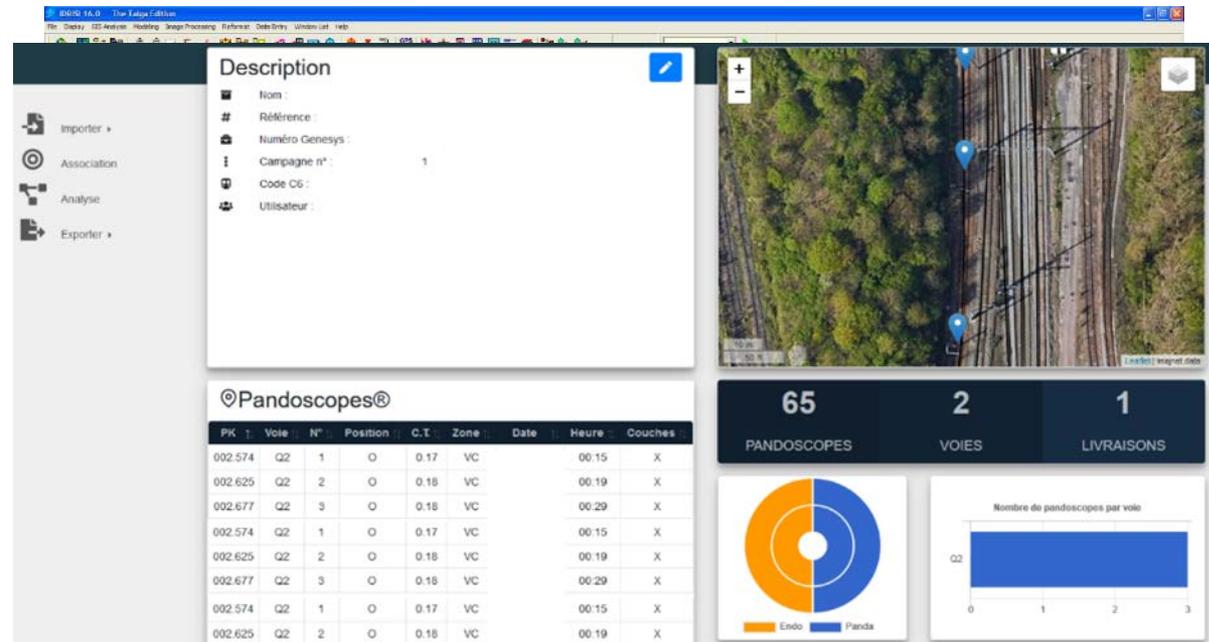
2. Disposer d'outils permettant d'alimenter les systèmes d'apprentissage

Acquisition numérique

Géoréférencement

Connectivité

Logiciels de gestion de données



Numériser et contextualiser les données issues d'essais en conditions réelles

Conditions de mise en place de l'IA

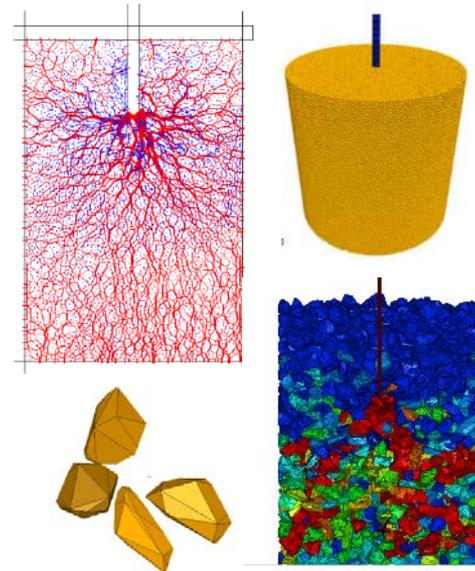
2. Disposer d'outils permettant d'alimenter les systèmes d'apprentissage

Banque physique de sols
« modèles »



+ de 45 sols stockés
1 m³/sol

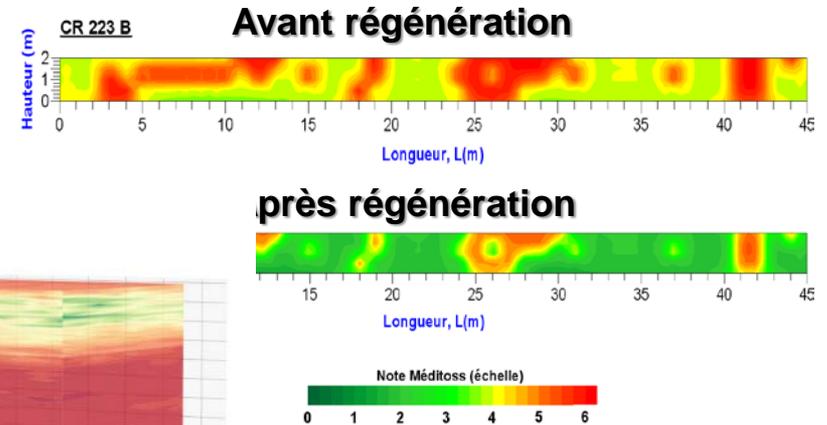
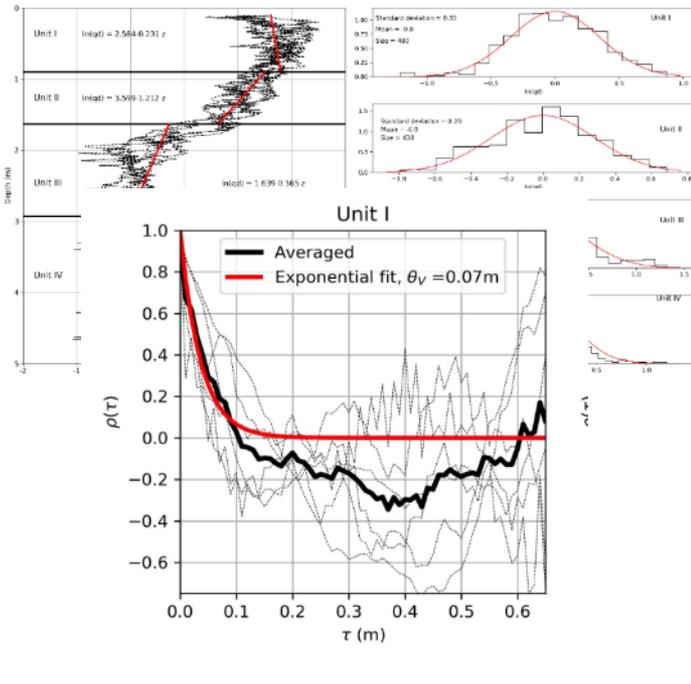
Base de donnée d'essais
numérisés



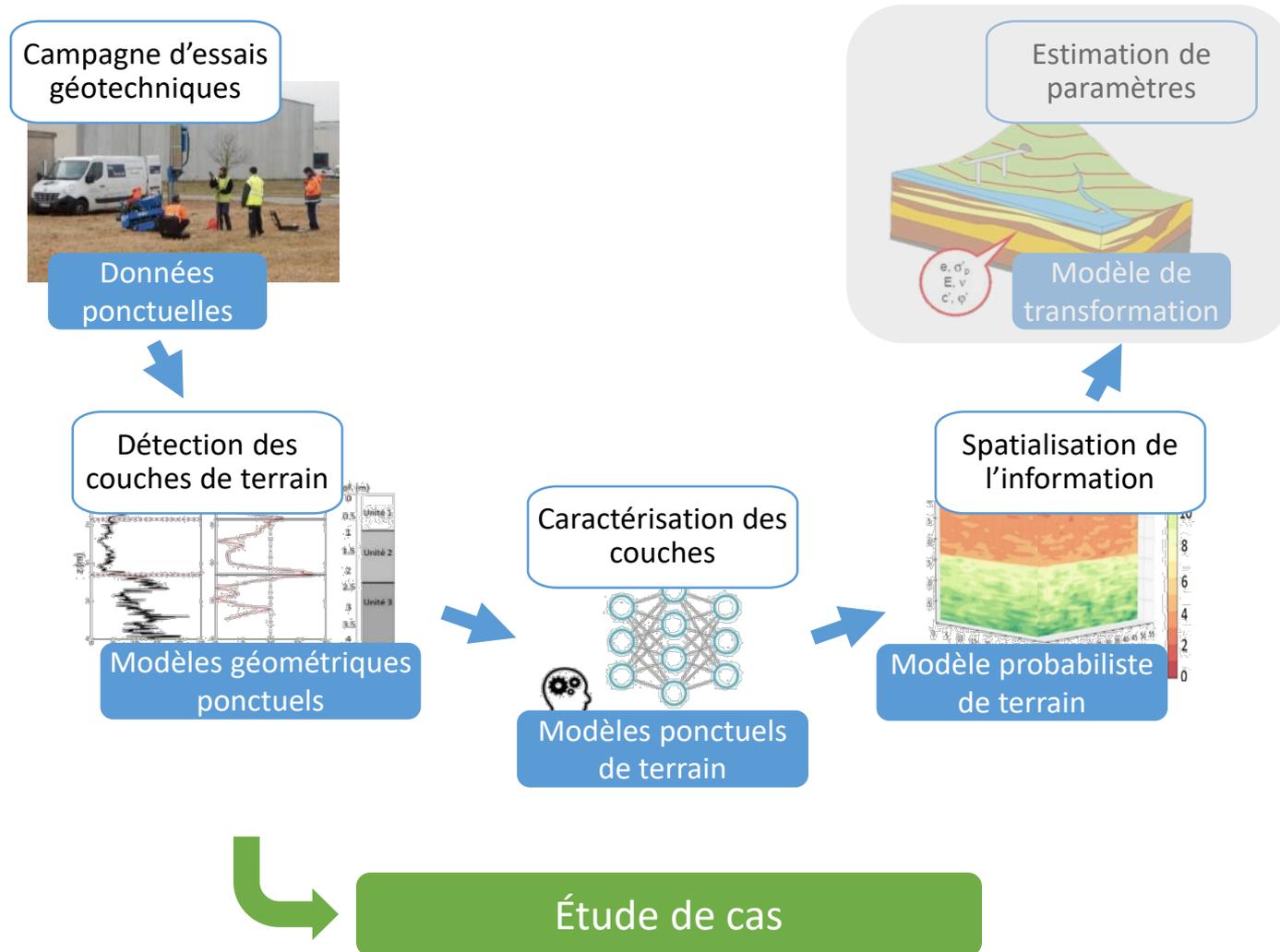
Pour alimenter une BDD et permettre de valider/tester les outils d'IA

Conditions de mise en place de l'IA

3. Disposer de techniques de traitement des données de masse



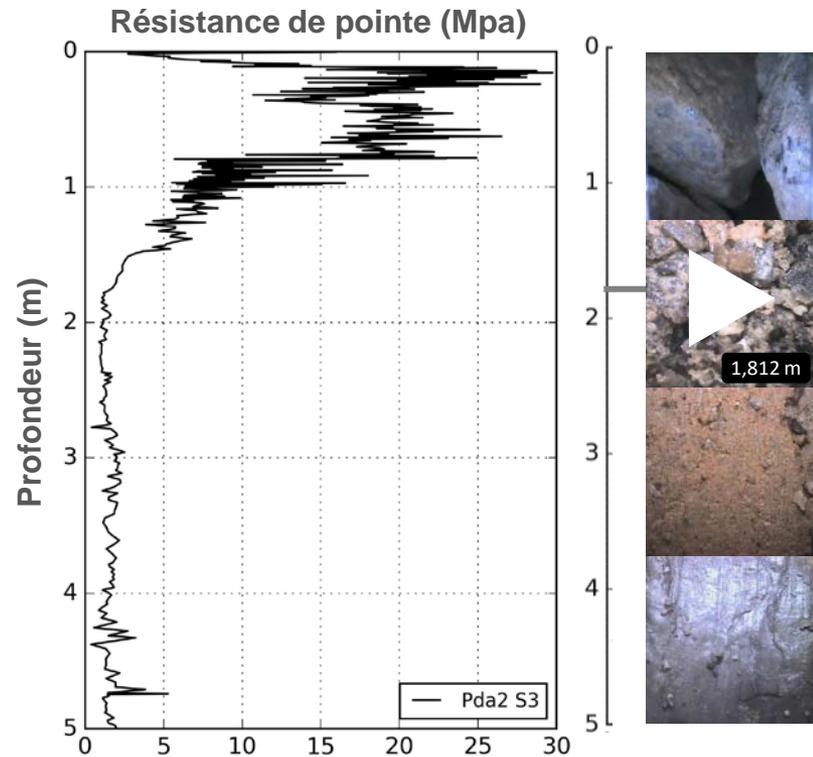
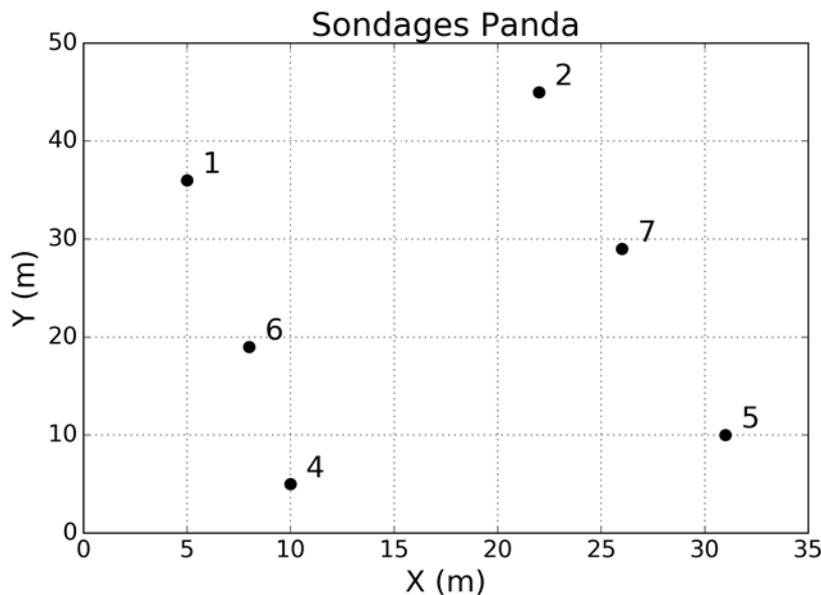
Des essais au modèle géotechnique



Campagne d'essais géotechniques

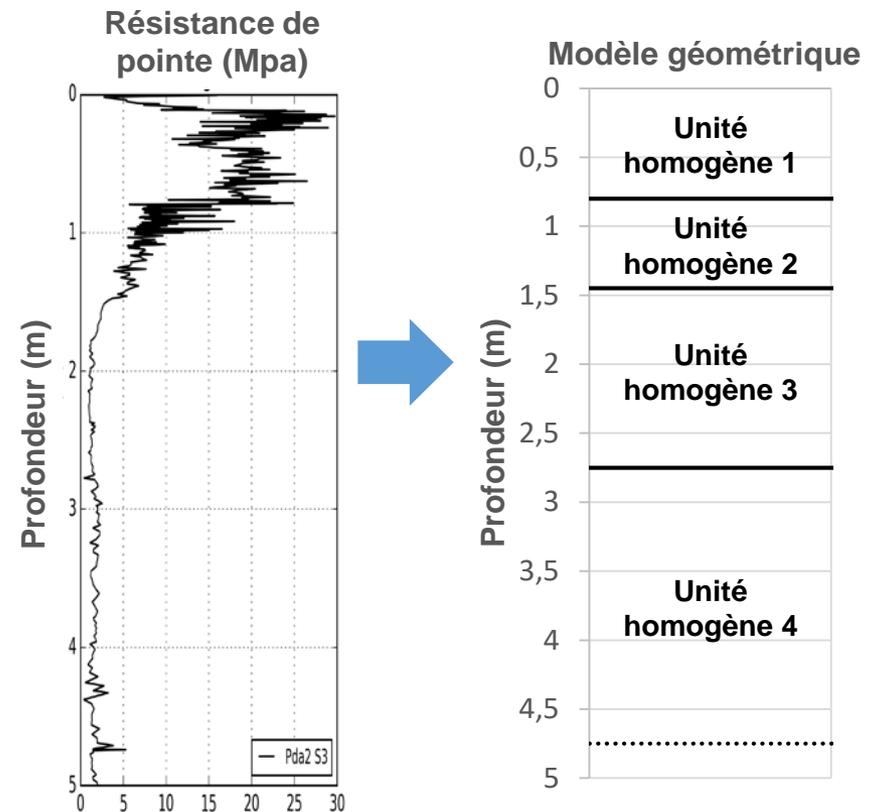
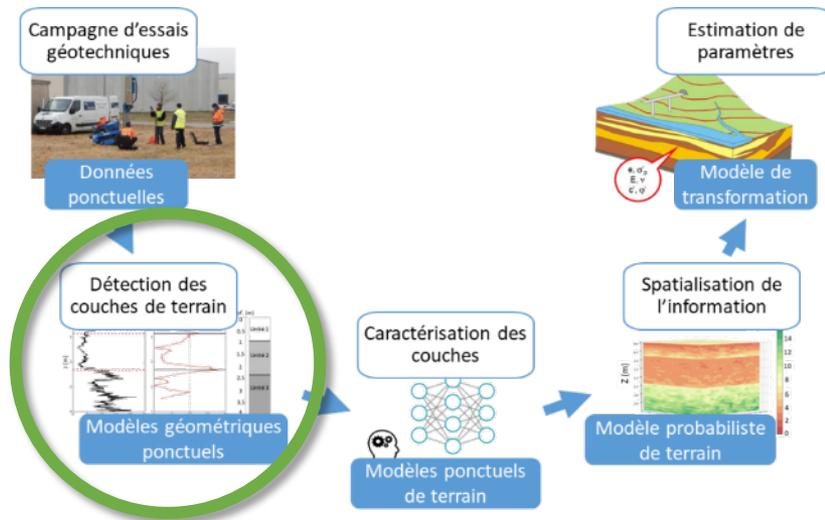
Essais de pénétration dynamique et geoendoscopie géoréférencés

Données ponctuels en profondeur :
Résistance de pointe (pénétromètre)
Images (geoendoscope)



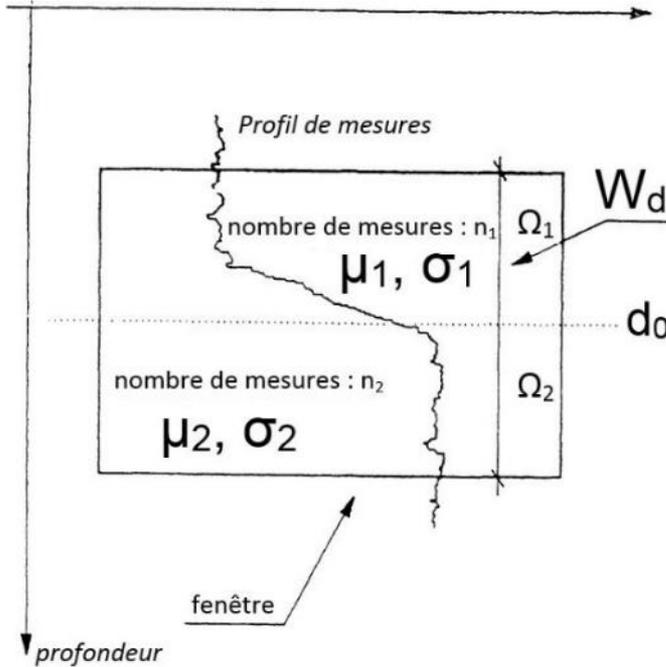
Détection des couches de terrain

Objectif



Détection des couches de terrain : Principe

Méthode par fenêtre glissante



Test statistique et découpage

Tratio

- test statistique sur fenêtre glissante

Seuillage

Détection de pics

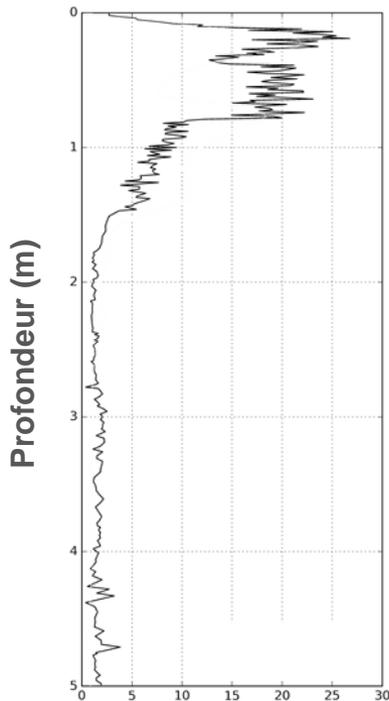
Unités homogènes

Détection des couches de terrain : Étude de cas

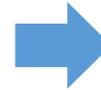
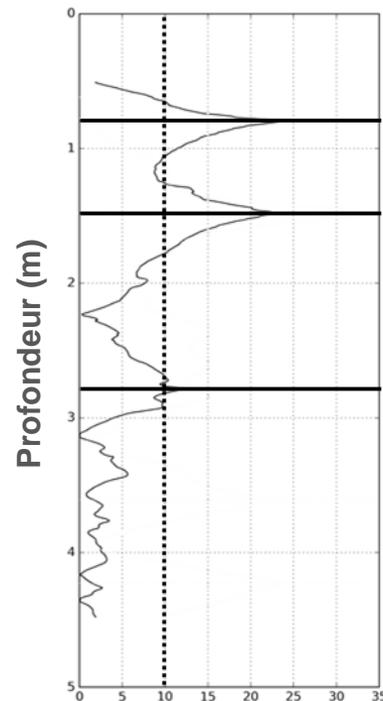
Analyse du signal pénétrométrique

Modèle géométrique (pour chaque sondage)

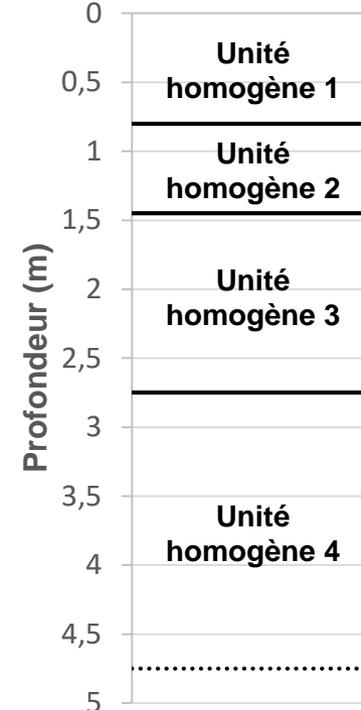
Résistance de pointe (Mpa)



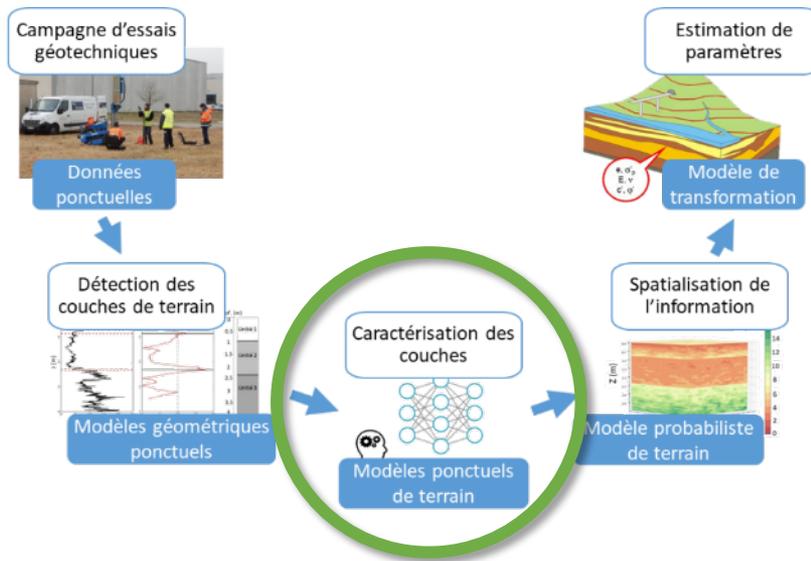
Tratio



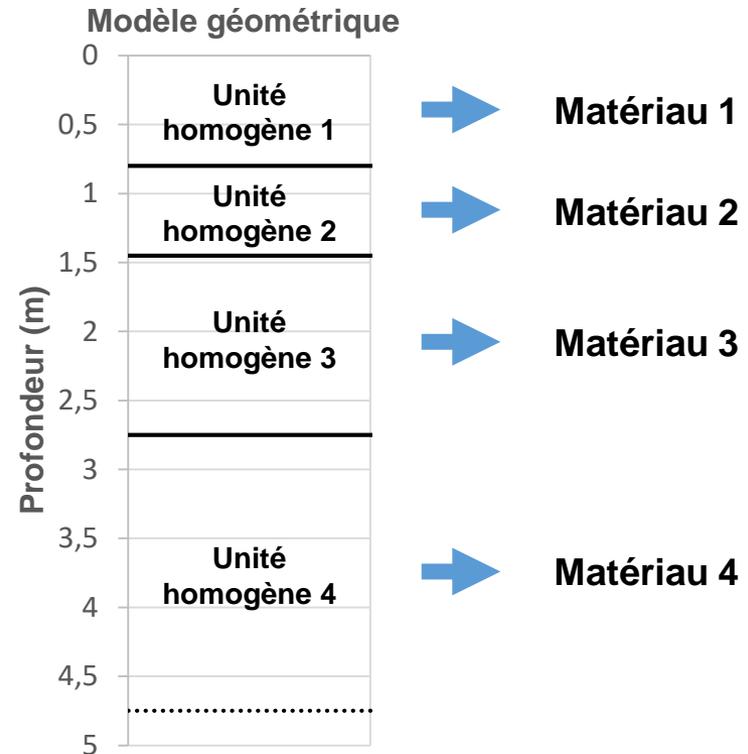
Modèle géométrique



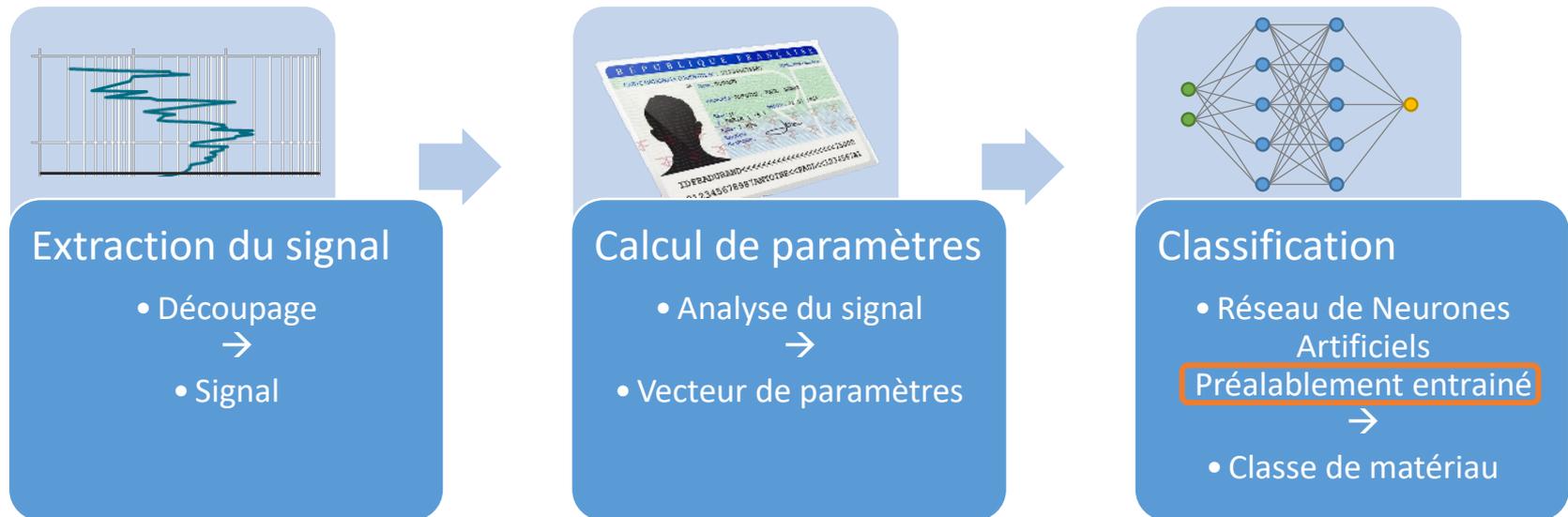
Caractérisation des couches



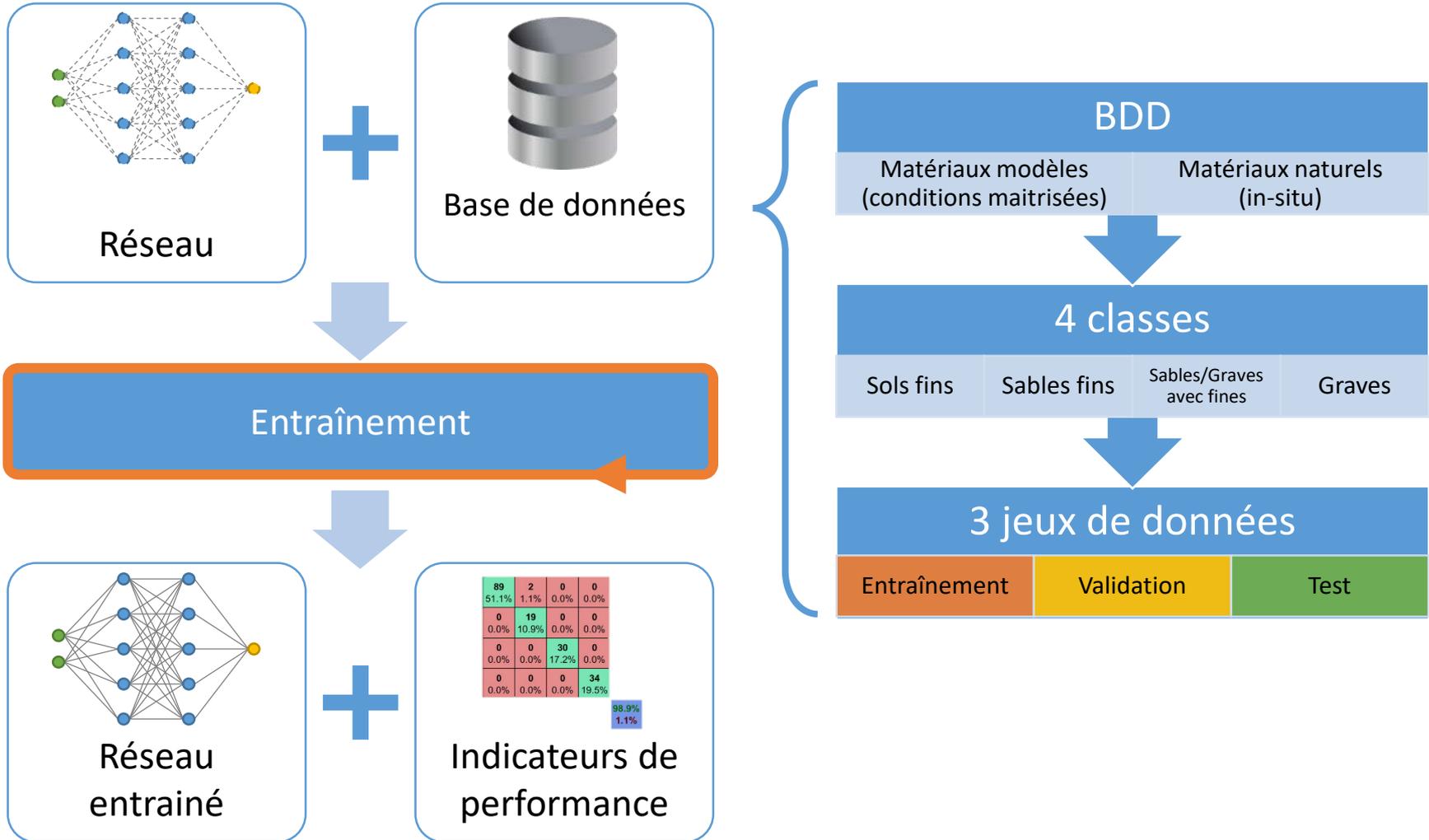
Objectif



Caractérisation des couches : Principe



Caractérisation des couches : Entraînement du réseau



BDD

Matériaux modèles (conditions maîtrisées)		Matériaux naturels (in-situ)	
---	--	------------------------------	--

↓

4 classes

Sols fins	Sables fins	Sables/Graves avec fines	Graves
-----------	-------------	--------------------------	--------

↓

3 jeux de données

Entraînement	Validation	Test
--------------	------------	------

Caractérisation des couches : Entraînement du réseau

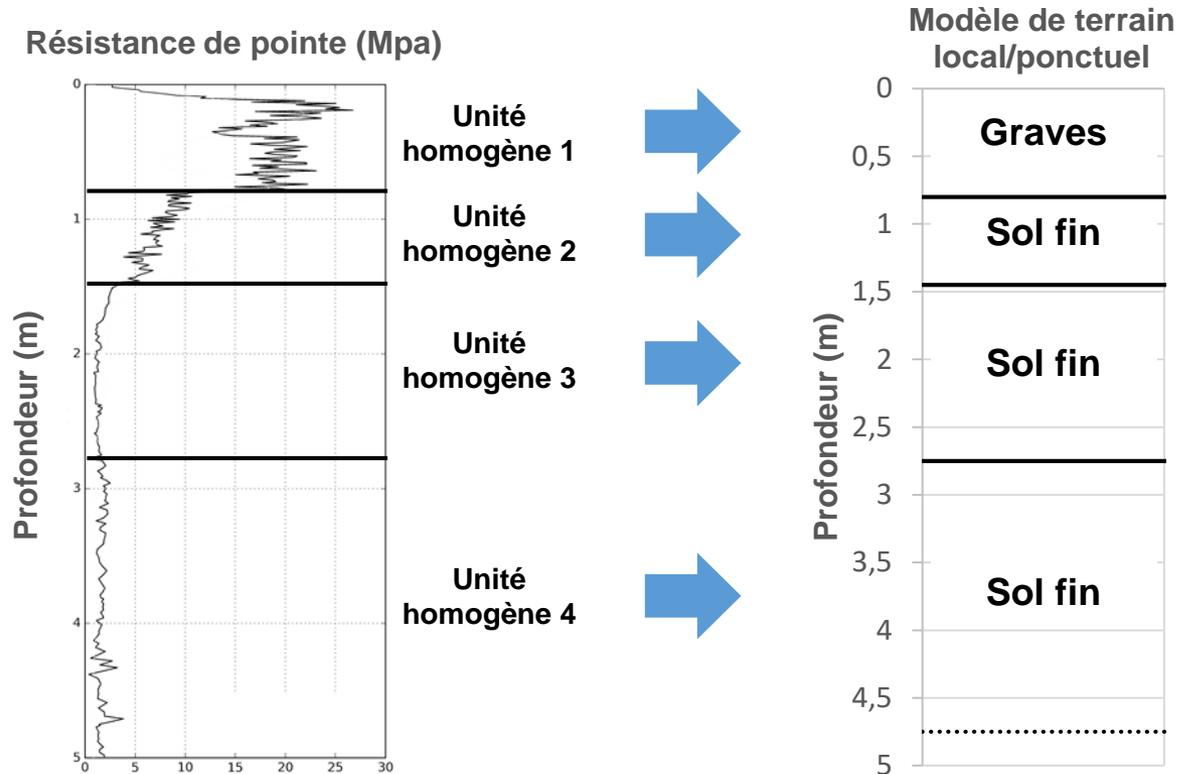
Performance

Classe de sol	Classification correcte
Sol fins	95 %
Sables fins	83 %
Sables/Graves avec fines	50 %
Graves	100 %

- ✓ Bonne performance globale
- Plus de difficultés pour la classe **Sable/Graves avec fines**

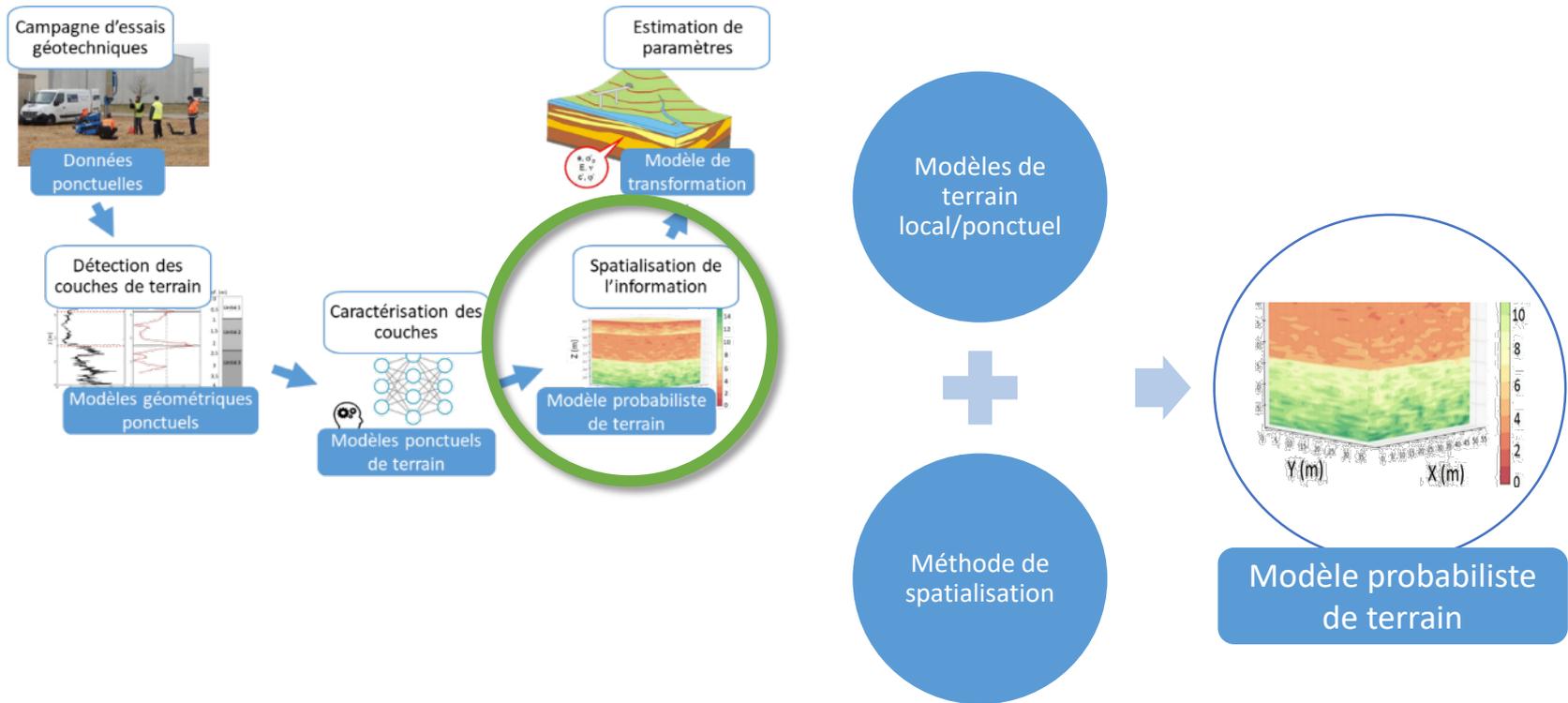
Caractérisation des couches : Étude de cas

- Classification par unité homogène



Spatialisation de l'information

Objectif



Spatialisation de l'information : Principe

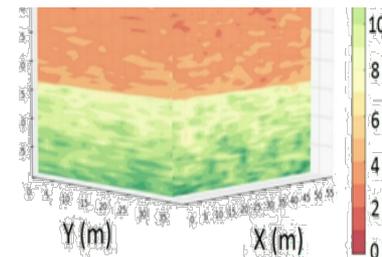
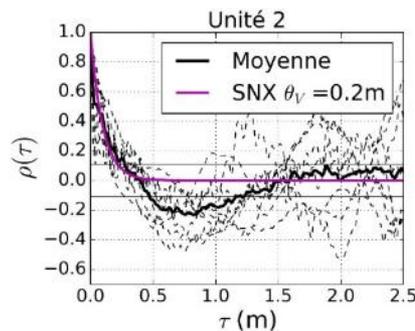
- Utilisation de méthodes de la géostatistique

Estimation de la variabilité
horizontale
+
Étude de la variabilité verticale



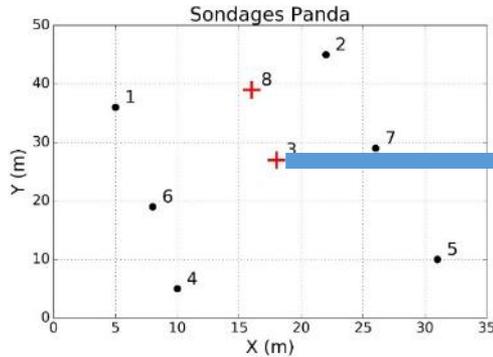
Génération de modèle 3D
probabiliste

- Simulation
- Krigeage simple 3D



Spatialisation de l'information : Étude de cas

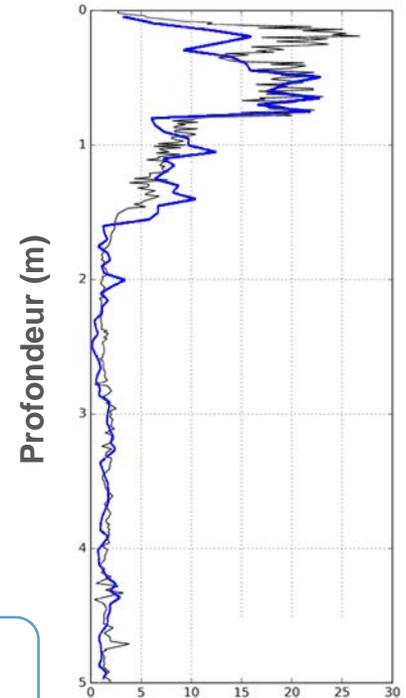
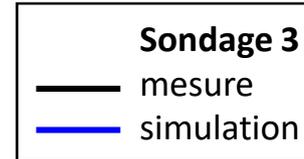
Implantation



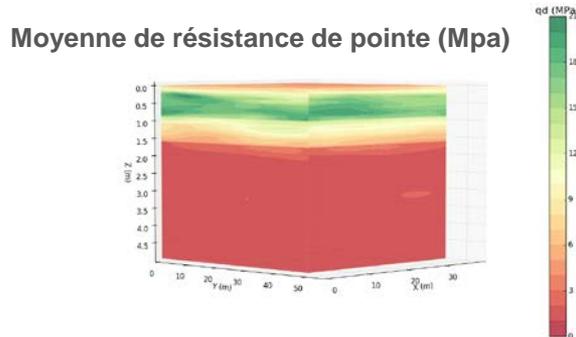
Validation

Prédiction d'un sondage

Résistance de pointe (Mpa)



Modèle probabiliste de terrain 3D



6 sondages suffisent pour proposer des versions plausibles d'un sondage non réalisé

Conclusions

**Machine Learning
&
Big Data
en
Géotechnique**

Nécessité de récolter un grand nombre de données numérisées

Outils d'appui et d'aide à la décision pour l'ingénieur

Perspectives

Intégrer des données geoendoscopiques et Panda3®
(travaux en cours)

Améliorer les méthodes de spatialisation de l'information horizontale
(fusion de données différentes : géophysique, masses de croyance)

Passer au modèle géotechnique de terrain



Journée Scientifique et Technique du CFMS du 29 janvier 2020
« *Machine Learning et Big Data en Géotechnique* »

Le Big Data et le Machine Learning au service de la caractérisation des sols

Pierre BREUL, Université Clermont Auvergne, Institut Pascal

Sébastien BARBIER, Sol Solution

