



cfms

COMITÉ FRANÇAIS DE MÉCANIQUE
DES SOLS ET DE GÉOTECHNIQUE

Gestion des Données et nouvel environnement numérique en Géotechnique

**La standardisation des données géotechniques :
les projets MINnD GT1-5, ATLAS Geotech, IFC Tunnel et
le TC 222 de l'ISSMGE**

MICKAËL BEAUFILS / ALEXIS SERIEYS

15 NOVEMBRE 2022



Sommaire de la présentation

- 1. Contexte**
- 2. La proposition MINnD GT1-5**
- 3. Principes de mise en œuvre pour le BIM**

Les données géotechniques

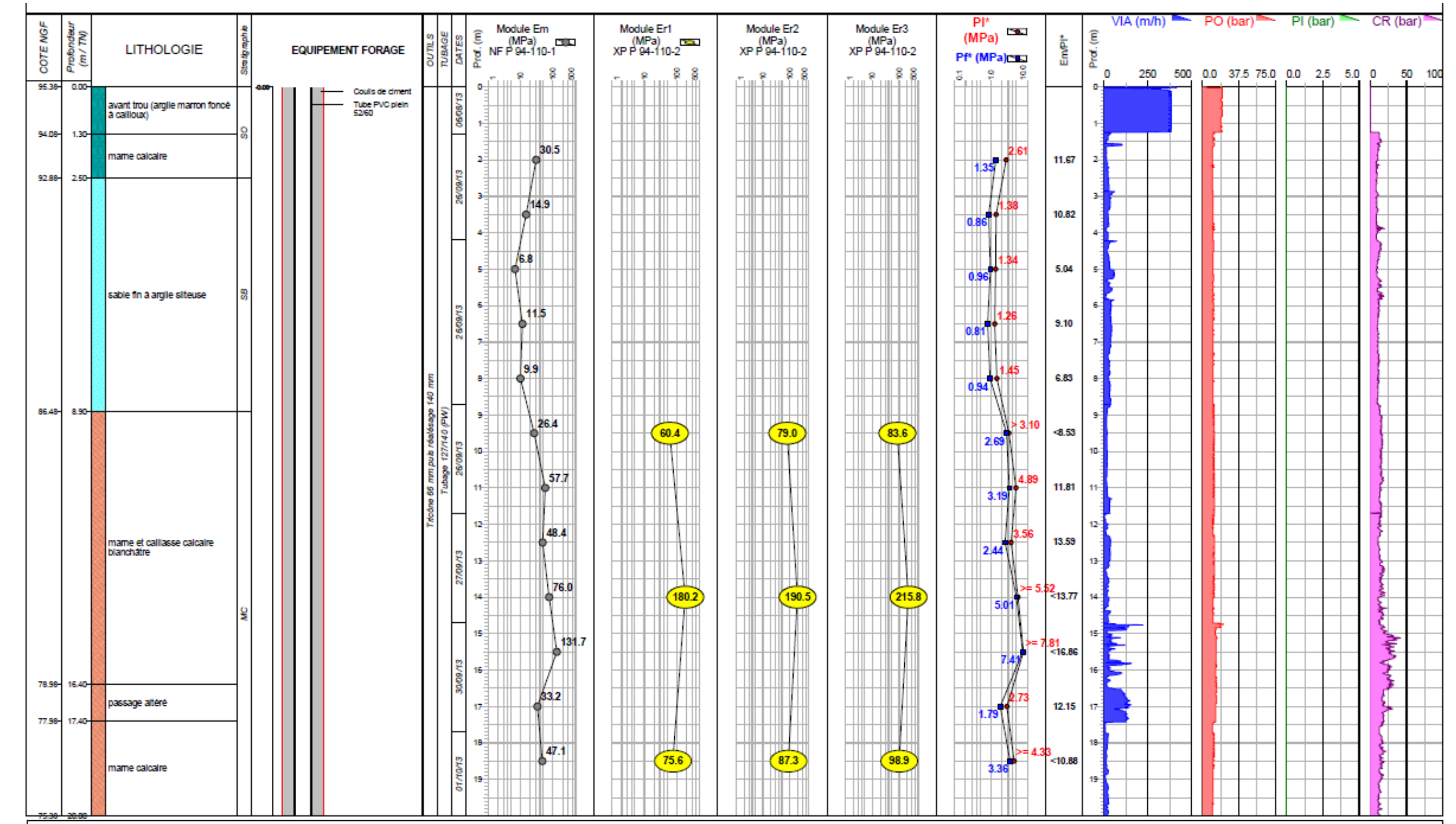
La spécificité des données géotechniques

- Sont « hétéroclites » : log sondages, essais in situ, labo, données brutes, interprétées, issues de l'expérience, de rétrocalculs ...
- Ne sont pas toujours unifiées en termes de vocabulaire, définition, symbole, unité, etc ...
- Sont souvent « associées » à une méthode / procédure de mesure
- Sont rarement numérisées / standardisées (sauf si imposé par le MOA, exemple format AGS) – ex. SONGE
- Ne sont (pour l'instant) pas intégrées aux maquettes BIM
- Sont acquises « au coup par coup », rarement réutilisées d'un projet à un autre

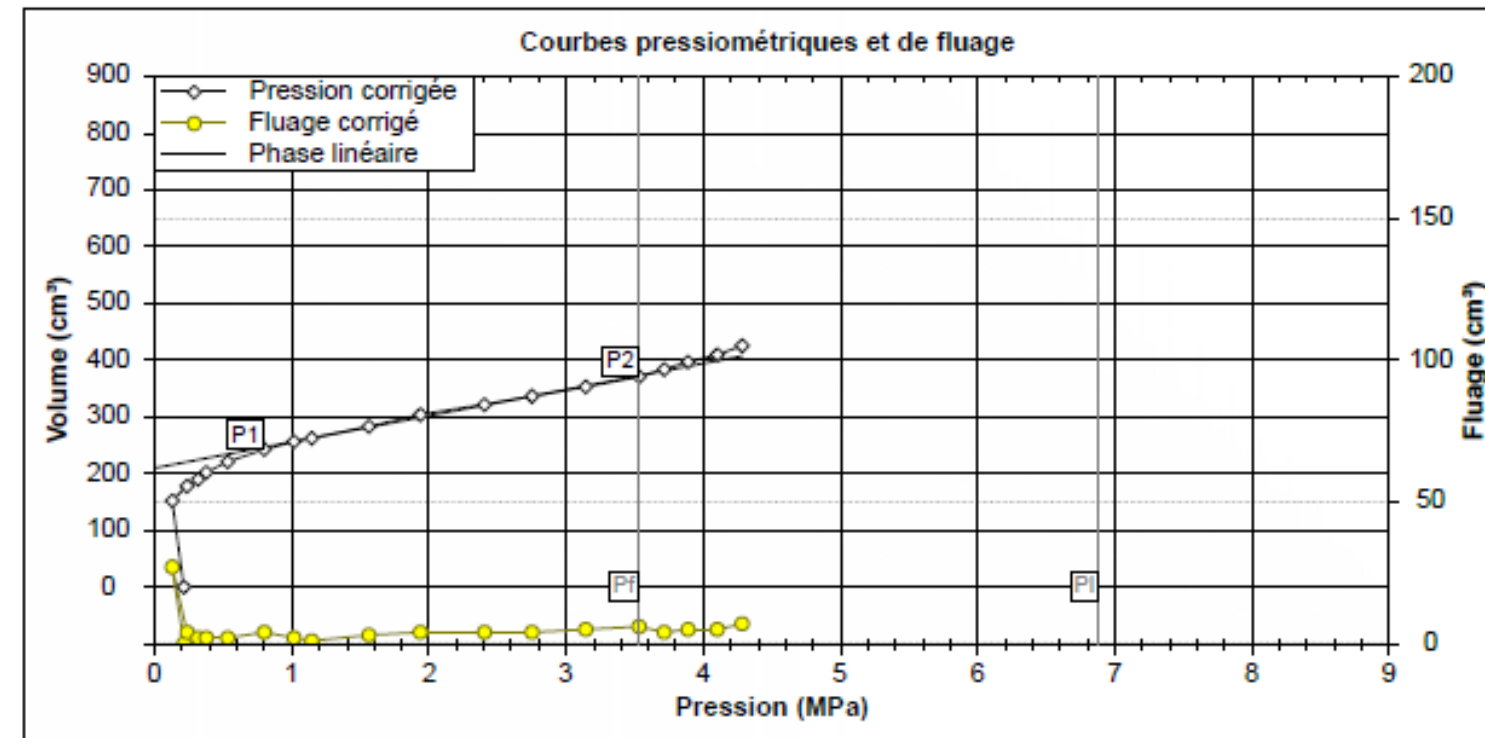
Il n'existe pas de format permettant l'échange avec les logiciels BIM pouvant véhiculer la richesse et la complexité de ces données

En outre, contrairement aux autres données BIM :

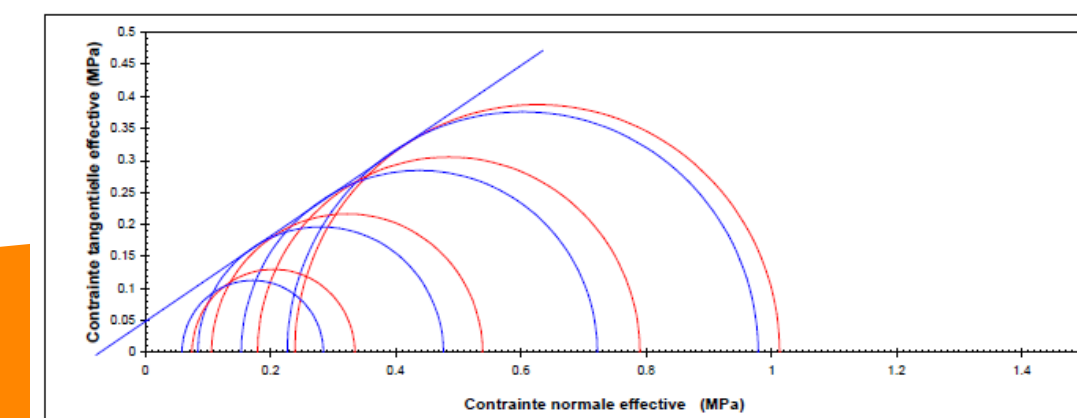
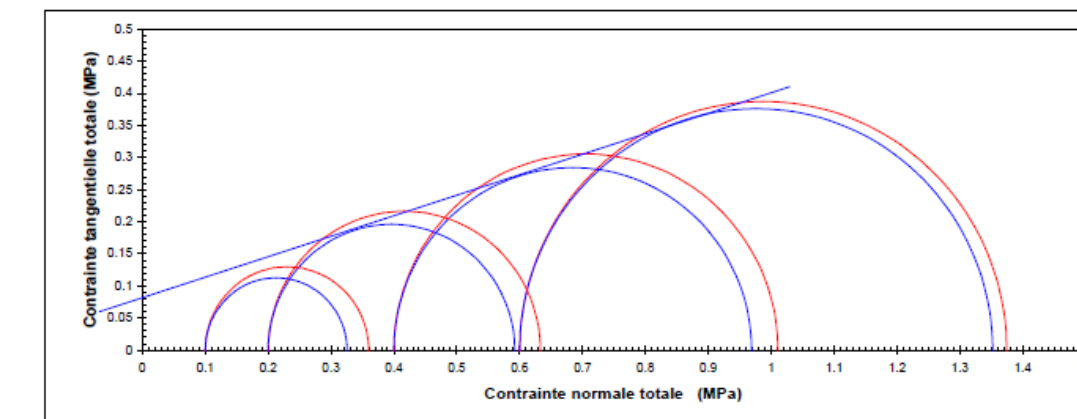
« Les sols naturels ne sont jamais uniformes, et leurs propriétés changent d'un endroit à un autre alors que notre connaissance à propos de leurs propriétés sont limitées à ces quelques points où ont été prélevés les échantillons ». **Karl von Terzaghi**



Em (MPa)	51,249	PI (MPa)	6,886	Pf (MPa)	3,532
Em / PI*	7,758	PIi (MPa)	7,650	ohs (MPa)	0,280
PI* (MPa)	6,606	PIh (MPa)	6,886	P1 (MPa)	0,798
Pf* (MPa)	3,252	PId (MPa)	4,283	P2 (MPa)	3,532



Paramètres initiaux				
	1	2	3	4
U _{cp} (MPa)	0.40	0.40	0.40	0.40
σ _c (MPa)	0.60	0.40	0.20	0.10
Paramètres au critère de rupture (σ ₁ -σ ₃) _{max}				
q-g (MPa)	0.774	0.611	0.433	0.290
ε ₁ (%)	14.4	14.3	14.2	16.0
δU (MPa)	0.358	0.219	0.098	0.027
S ₁ (MPa)	0.626	0.485	0.322	0.205
I (MPa)	0.387	0.305	0.216	0.130
Paramètres au critère de rupture (σ ₁ /σ ₃) _{max}				
q-g (MPa)	0.752	0.589	0.392	0.228
ε ₁ (%)	9.4	8.2	7.2	9.0
δU (MPa)	0.369	0.244	0.120	0.041
S ₁ (MPa)	0.603	0.438	0.280	0.172
I (MPa)	0.376	0.284	0.196	0.113



Une constellation de projets de standardisation



UC8-GT

05/2017 – 12/2018



GT1-5

03/2019 – 12/2021



ATLAS
GEOTECH

11/2021 – 04/2023



IDBE
GEOTECH



02/2022 – 04/2023

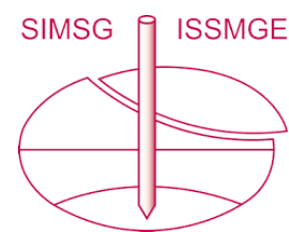


GEOTECH-IE



IFC TUNNEL

03/2019 – 12/2022 ?



TC222

06/2022 – ...



CFMS – 15/11/2022 – La standardisation des données géotechniques : les projets MINnD GT1-5, ATLAS Geotech, IFC Tunnel et le TC 222 de l'ISSMGE

Le groupe de travail MINnD GT1-5

- Environ une vingtaine de personnes, pour la plupart issues du domaine géotechnique (au sens large)
- Réunions de travail sur une base hebdomadaire entre 2019 – 2021
- Livrables : Fichier Pro3 & rapport explicatif

Les intervenants du groupe MINnD GT1-5

- Structures du domaine de la de recherche ou du public



- Maîtres d'ouvrage



- Acteurs du domaine de l'ingénierie géotechnique



GÉOLITHE



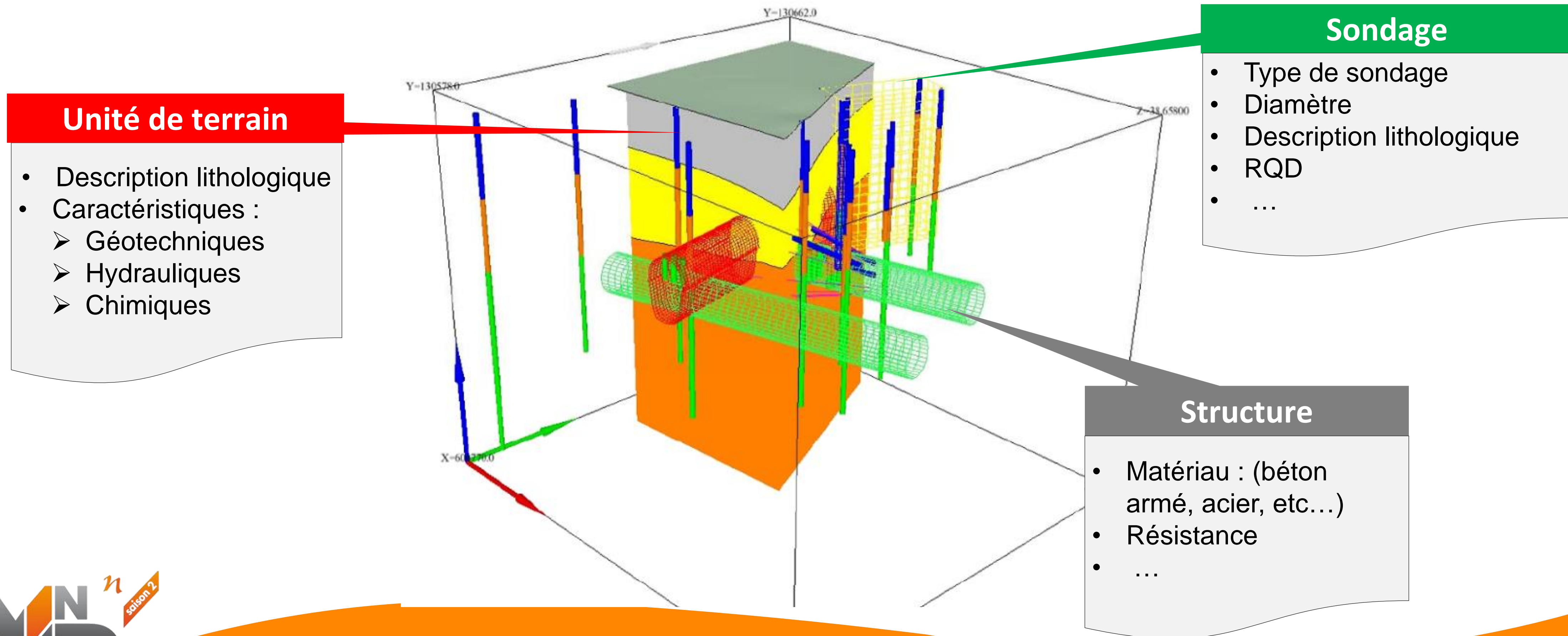
setec

- Entreprises de travaux géotechniques



Principe de la modélisation BIM – Objectifs de standardisation

- ▶ Un modèle BIM décrit un projet de construction de manière exhaustive et tout au long de son cycle de vie
- ▶ Pour ce faire, il s'appuie sur un certain nombre d' « objets » numériques et de caractéristiques associées à des attributs ou propriétés
- ▶ Objectif de la standardisation pour les données géotechniques : identifier (i.e. hiérarchiser, classer) un panel d'objets et de propriétés
 - Cohérents avec la pratique courante de la géotechnique;
 - Suffisamment « exhaustif » pour tenir compte de la grande diversité et complexité des objets géotechniques.



Classification et organisation de l'information géotechnique

Premier ordre : Classification en fonction du « niveau d'interprétation » des objets :



GT32R3 : Caractérisation des incertitudes et des risques géologiques, hydrogéologiques et géotechniques

Cahier A:
Compilation des données factuelles
(Géologiques, géotechniques, hydrogéologiques, avoisinants, environnement, etc...)

Cahier B:
Ensemble des composants du modèle géotechnique,
Sensibilité des avoisinants
Contraintes environnementales

Cahier C:
Ensemble des données de conception des ouvrages géotechniques

Management du risque

3 jeux de données



Organisation des données géotechniques numériques

Cahier A: Données factuelles

- Cartographie géologique de la zone
- Sondages,
- Echantillons de sols ou de fluides
- Zones d'observations
- Suivi d'auscultation
- Zones d'aléa

Cahier B: Modèle interprété

- Unités géologiques
- Unités géotechniques
- Unités Hydrogéologiques
- Vides, cavités
- Sensibilité des constructions existantes

Cahier C:

- Alignement
- Zone type de dimensionnement
- Zone d'influence géotechnique
- ...

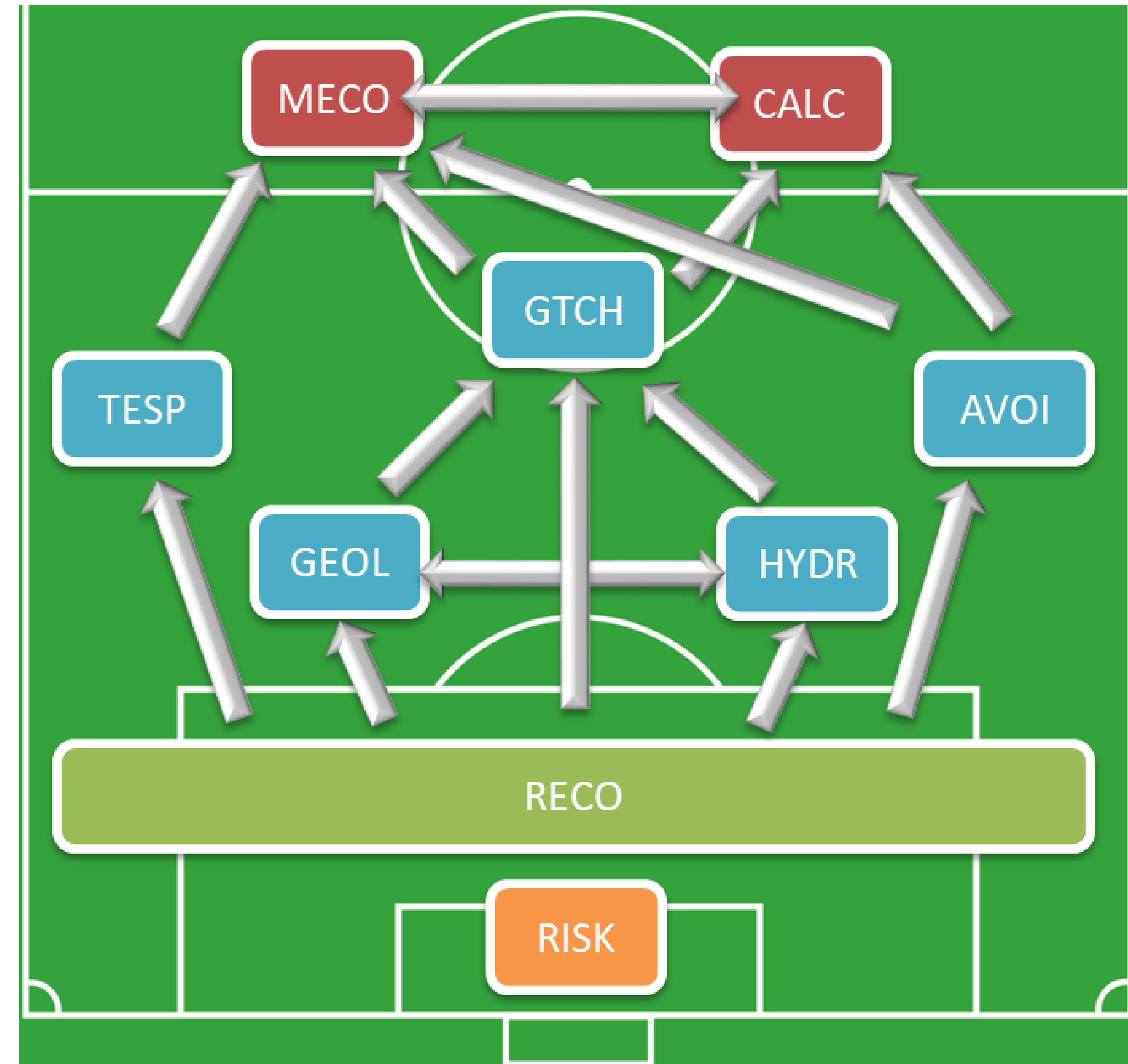
Du Cahier A au Cahier C : un jeu construit

Designation	Id
Structure sizing and definition of the geotechnical influence zone	CALC
Construction methods	MECO
Geological modeling	GEOL
Hydrogeological modeling	HYDR
Geotechnical modeling	GTCH
Anthropic environment modeling	AVOI
Excavations and Site Pollution modeling	TESP
Observations and Measurements	RECO
Risk and uncertainty assessment	RISK

Book C:
Draft
Conception Plan
(including RISK)

Book B:
Environment
Modeling
(including
uncertainties)

Book A:
Factual data
collection



Proposition MInND GT1-5 : Principaux objets définis

Cahier B & C: Objets interprétés et modélisés

Cahier A: Supports d'observation

Borehole

OGC GeoSciML

Specimen

OGC O&M / ISO 19156

Sensor

INSPIRE
Env. Monitoring Feature

Observed point

Observed zone

GeologicUnit

OGC GeoSciML

HydrogeologicUnit

OGC GroundWaterML2

**Geotechnical Unit
Continuum
« Soil like »**

AFTES

HazardArea

INSPIRE NaturalRiskZones

**TypicalSection
(not necessarily tunnel)**

**ShearDisplacement
Structure**

OGC GeoSciML

FluidBody

OGC GroundWaterML2

**Geotechnical Unit
« Rock mass »**
- *Matrix*
- *DiscontinuitySet*
- *Equivalent*

AFTES

Existing construction

LandInfra / ISO 6707

Alignment

LandInfra / IFC

Fold

OGC GeoSciML

Contact

OGC GeoSciML

FluidBodySurface

OGC GroundWaterML2

Discontinuity

AFTES

Void

OGC GroundWaterML2

Avoisinants – Éléments exposés

Natural Objects

Several data models

**Geotechnical
Influence Zone**

NF P 94-500

**Modèle
géologique**

**Modèle
hydrogéologique**

**Modèle
géotechnique**

Description de l'Unité Géotechnique

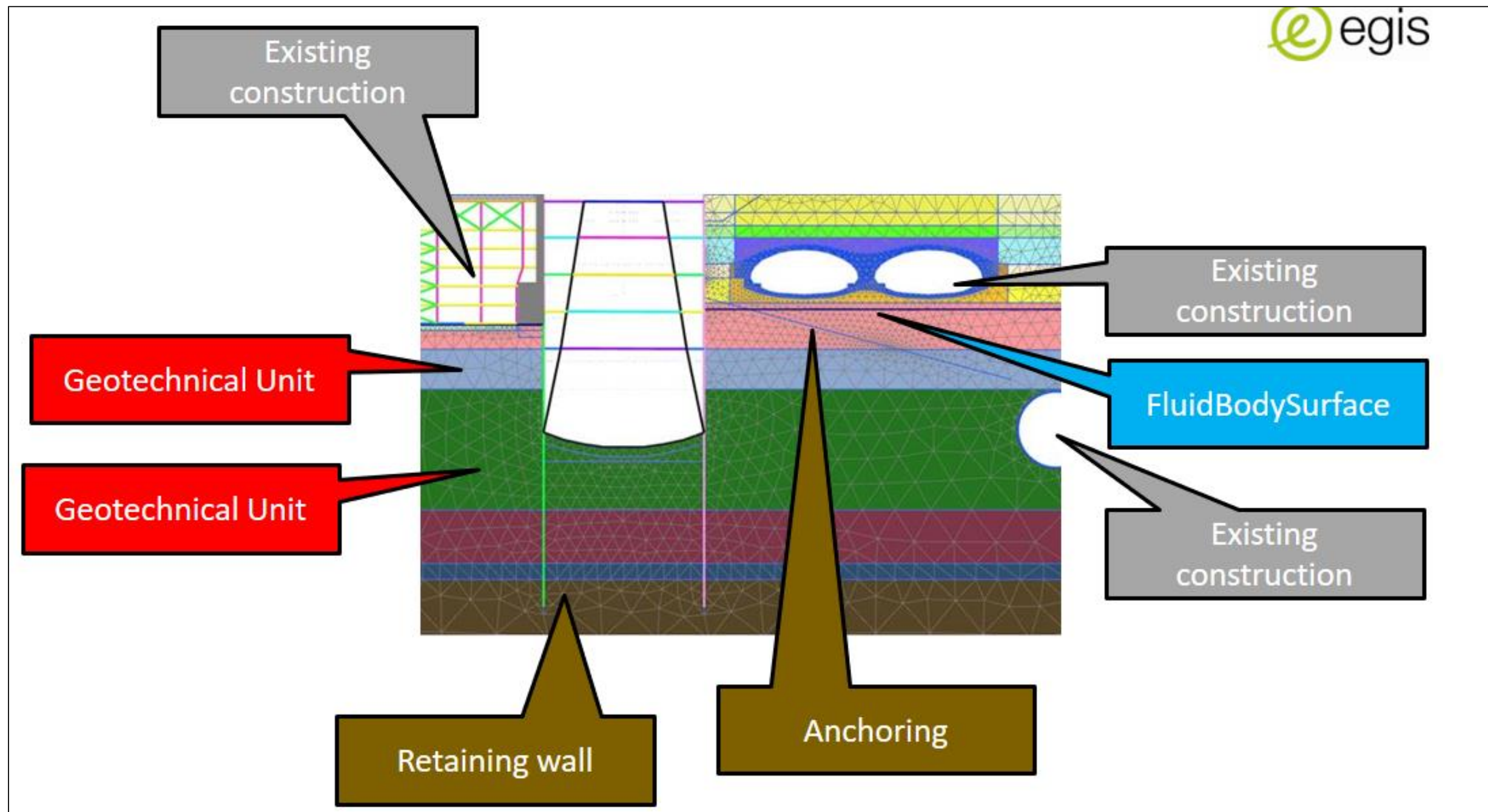
Définition de l'unité géotechnique

➤ Volume ou surface avec unicité de comportement mécanique : Même modèle physique, et paramètres identiques.

Trois grands sous-types d'unité, issus de la pratique – (notamment AFTES GT30R1F1)

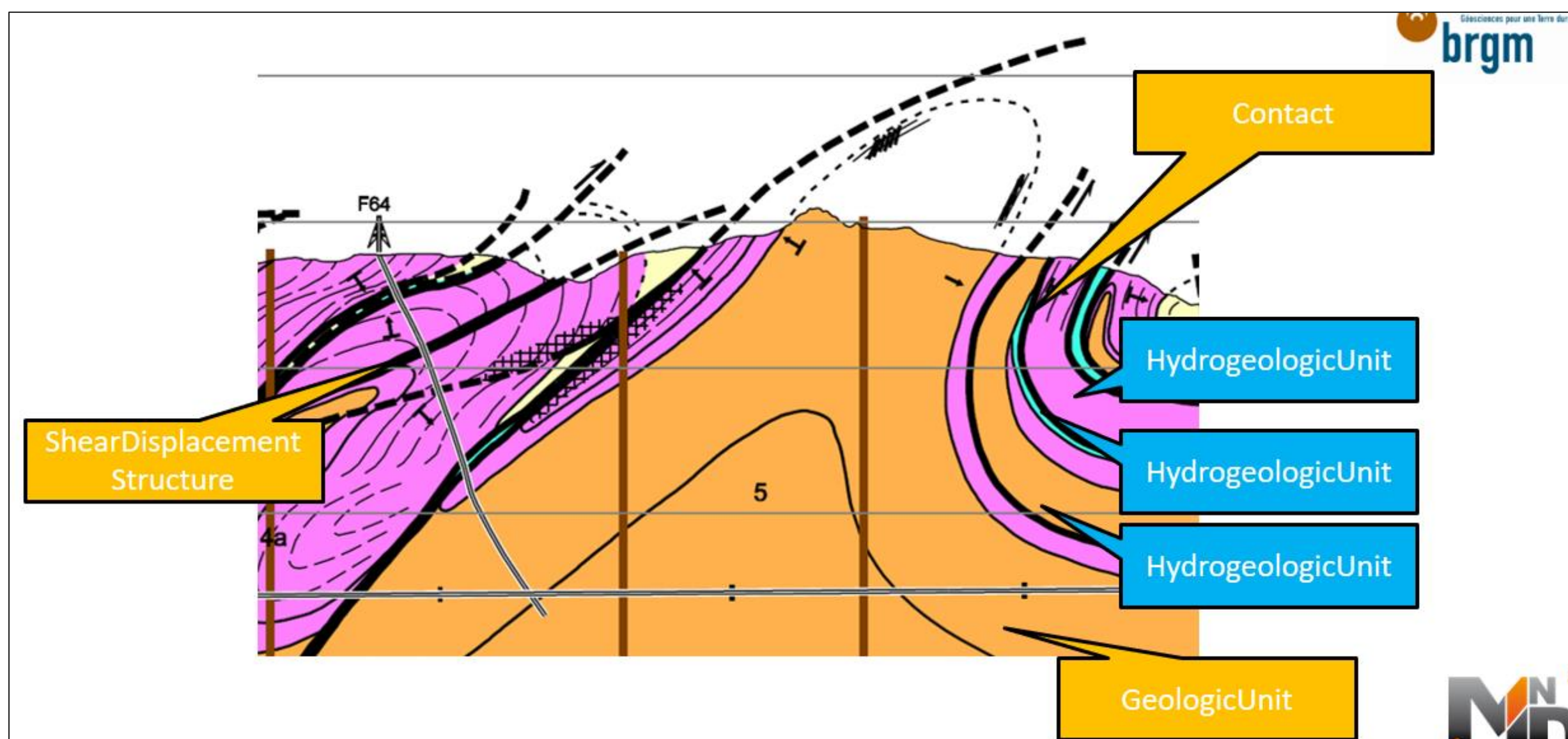
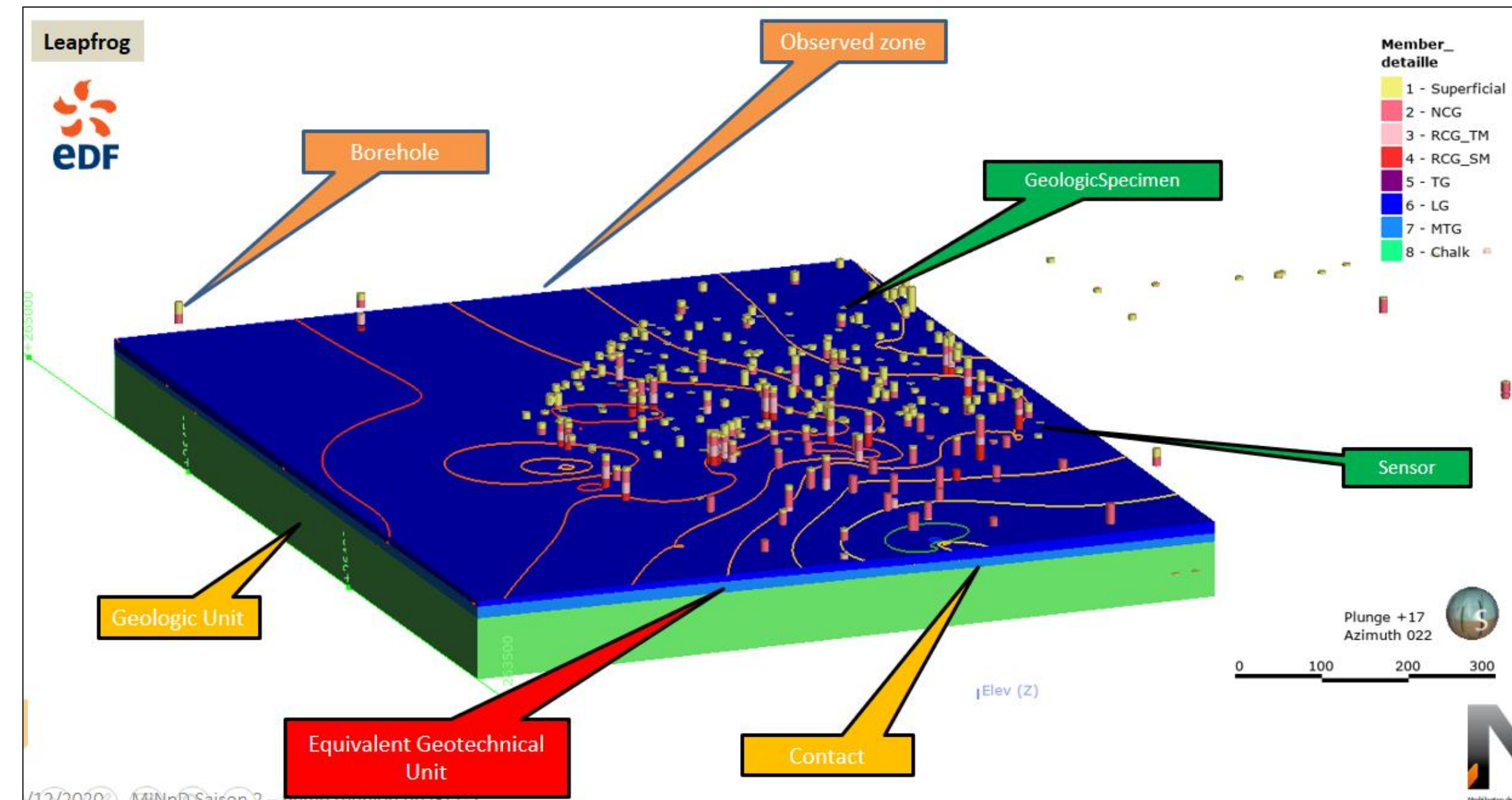
Geotechnical Unit <i>Continuum</i> « <i>Soil like</i> »	Geotechnical Unit « <i>Rock mass</i> »			Discontinuity
<ul style="list-style-type: none">➤ Modélisation à partir de la mécanique des milieux continus.➤ Sols, matériaux intermédiaires entre sols et roches	<ul style="list-style-type: none">➤ Terrains composés d'une matrice découpée par un réseau de discontinuités = massif rocheux au sens de l'AFTES➤ Comportement dépendant de l'échelle étudiée : sous certaines conditions, possibilité de modéliser un milieu continu équivalent			<ul style="list-style-type: none">➤ Unité surfacique➤ Position spatiale et géométrie supposée connues➤ (Surface de glissement, etc...)
1 jeu de propriétés :	3 jeux de propriétés :			1 jeu de propriétés :
<ul style="list-style-type: none">• Paramètres d'identification : granulométrie, teneur en eau, limites d'Atterberg, valeur au bleu, densité, etc...• Propriétés mécaniques continues : c, φ, E, ν, C_c, C_g• Autres ...	Propriétés de la matrice : <ul style="list-style-type: none">• Lithologie• Propriétés mécaniques : R_c, E,• Etc...	Propriétés du réseau de discontinuité : <ul style="list-style-type: none">• Répartition en familles• Orientation (direction pendage, etc...)• Espacement, persistance, ouverture• Propriétés mécaniques• Etc	Propriétés du massif : <ul style="list-style-type: none">• Indices de classification : RMR, Q-Barton, GSI, ...• Propriétés mécaniques du massif (cas continu équivalent)• Etc...	Propriétés de la discontinuité <ul style="list-style-type: none">• Géométrie, orientation• Ouverture, remplissage• Propriétés mécaniques :<ul style="list-style-type: none">• Rés. au cisaillement c, φ• Autres...

Quelques exemples ...



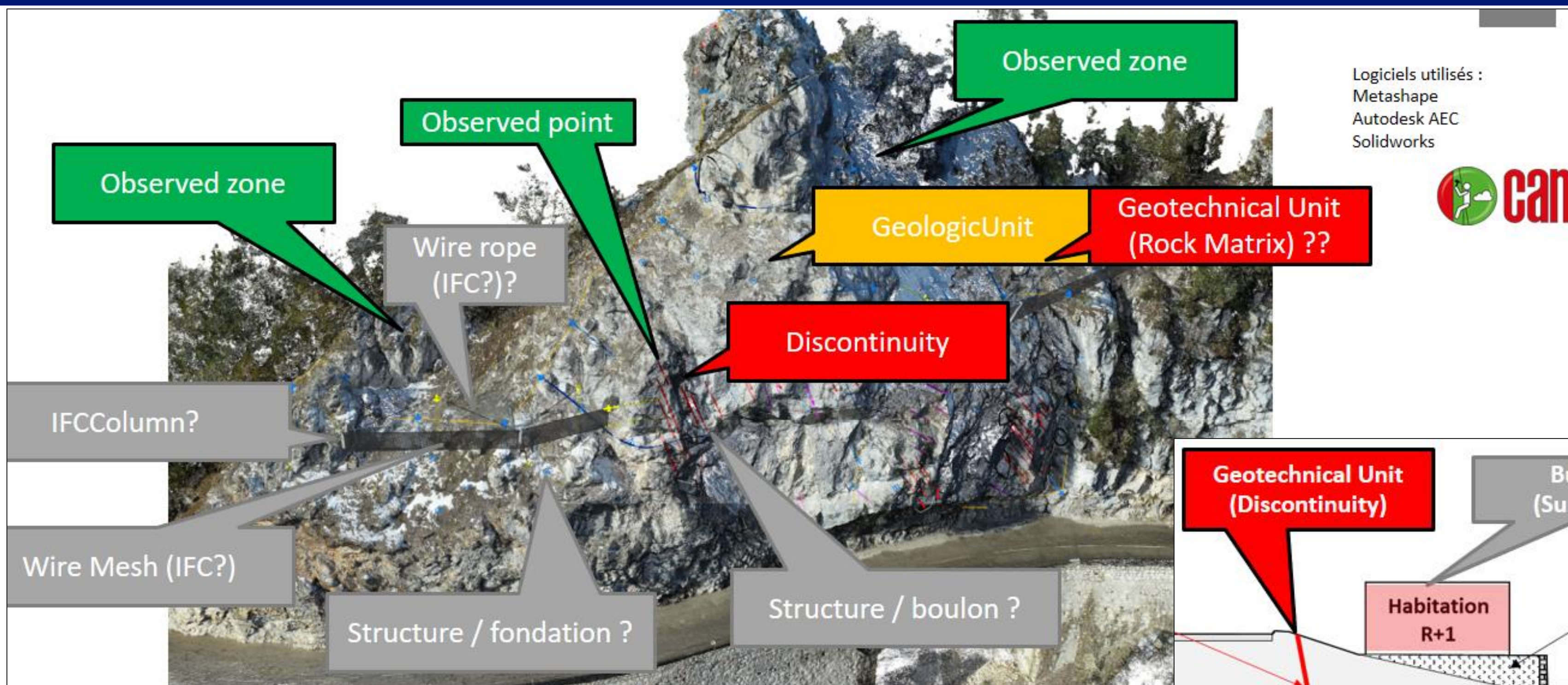
Modèle 2D pour calcul aux éléments finis

Modèle 3D géologique incluant les sondages



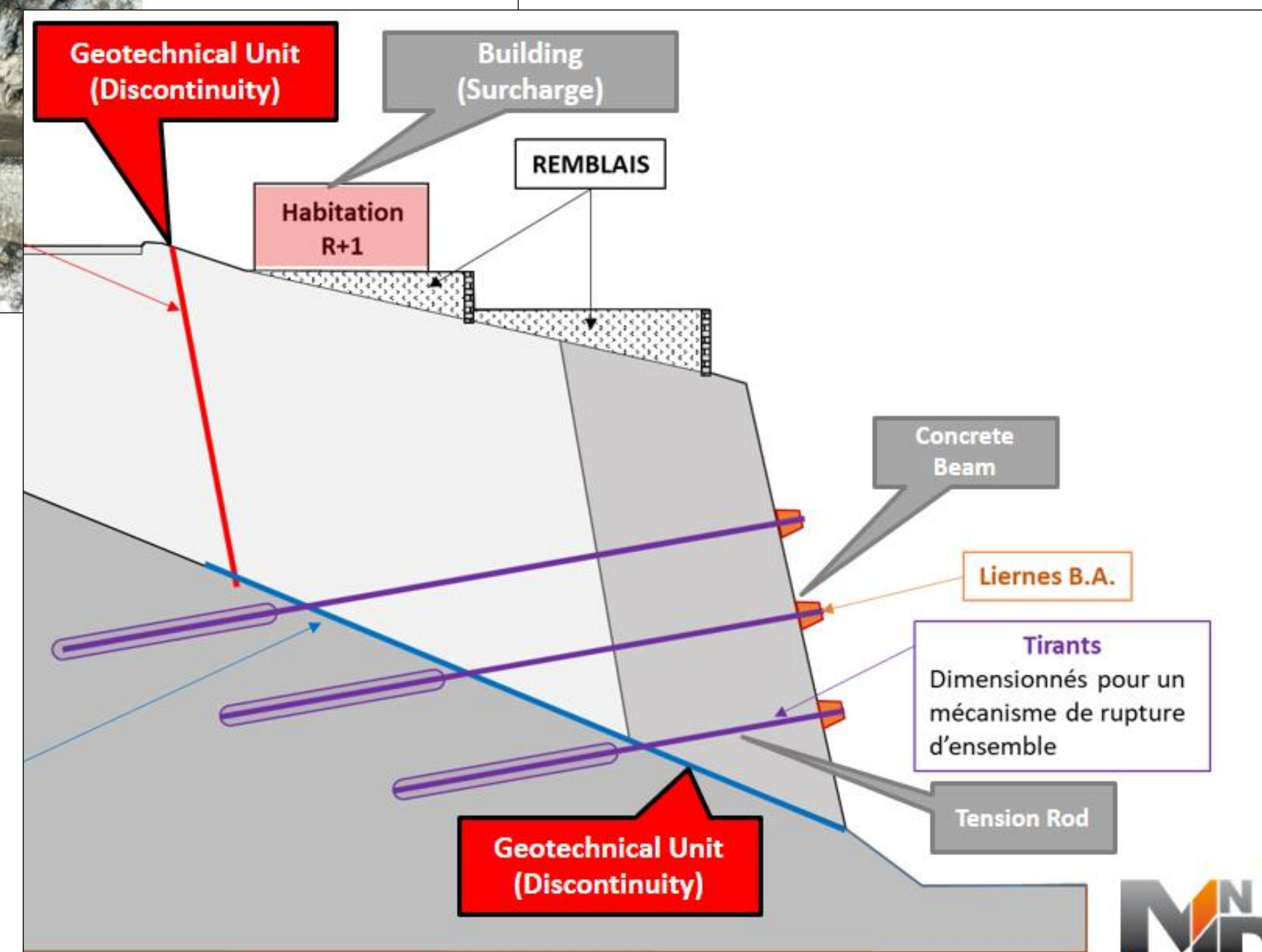
Modèle 2D géologique / hydrogéologique

Quelques exemples ...



Rendu 3D pour stabilisation de falaise, incluant les ouvrages de confortement

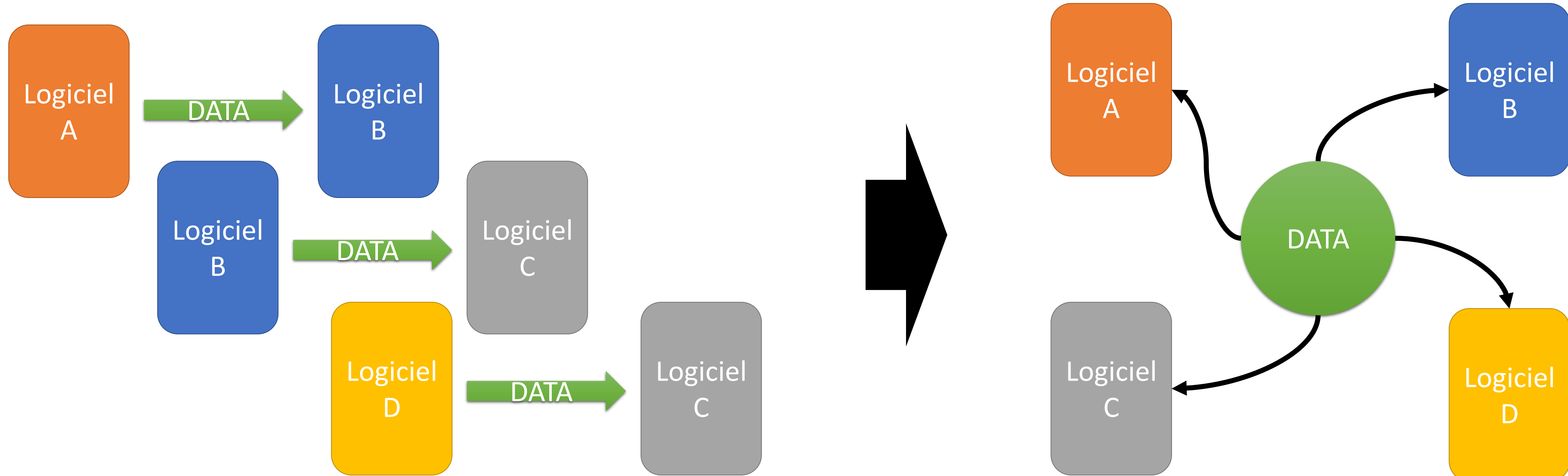
Modèle de calcul 2D pour stabilisation de falaise, incluant les ouvrages de confortement



Principe de mise en œuvre pour le BIM : Application des principes FAIR



Les données doit être : Faciles à trouver, Accessibles, Interopérables et Réutilisables



Le partage des données géotechniques

Fichier Excel Pro 3 (un des livrables MInND GT 1-5) :

- Liste la plus « exhaustive » possible des propriétés géotechniques / géomécaniques et autres.
- Pour chaque propriété : définition en anglais et français, unité, symboles, liens avec les objet définis

Propriétés					Définition française	Source définition	English denomination
Niv 1	Niv 2	Niv 3	Niv 4	Niv 5			
Propriétés mécaniques (spécifiques) aux massifs rocheux - Mesures en laboratoire							Mechanical properties of rock measured in the lab
	matrice rocheuse (roche intacte)						Rock matrix (intact rock)
		Résistance à la compression simple				NF P94-420	Unconfined compressive strength
1/3			Valeur		Rapport entre la force appliquée lors de la rupture de l'éprouvette cylindrique et l'aire de la section transversale déterminée avant essai	NF P94-420	Value
1/3			Classe résistance				UCS class
		Déformabilité					deformability
1/3			Module d'Young		Quotient de la variation de la contrainte axiale $\Delta\sigma_1$ par la variation de la déformation correspondante dans la même direction	NF P94-425	Young modulus
1/3			Coefficient de Poisson		Rapport entre la déformation dans le plan perpendiculaire à la direction de la contrainte de compression et la déformation dans la direction de cette contrainte	NF P94-425	Poisson's ratio
		Résistance à la traction					tensile strength
1/3			Essai Brésilien		Eprouvette cylindrique de roches, comprimée selon deux génératrices diamétralement opposées. Cette éprouvette est placée entre deux plateaux de manière à ce que les deux génératrices soient en contacts avec les deux plateaux. Une force croissante est appliquée suivant le plan défini par les deux génératrices jusqu'à rupture de l'éprouvette	NF P94-422	Tensile strength (Brazilian test)
1/3			Essai Franklin		Echantillon de roches placé entre deux pointes tronconiques. Une force croissante de compression est appliquée à l'échantillon jusqu'à sa rupture. Selon la forme de l'échantillon, la forme de la rupture valide on non l'essai	XP P94-429	Point load test (Franklin test)

Réutilisabilité des données : traçabilité

Objectif :

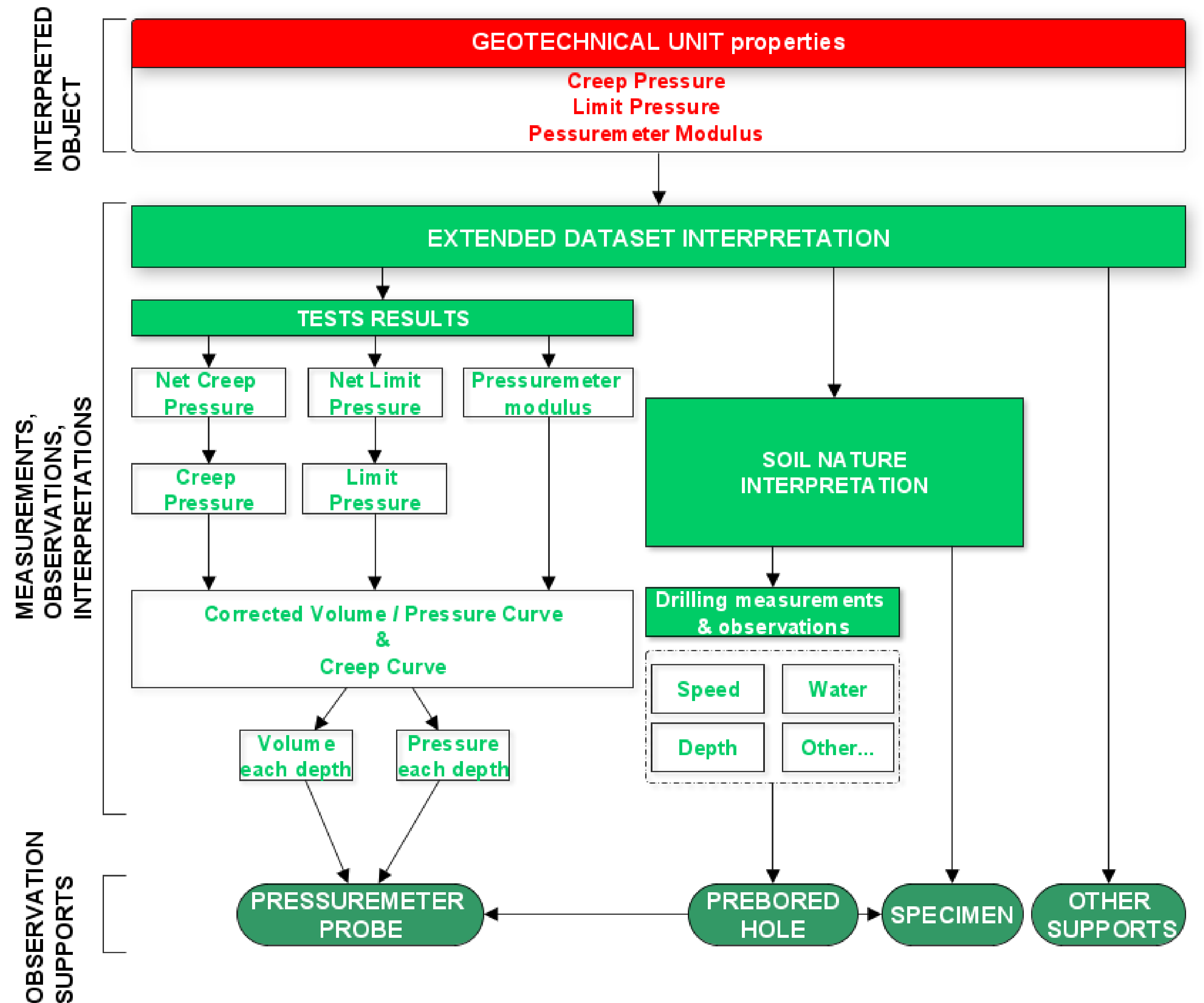
- Exprimer la provenance de la donnée

Solution proposée :

- « Données liées / Linked data »

Prérequis :

- Décomposition du processus en une chaîne d'étapes
- Avoir le résultat de chaque étape



Réutilisabilité des données : gestions des incertitudes

► Cahier B :

- Recueil de données statistiques pour chaque propriété géotechnique : min, max, moy. Médiane, écart-type, valeur caractéristique au sens de l'EC7

► Cahier C :

- En complément, recueil de l'incertitude géométrique au sens de l'AFTES GT32R2A2

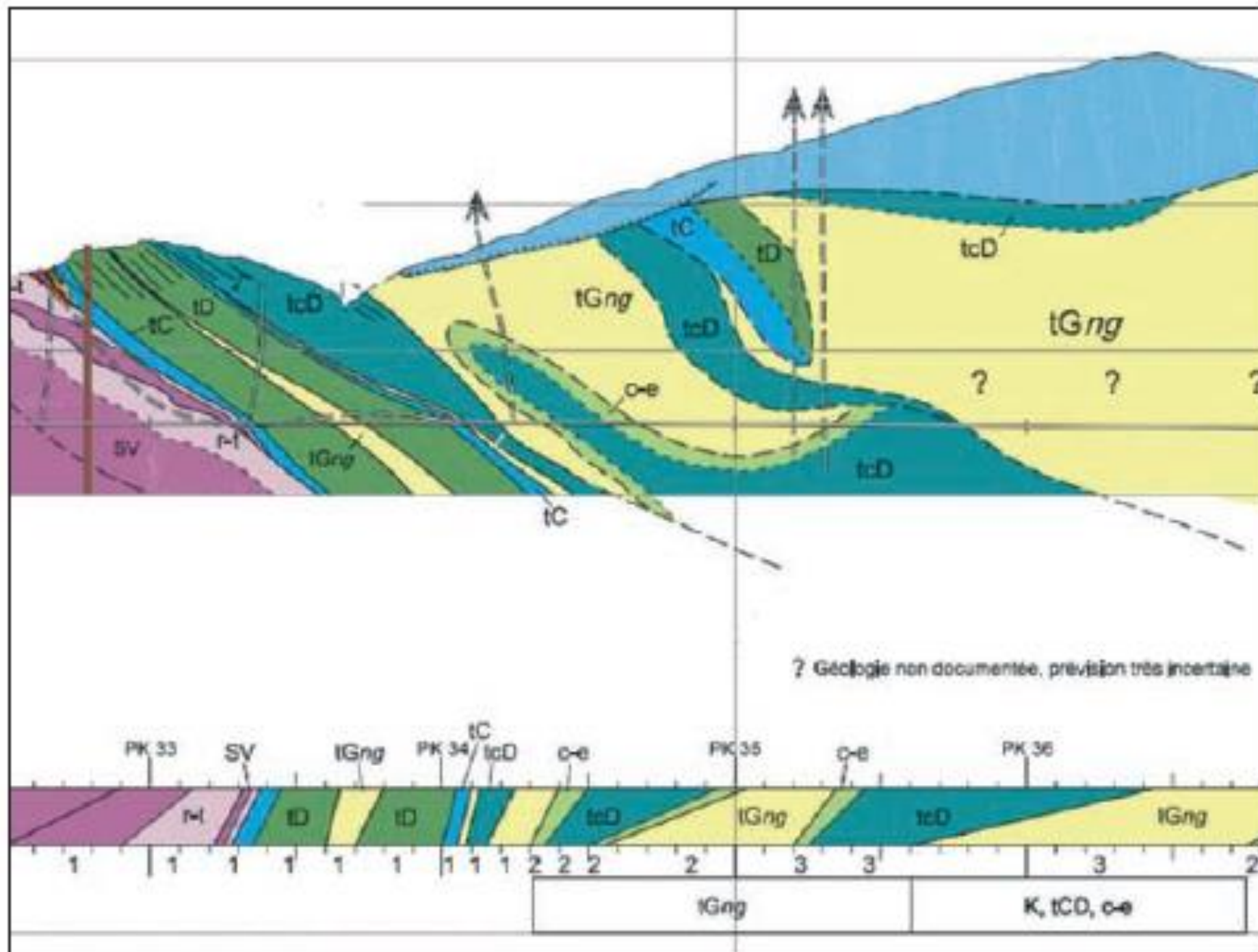


Figure 8 - Example of provisional geological longitudinal profile showing uncertainty using oblique lines.

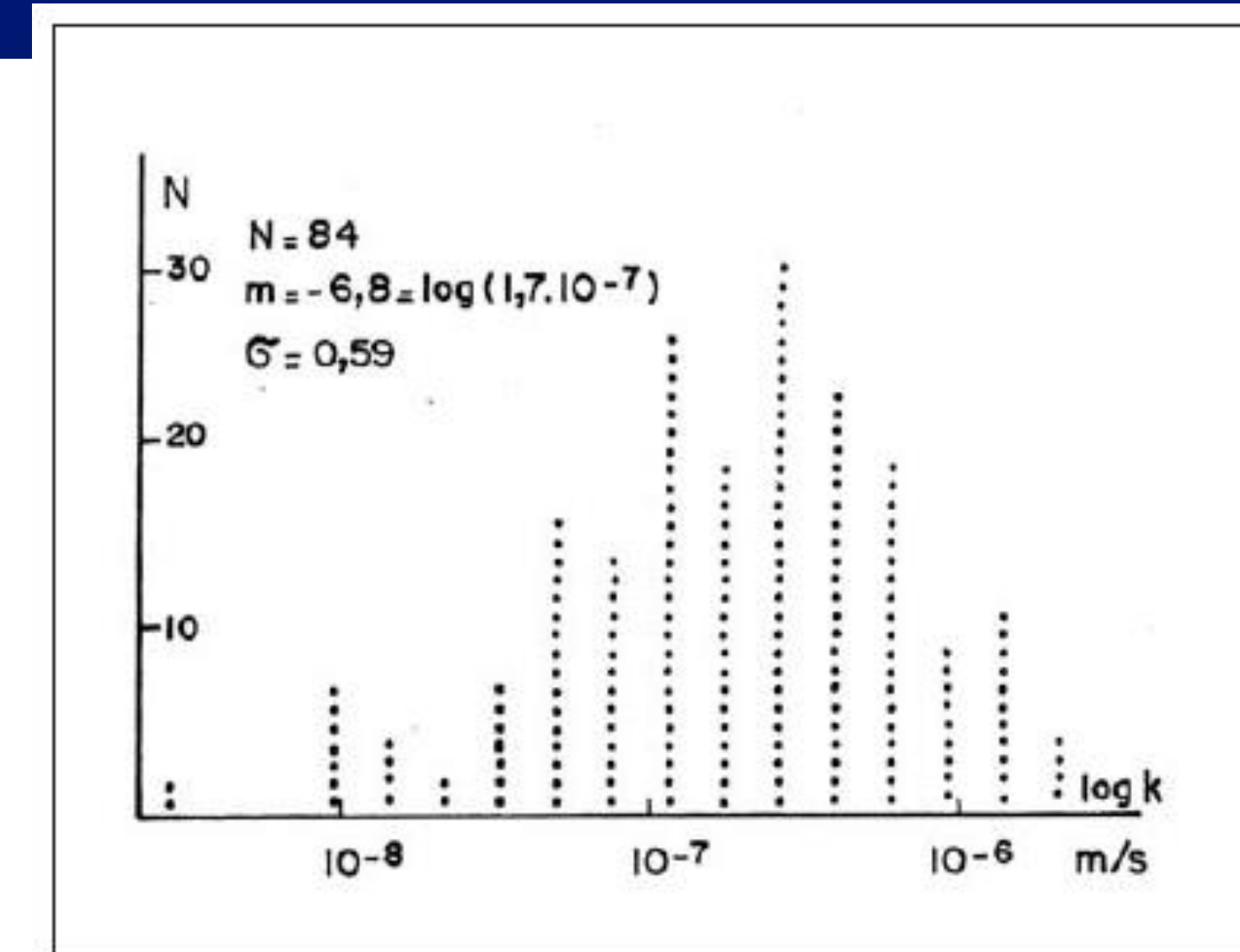


Fig 9 bis - Statistical distribution of permeability values measured in boreholes in the Cenomanian blue chalk (Channel tunnel).

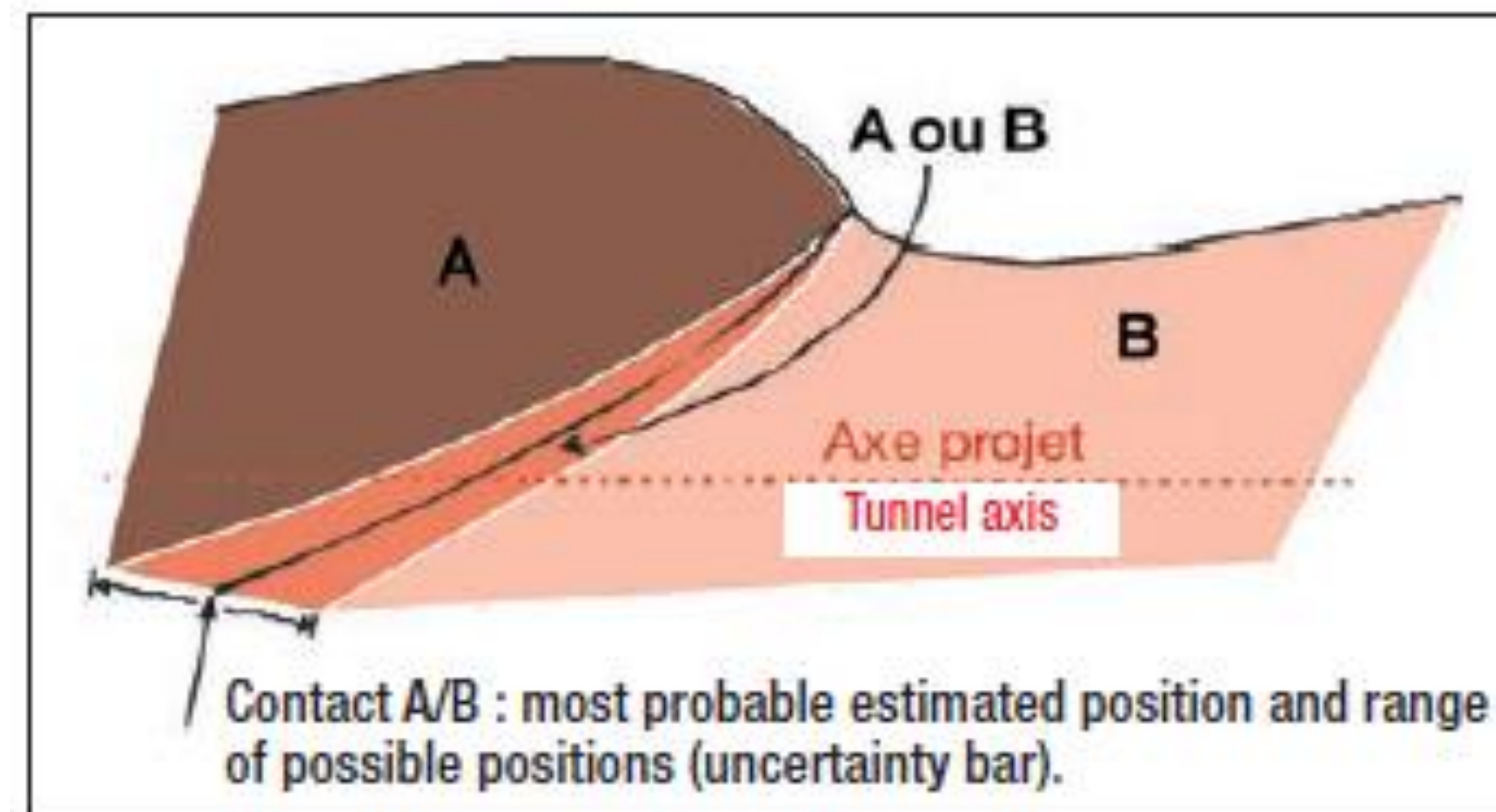
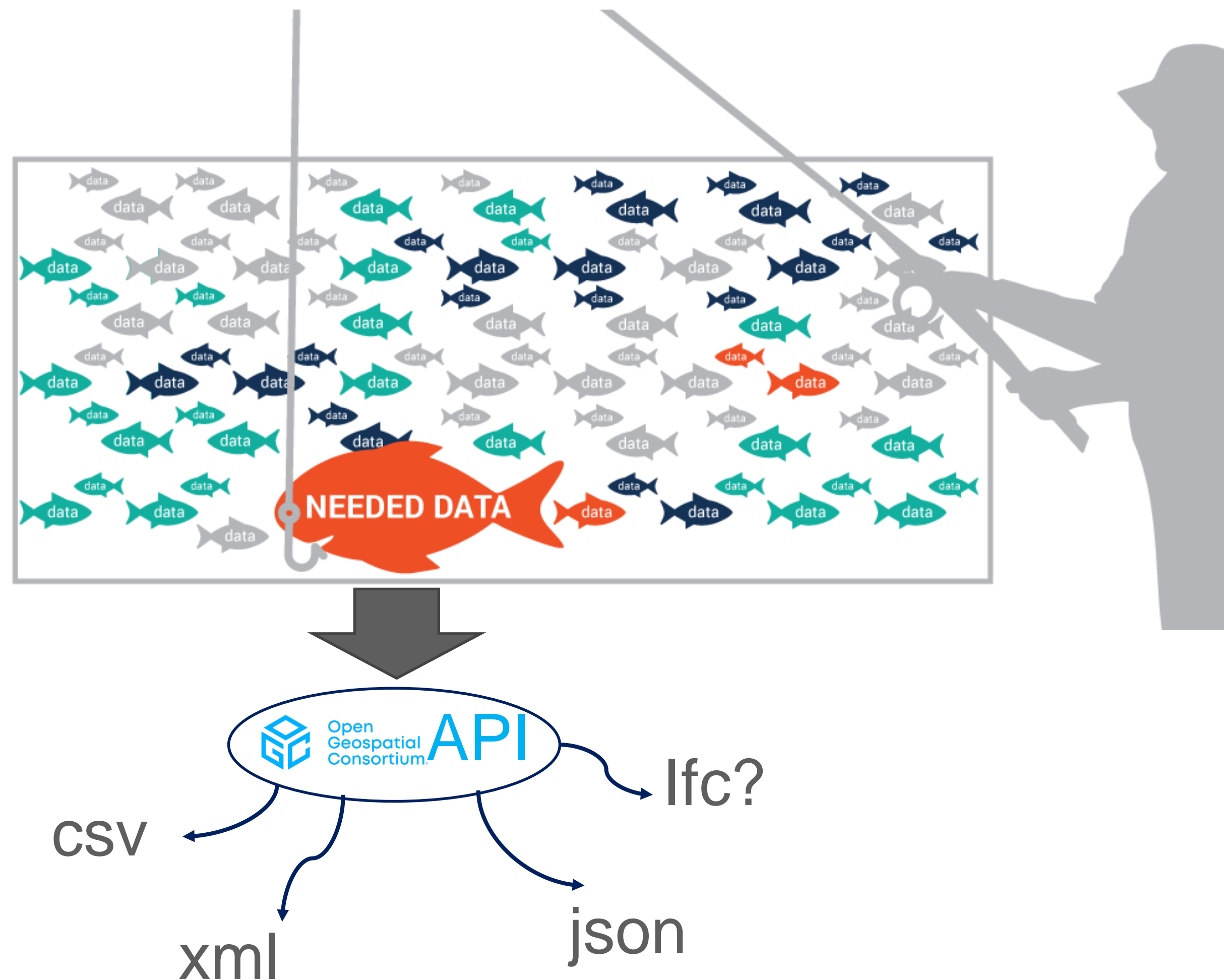


Figure 5 - Representation 1: geological longitudinal profile with uncertainty range for a contact location.

Réutilisabilité des données : données faciles à trouver et accessibles



Objectifs :

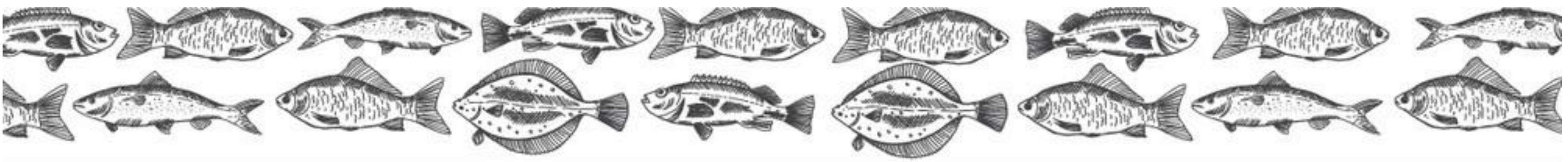
- Pouvoir trouver des données existantes
- Pouvoir obtenir/télécharger ces données

Besoins :

- Meta-description de la donnée (métadonnée)
- Formats de données appropriés aux usages
- Des données partagées !

Solution proposée :

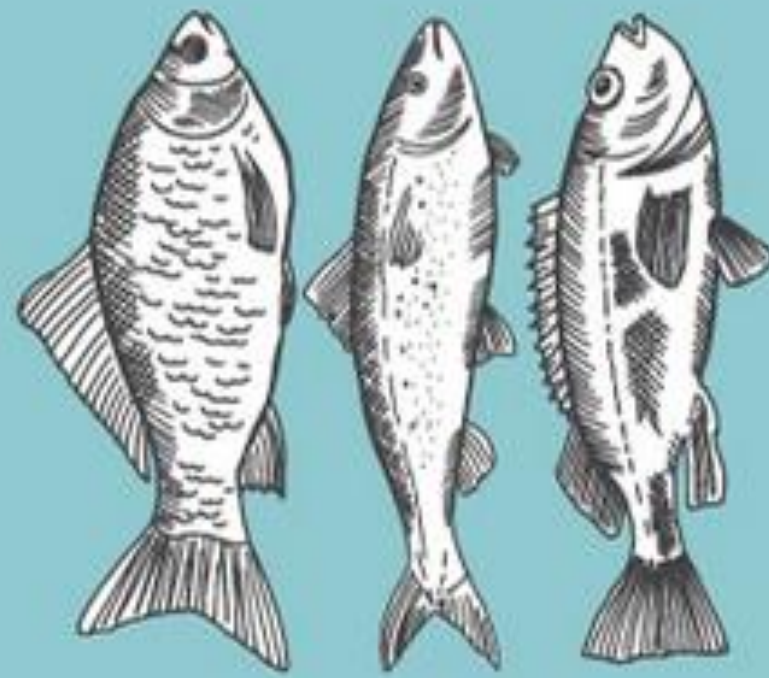
- Découverte des données : Catalogues et fonctionnalités de recherche
- Accessibilité des données : OGC APIs



A fisherman's dream...

Différentes recettes de données géotechniques

**Au BON
API tit**
by Open Geospatial Consortium



BEST IN TOWN

À la



- xml
- json
- json-LD

À la



- xml
- json

À la

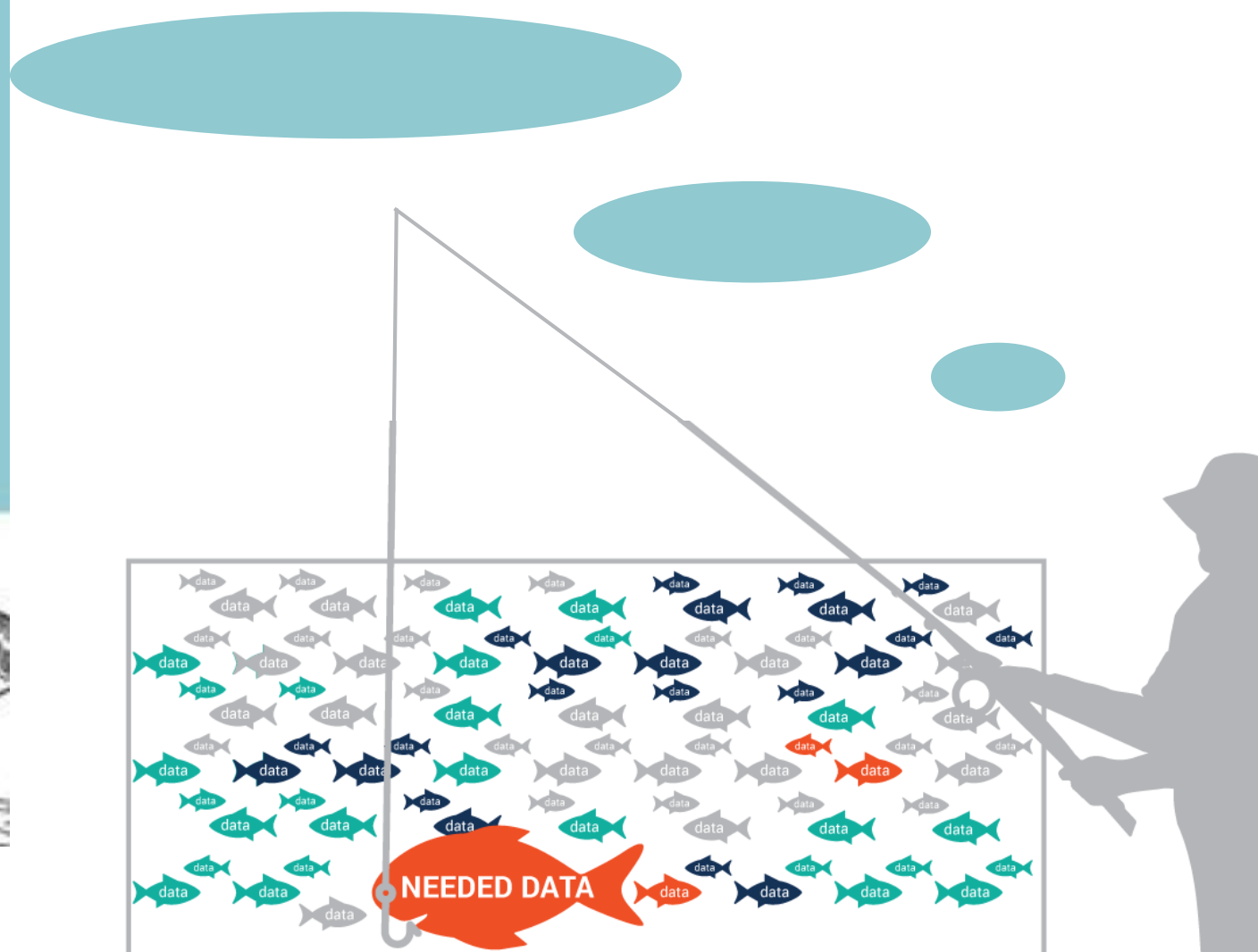


- csv
- json

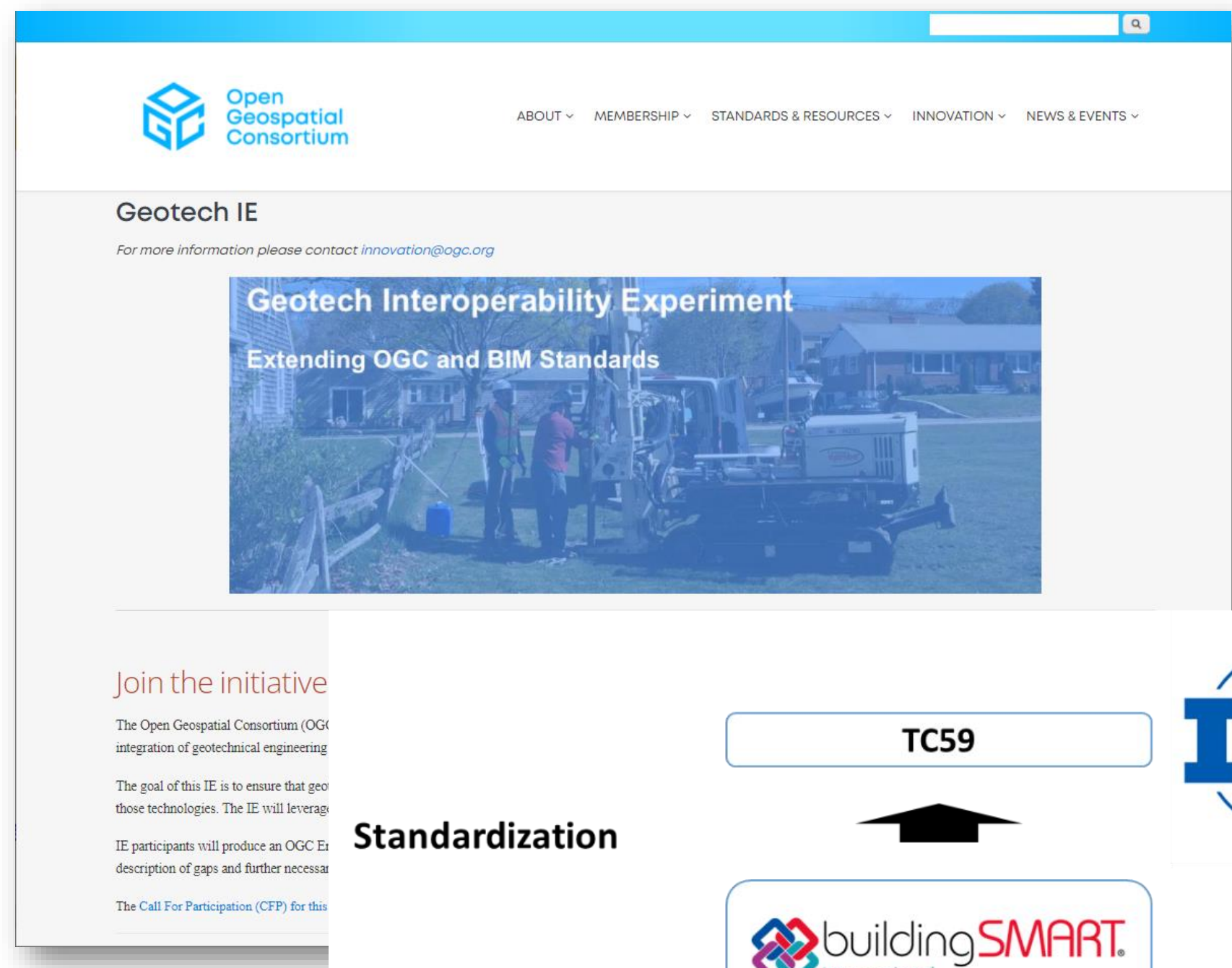
À la



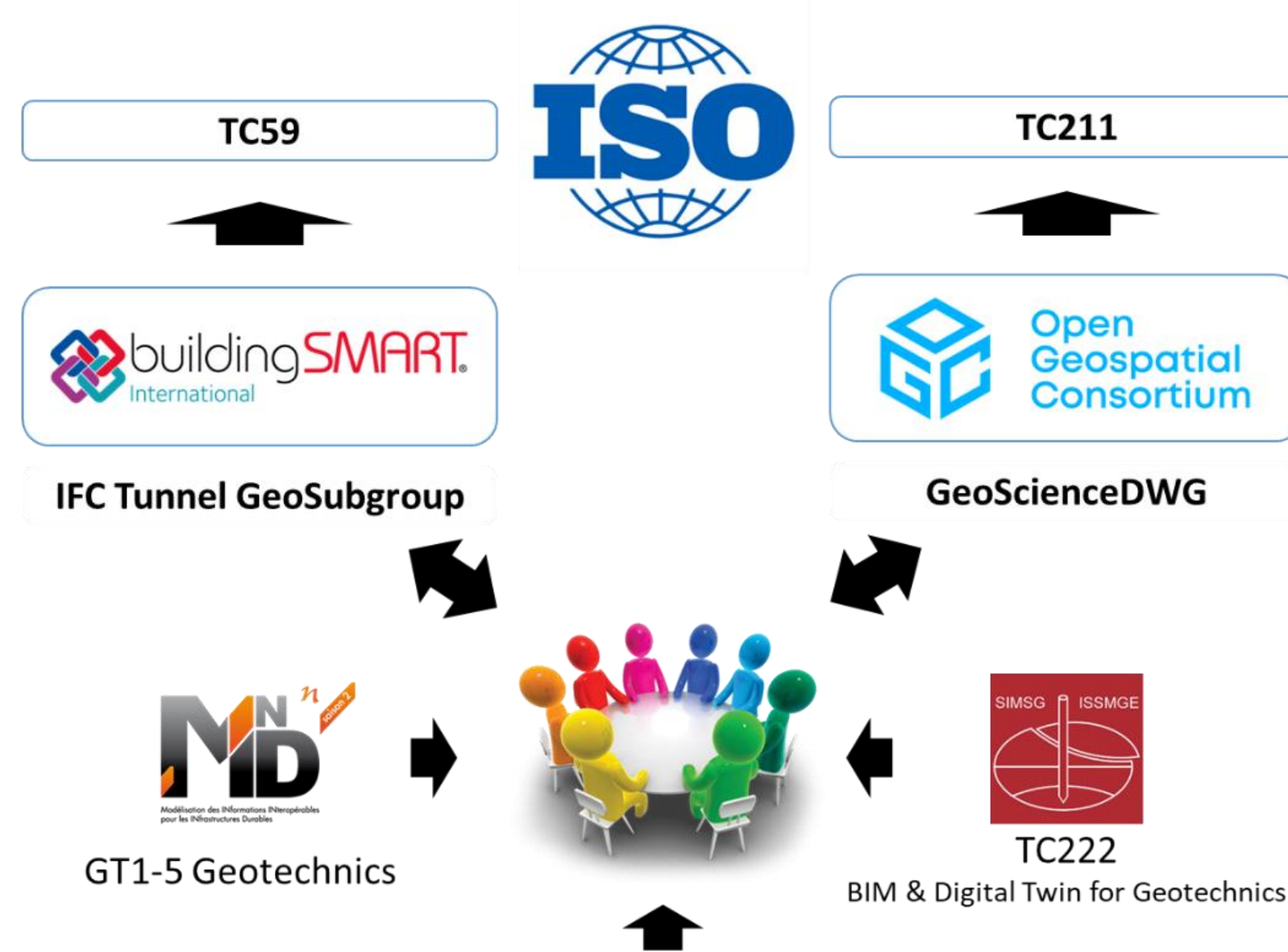
- ifc



Activités en cours : Geotech Interoperability Experiment



Standardization



Forum



➤ Débuté en février 2022

➤ Participants internationaux issus d'OGC, bSI, AGS et DIGGS:

➤ Thèmes de travail :

- Modèle conceptuel commun entre OGC, bSI, AGS et DIGGS
- Extension des standards OGC
- Documentation et démonstration des outils OGC (APIs) pour l'échange de la donnée géotechnique

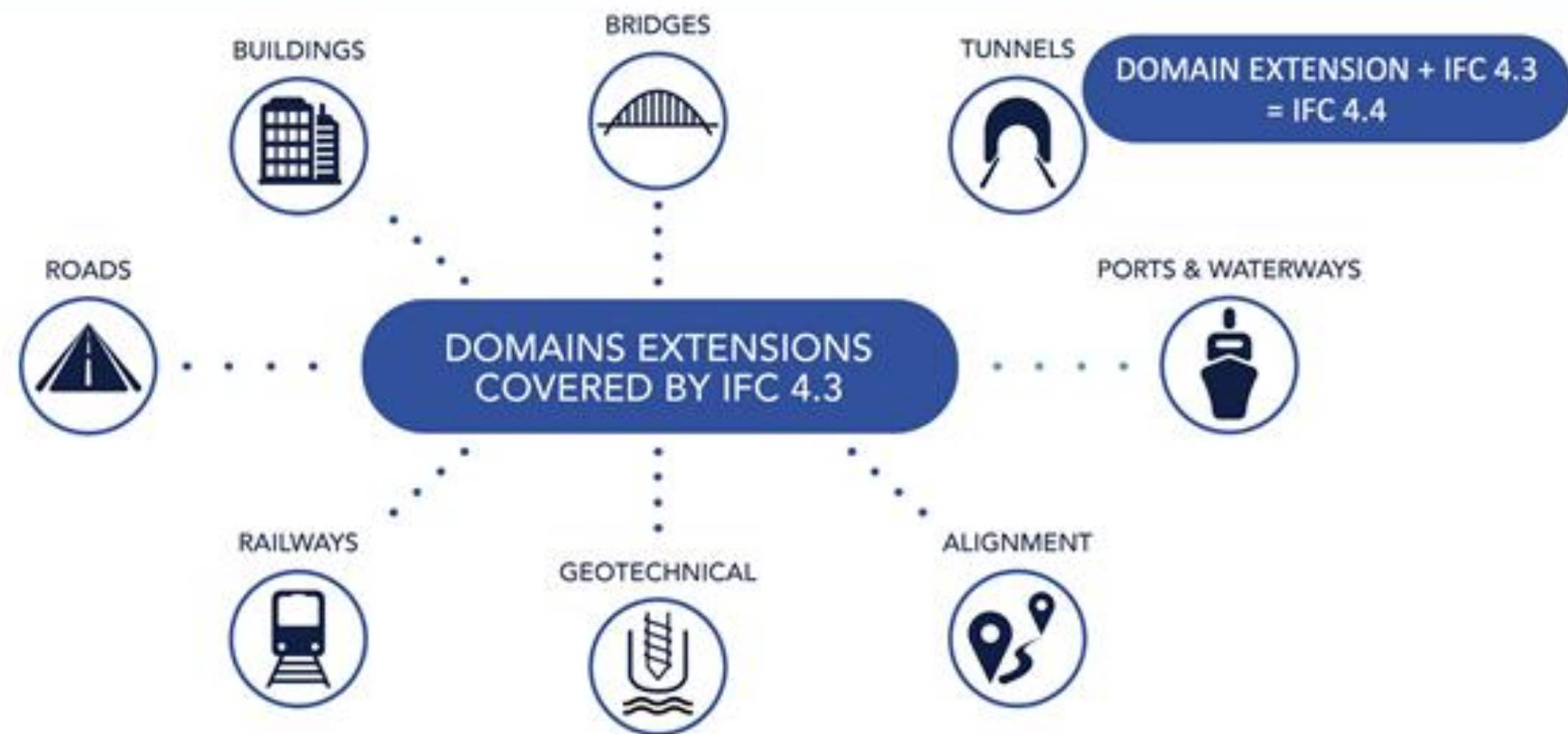
Contact: m.beaufils@brgm.fr

<https://www.ogc.org/projects/initiatives/geotechie>

Activités en cours : Projet IFC Tunnel

➤ Proposition d'extension du schéma IFC pour les Infrastructures Souterraines

Domains in the new IFC 4.3 standard



© buildingSMART International 2021

buildingSMART

➤ Périmètre couvert par l'IFC 4.4

- **Géotechnique**, données factuelles, modèles interprétés et représentations en voxels (**modèle conceptuel commun avec le projet OGC Geotech IE**)
- Méthodes d'excavation, soutènement et revêtement des tunnels et espaces souterrains
- Gestion des équipements : Ventilation, éclairage, électricité, risque incendie, évacuation et sécurité

➤ Note sur les versions IFC

- IFC 4.3 sortie en Aout 2021. ISO16739 en cours.
- IFC 4.4 en phase de déploiement. Appel au testeurs.
- **Les apports MINnD GT1-5 ne portent que sur IFC 4.4**

➤ Contacts :

- Michel Rives – bSI IFC 4.4 project manager (michel.rives@vianova-systems.eu)
- Jonas Weil – Geotech Team Lead (j.weil@ic-group.org)

Nouveau groupe de travail à suivre : ISSMGE TC222

International Society for Soil Mechanics and Geotechnical Engineering

TC222 Geotechnical BIM and DT

Home / Committees / Technical Committees / TC222 Geotechnical BIM and DT

Geotechnical BIM and Digital Twins

About

News

Terms of Reference

Membership

Contact

Building Information Modelling (BIM) for a digital representation of physical and functional characteristics of a facility and foundation. The BIM-model can be used as a knowledge resource into a DigitalTwin, providing a reliable basis for decisions during the life-cycle of a structure and its foundation. While the BIM-model is purely digital, the DigitalTwin is a combination of the digital and physical world.

Sign-up to receive committee news

Digital Model (BIM) Digital Shadow Digital Twin

Physical object Digital object

Manual data flow Automatic data flow

Reference: Fuller et al (2020)

➤ BIM Géotechnique et Jumeaux Numériques

➤ Débuté en Juin 2022

- Premier workshop en septembre.
- Replay

https://www.youtube.com/watch?v=ni5exlqwOBA&ab_channel=ISSMGETC222

➤ Thèmes de travail

- Diffusion de l'information
- Guides techniques et recommandations
- Collaboration avec OGC, bSI
- Conférences
- Liens Industriels

➤ Représentants / contacts au CFMS

- Mickaël Beaufils (Vice Chair) – BRGM
- Alexis Serieys – Setec Terrasol
- Romain Landrieau – Ecartip Groupe Fondasol

<https://www.issmge.org/committees/technical-committees/applications/geotechnical-bim-and-dt>

Conclusion et prochaines étapes

➤ La proposition du groupe de travail MINnD GT1-5 en résumé :

- Un modèle conceptuel incluant l'identification des objets géotechniques au sens large et (beaucoup) de propriétés associées
- Partagé et soutenu par tous ses membres : présenté à Syntec Ingénierie, CFMS

➤ Le chemin vers la standardisation Internationale :

→ Présence au sein des organismes de standardisation :

- Participation à la définition des extensions des standards OGC et bSI pour la géotechnique

→ Collaboration avec les autres communautés existantes : AGS, DIGGS :

- Incluant la promotion des APIs OGC pour accéder à la donnée « GIS » pour un environnement BIM

→ Collaboration avec ISSMGE TC222 pour assurer la connexion avec les sociétés scientifiques

L'ensemble étant basé (mais pas seulement) sur les travaux du groupe MINnD GT1-5 !

Merci pour votre attention !

Contacts :

Mickaël Beaufils : m.beaufils@brgm.fr

Alexis Serieys : alexis.serieys@setec.com