



cfms

COMITÉ FRANÇAIS DE MÉCANIQUE
DES SOLS ET DE GÉOTECHNIQUE

Construire dans l'argile : Regard croisé Franco-Belge

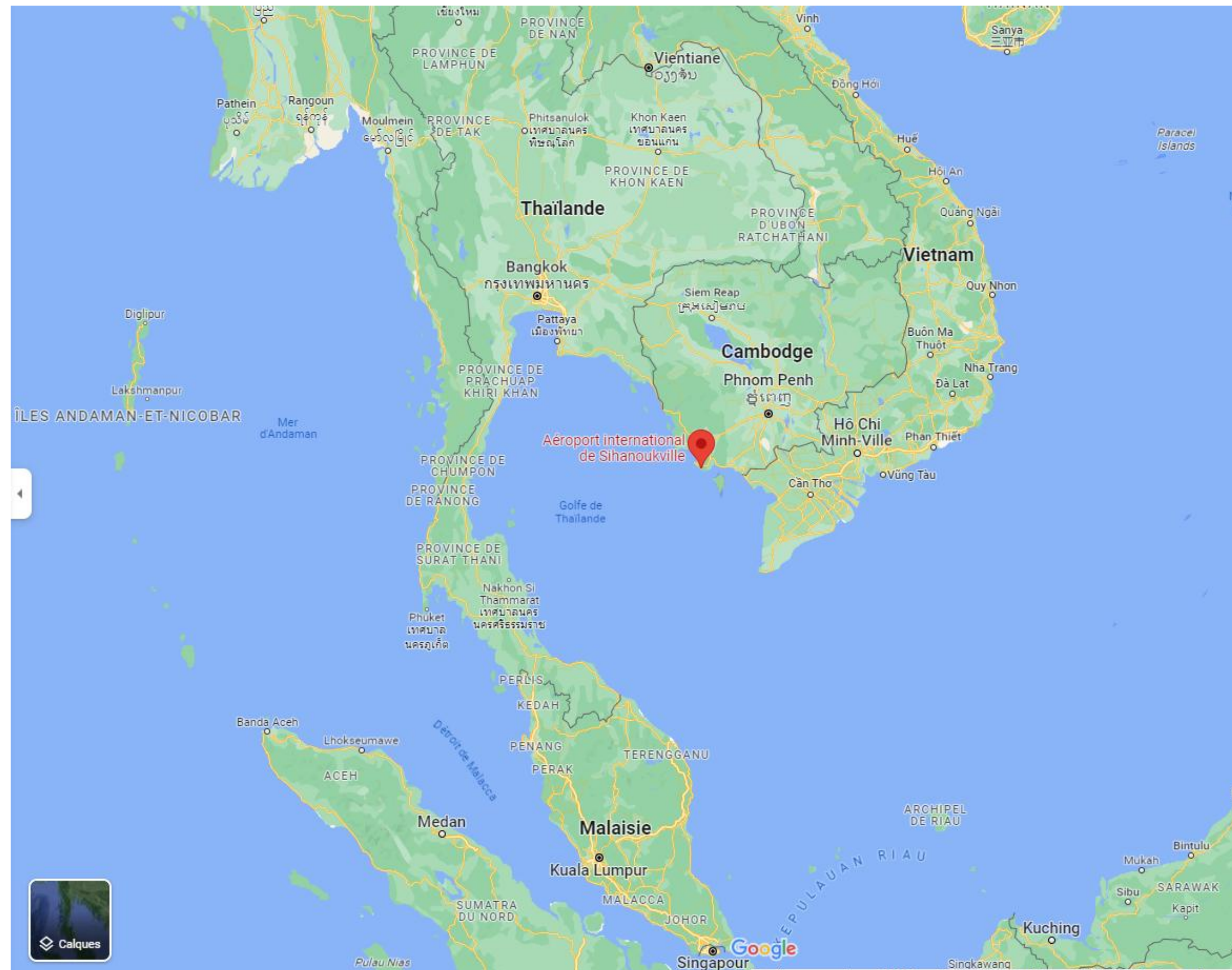
EXTENSION DE LA PISTE DE L'AÉROPORT
DE SIHANOUKVILLE (CAMBODGE)



menARD

JST DU 17/03/2026

Présentation du projet

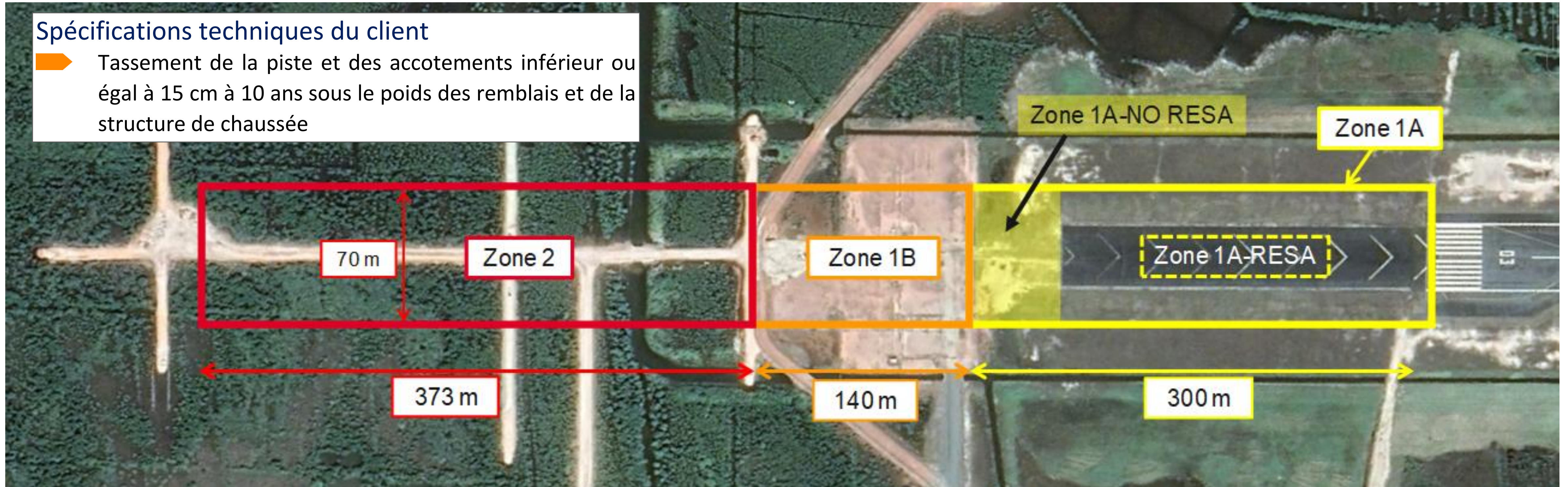


Le trafic aérien a été multiplié par 5 entre 2017 et 2019
1,6 millions de passagers en 2019

Présentation du projet

Spécifications techniques du client

- Tassement de la piste et des accotements inférieur ou égal à 15 cm à 10 ans sous le poids des remblais et de la structure de chaussée

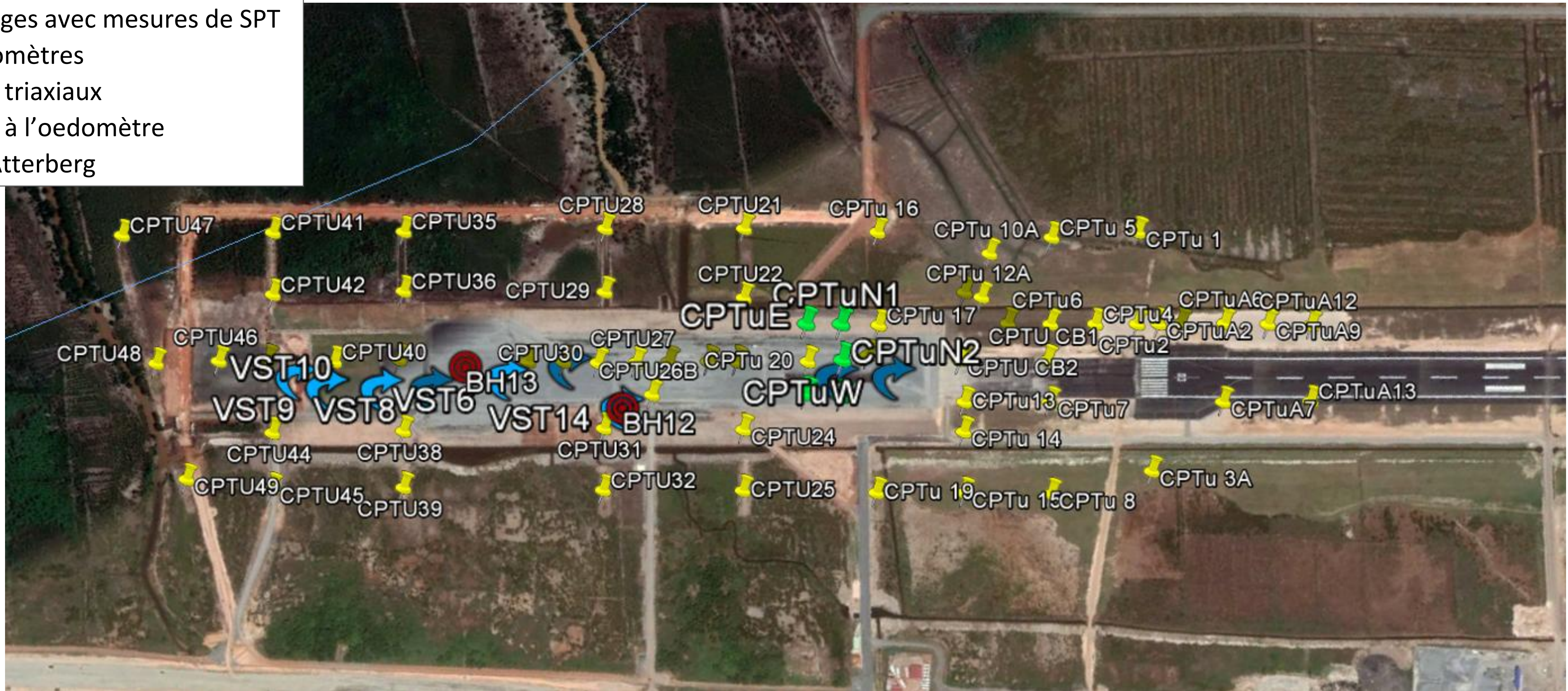


Zone 1: zone à l'intérieur de l'aéroport avant les travaux d'extension

Zone 2: zone à l'extérieur de l'aéroport, zone de mangrove côtière

Conditions de sol

- 60 # CPTu
- 17 # sondages avec mesures de SPT
- 14 # scissomètres
- 14 # essais triaxiaux
- 14 # essais à l'oedomètre
- Limites d'Atterberg



Conditions de sol

BH4
Elevation : +0.41

Scale (m)	Elevation of layer bottom (m)	Depth of layer bottom (m)	Thickness of layer (m)	Layer No.	Graphic log	Description & classification of soils (ASTM D2487 & D2488)	Soil sample SPT test		Number of blows/30cm			Chart of RQD Value	
							No.	Depth (m)	(1)	(2)	(3)		N-value (2+3)
0	+0.01	0.4					SPT1	0.75-1.2	0	0	0	0	
1							SPT2	1.5-1.95	1	0	0	0	
2							SPT3	2.25-2.7	1	0	0	0	
3							SPT4	3.0-3.45	1	0	0	0	
4							SPT5	4.5-4.95	1	1	0	1	
5							SPT6	6.0-6.45	1	1	0	1	
6							SPT7	7.5-7.95	1	0	1	1	
7							SPT8	9.0-9.45	1	1	1	2	
8							SPT9	10.5-10.95	3	5	5	10	
9							SPT10	12.0-12.45	4	5	8	13	
10							SPT11	13.5-13.95	6	8	9	17	
11							SPT12	15.0-15.45	5	7	9	16	
12							SPT13	16.5-16.95	5	8	9	17	
13							SPT14	18.0-18.45	6	9	11	20	
14							SPT15	19.5-19.95	6	10	13	23	

Layer 2 : Very Soft Clay

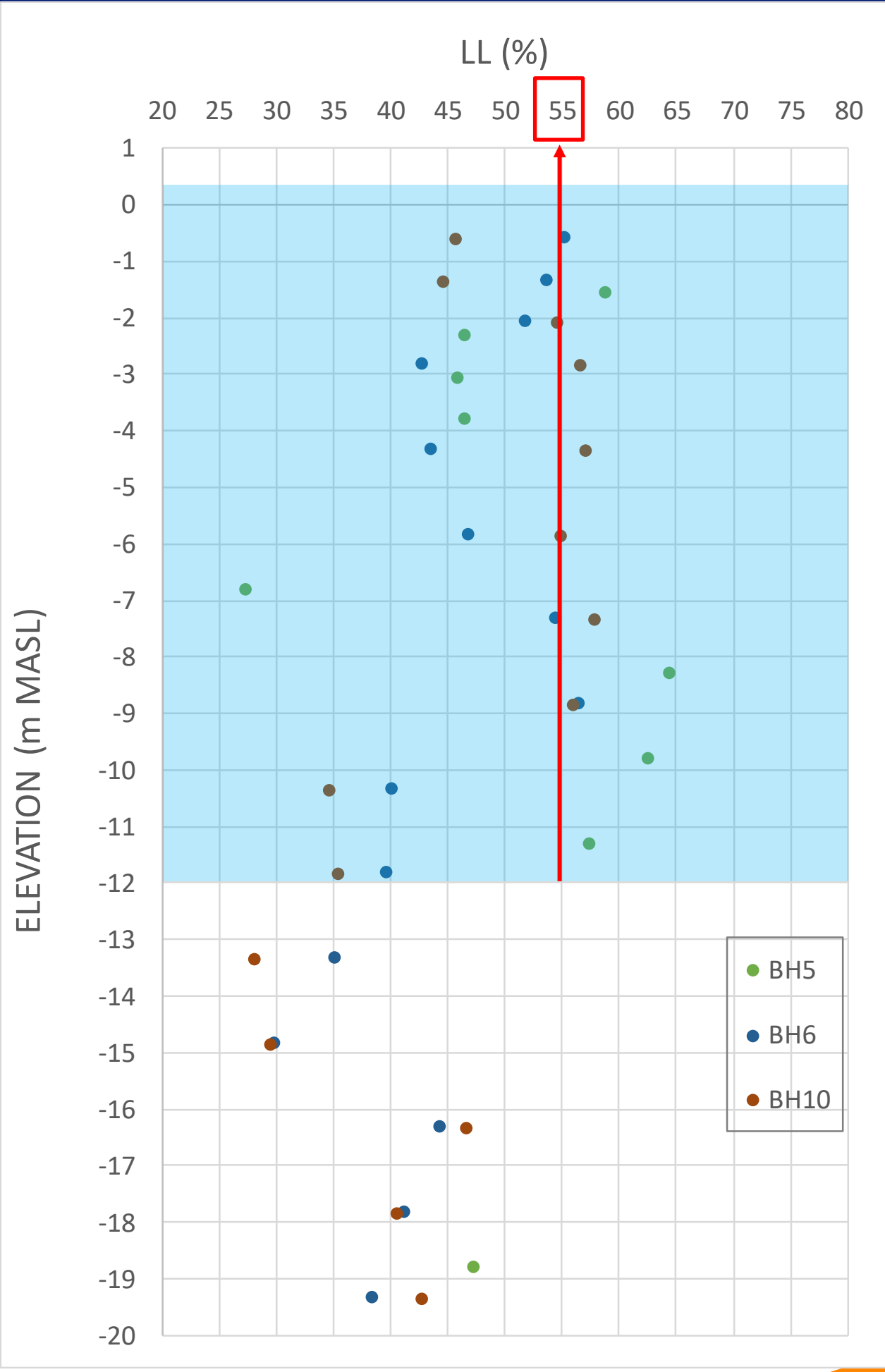
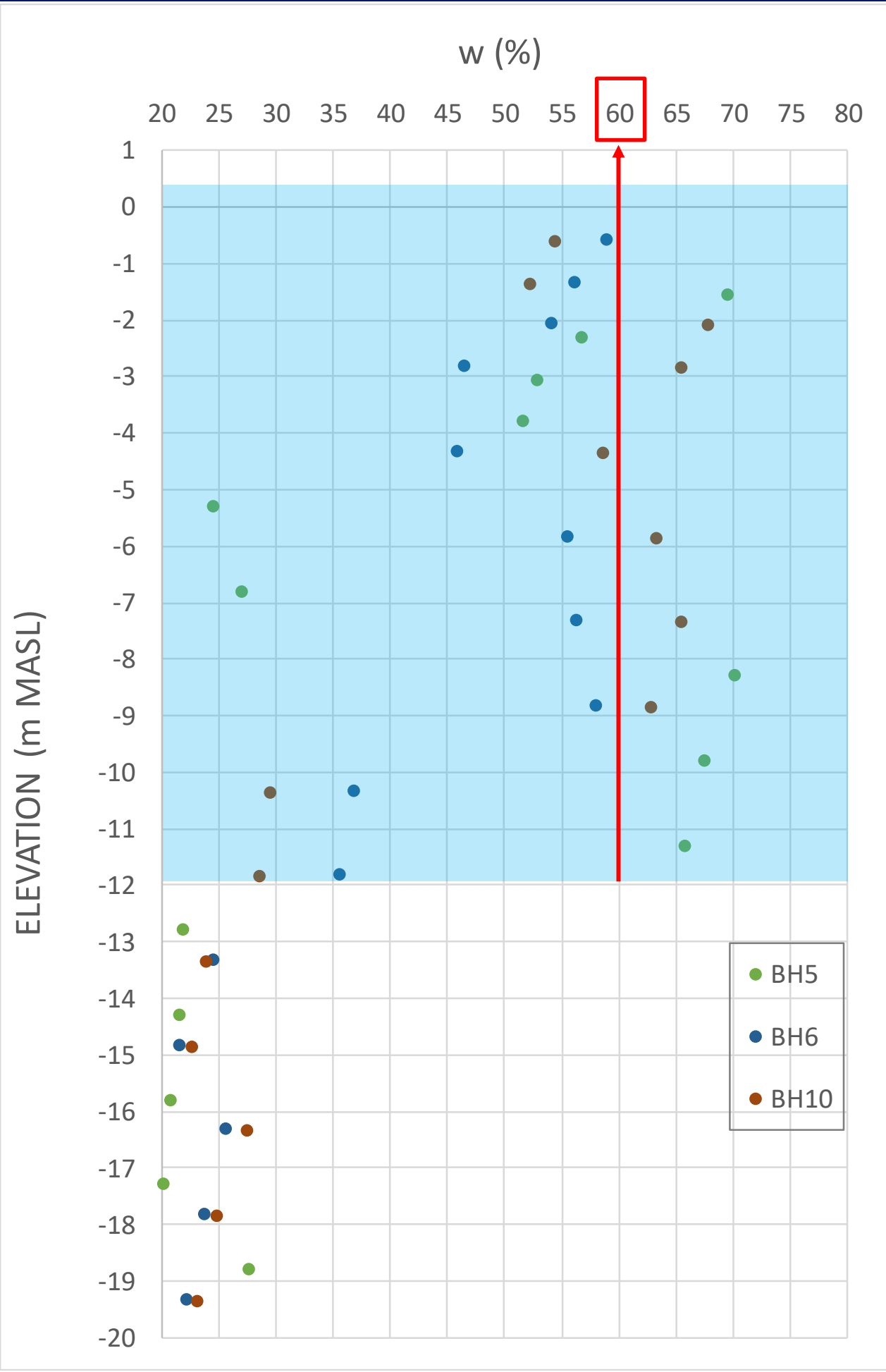
$N_{SPT} = 1$

Layer 3 : Very stiff Sandy Clay

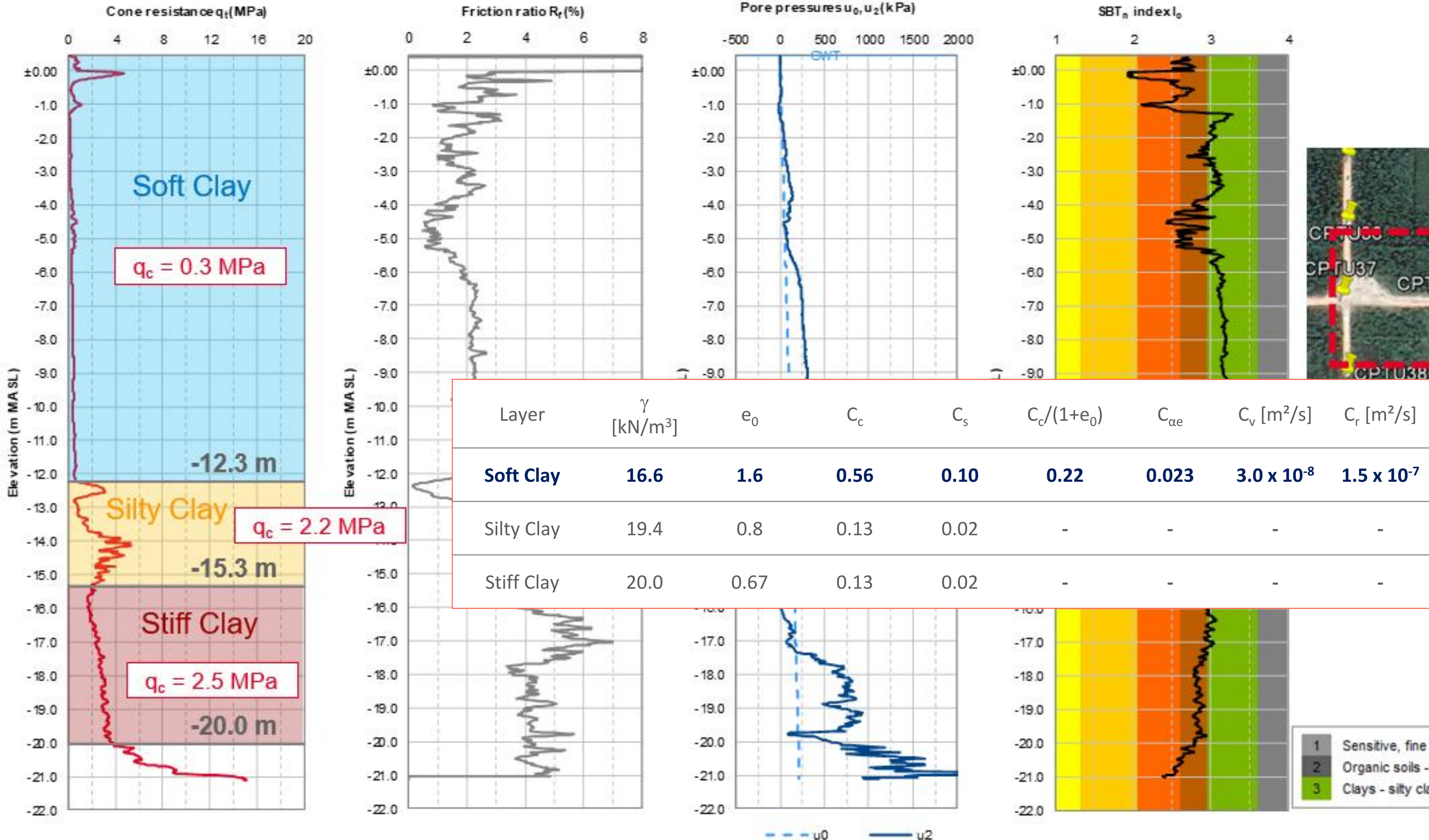
$N_{SPT} = 12$

Layer 5a: Very Stiff Clay

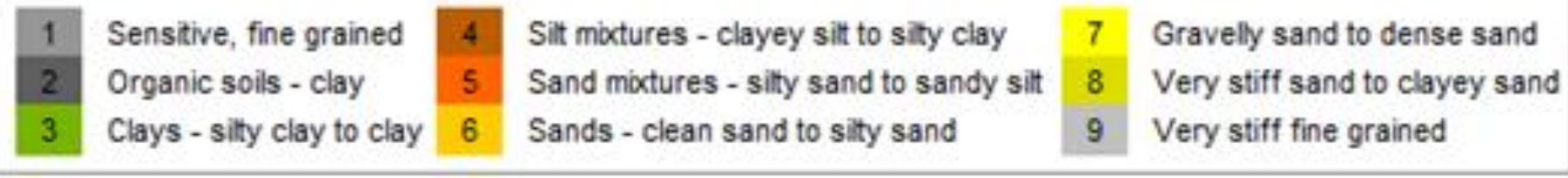
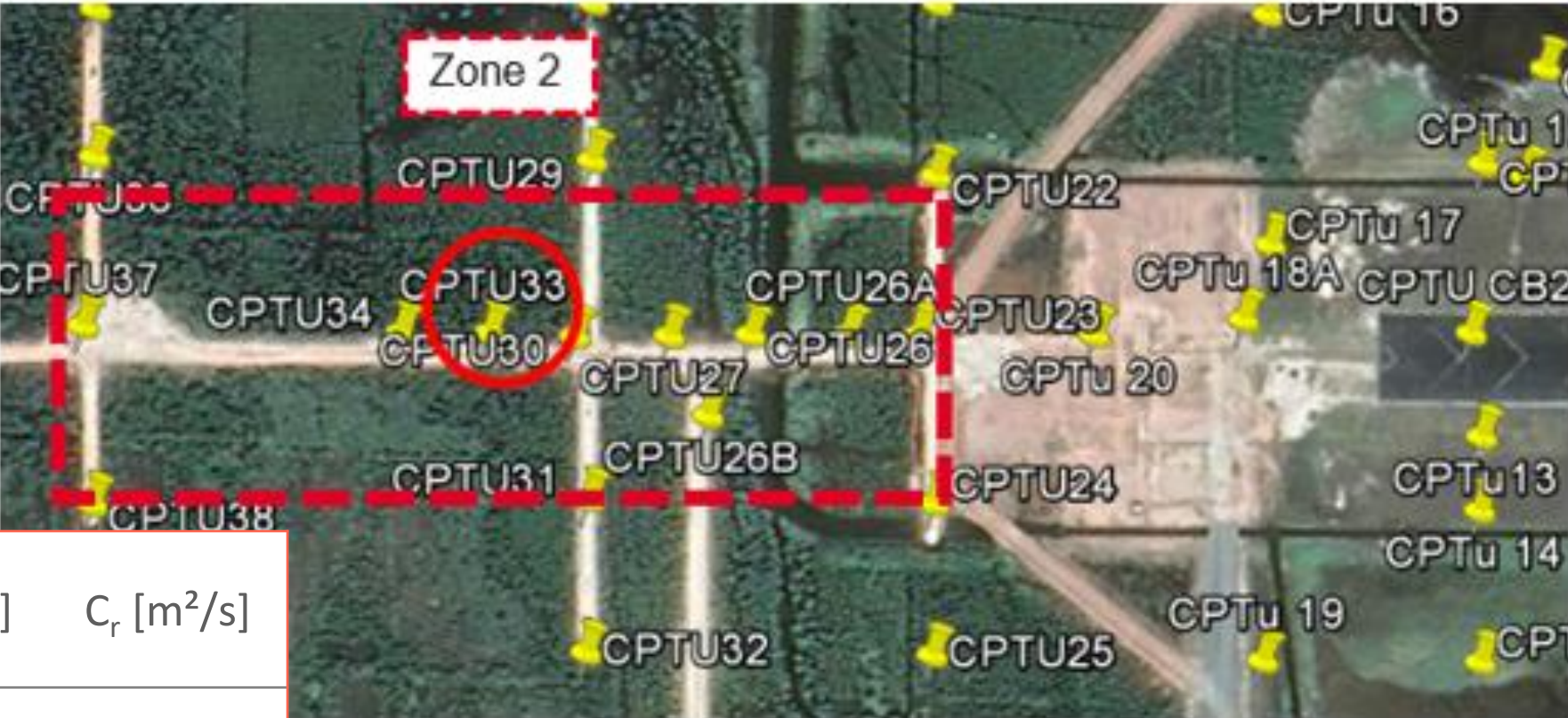
$N_{SPT} = 19$



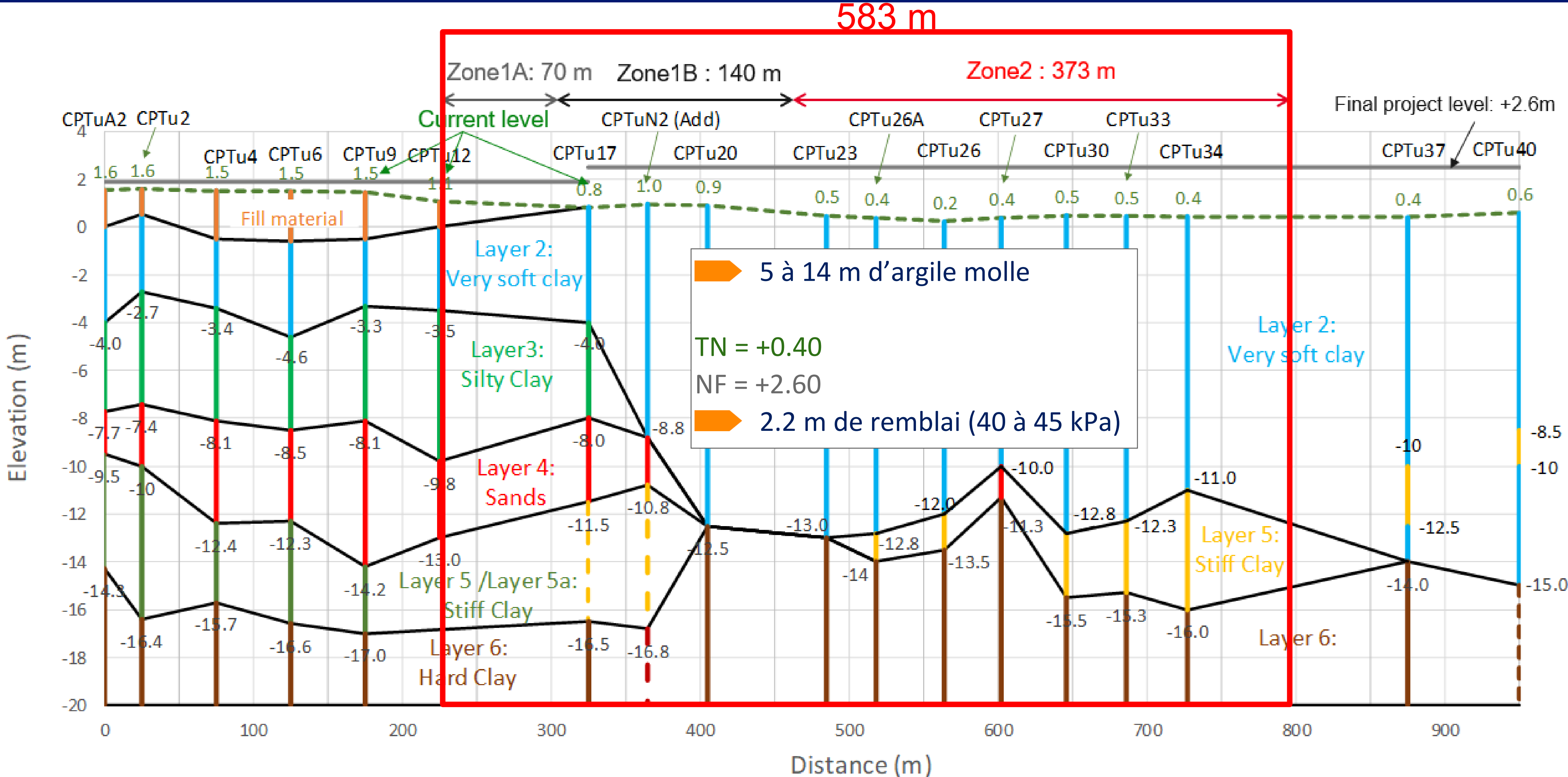
Conditions de sol



CPTu33

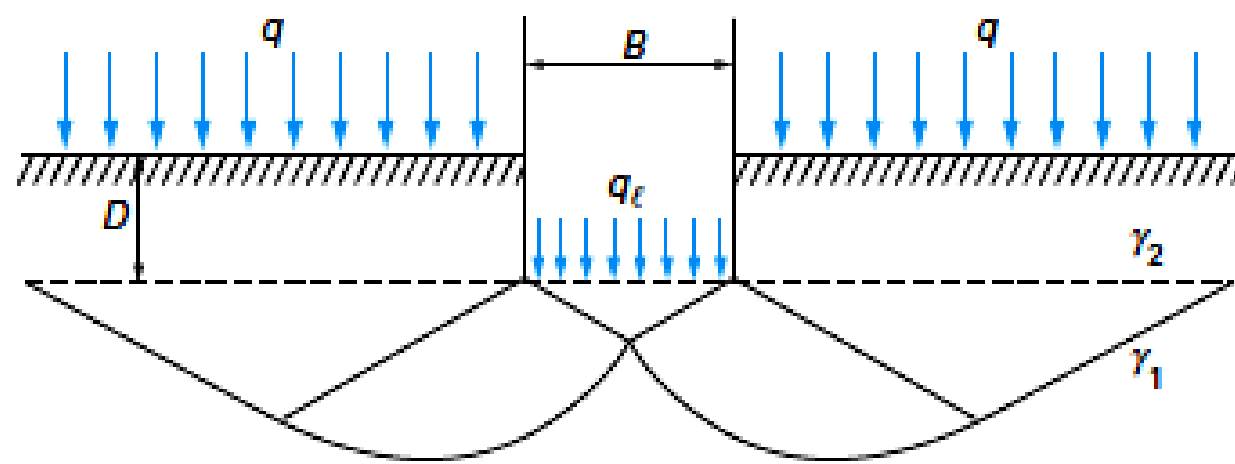


Conditions de sol



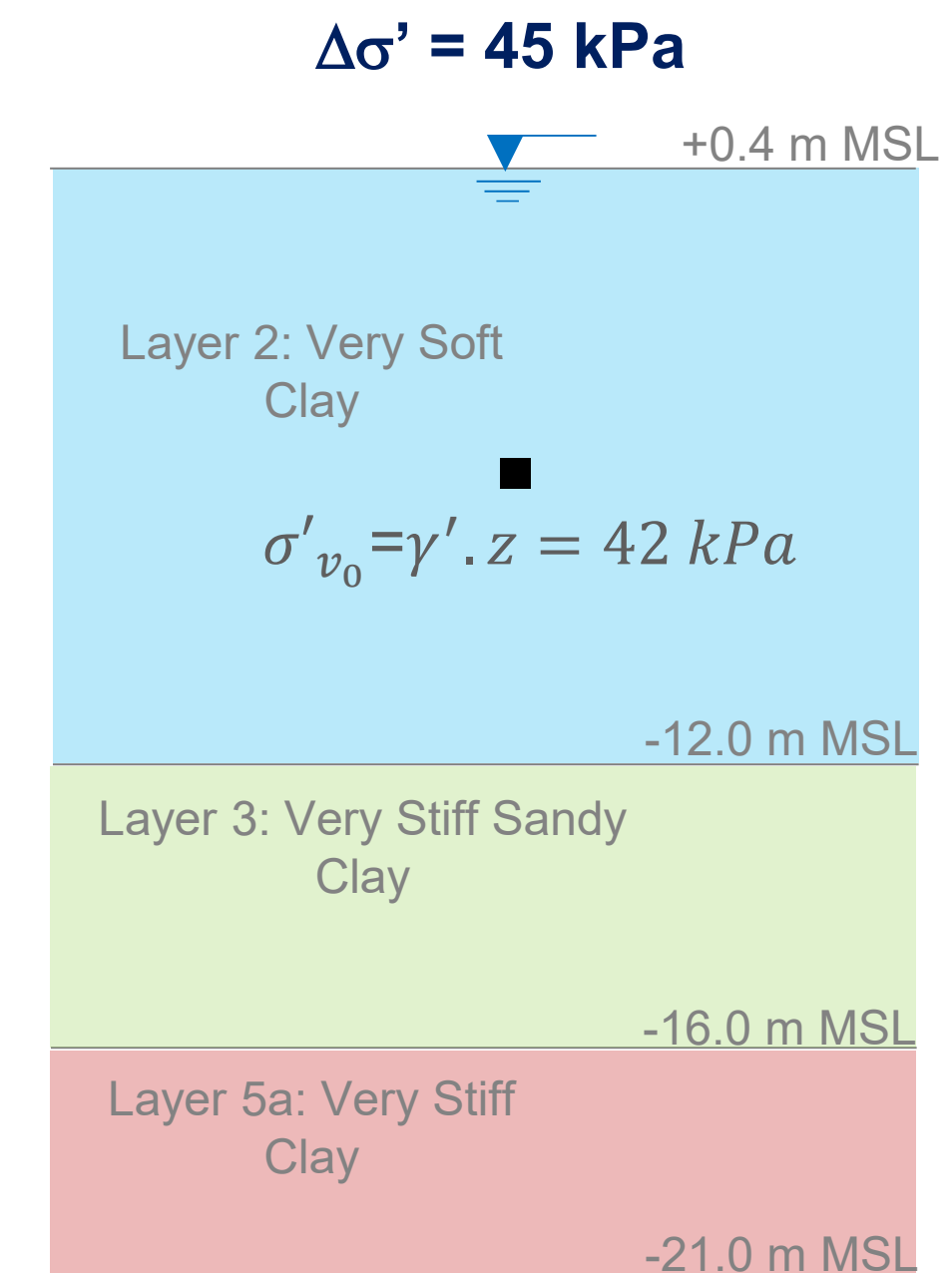
Analyse des ordres de grandeur

Résistance / Stabilité



$$q_u = N_c \cdot c_u = (\pi + 2) \cdot c_u = 77 \text{ kPa} > 1,5 \Delta\sigma'$$

Tassement



$$\Delta h = H \times \frac{C_c}{1+e_0} \times \log \frac{\sigma'_{v_0} + \Delta\sigma'}{\sigma'_{v_0}} = 12.4 \times 0,22 \times \log \frac{42+45}{42} = 0,85 \text{ m}$$

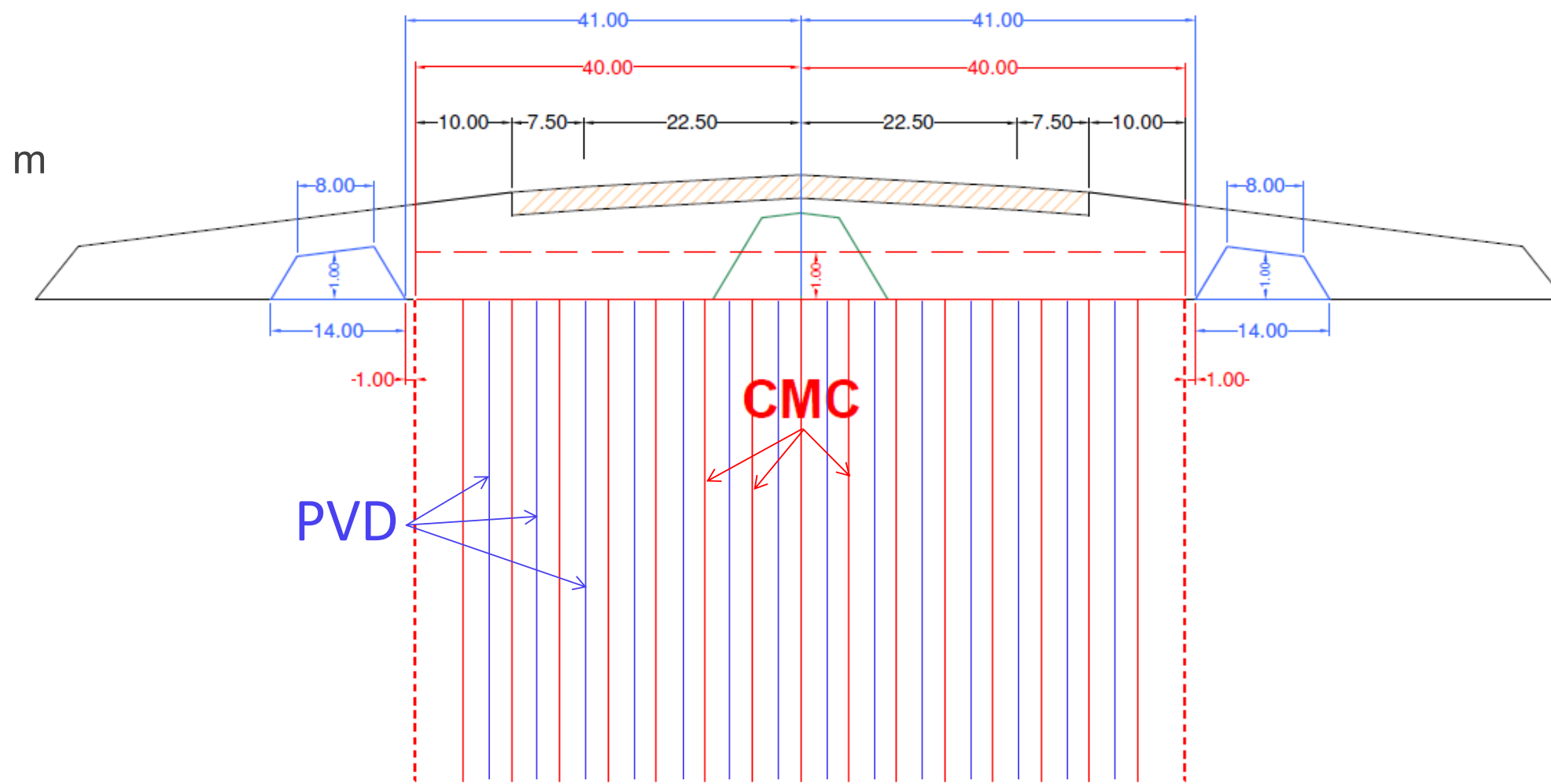
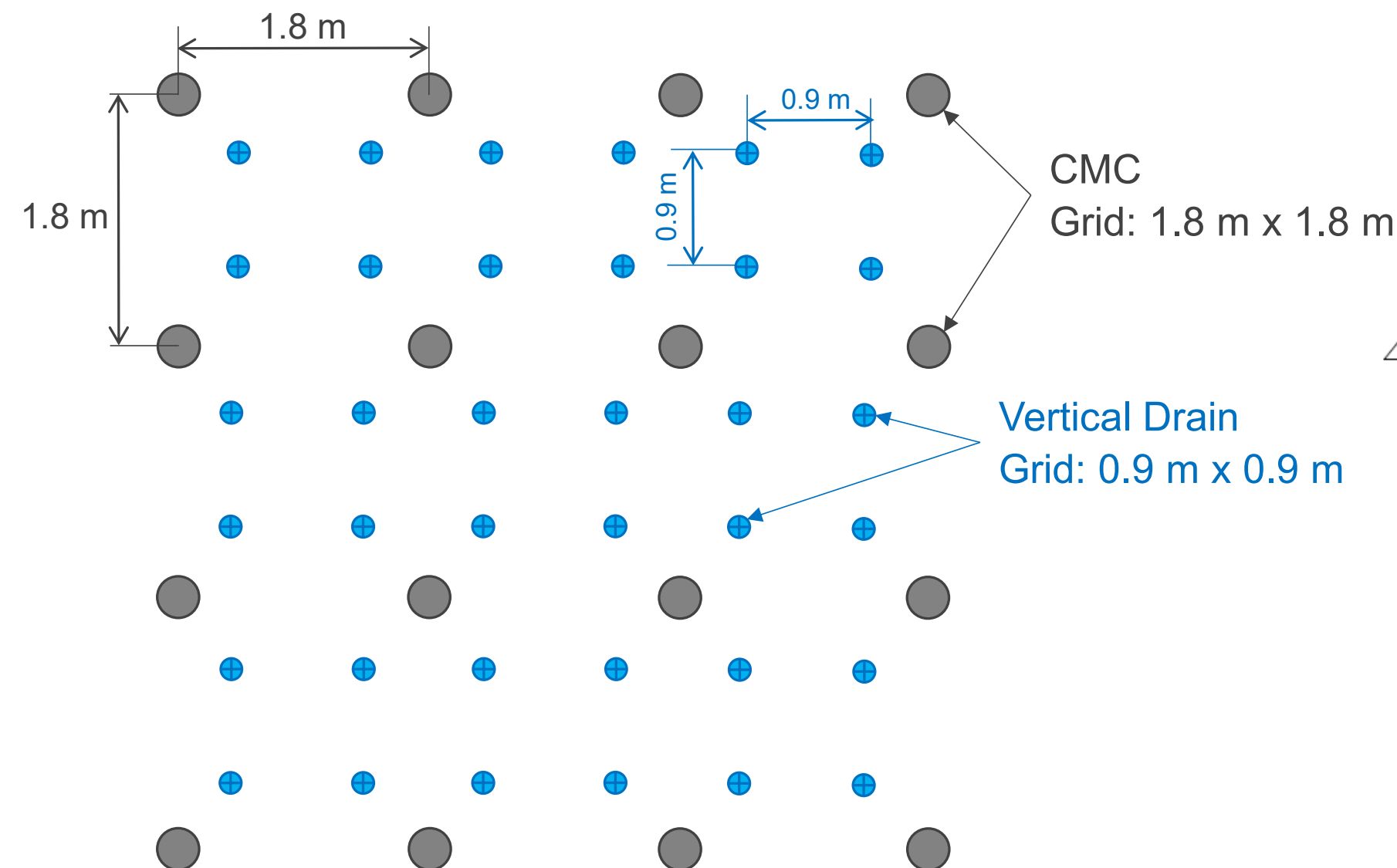
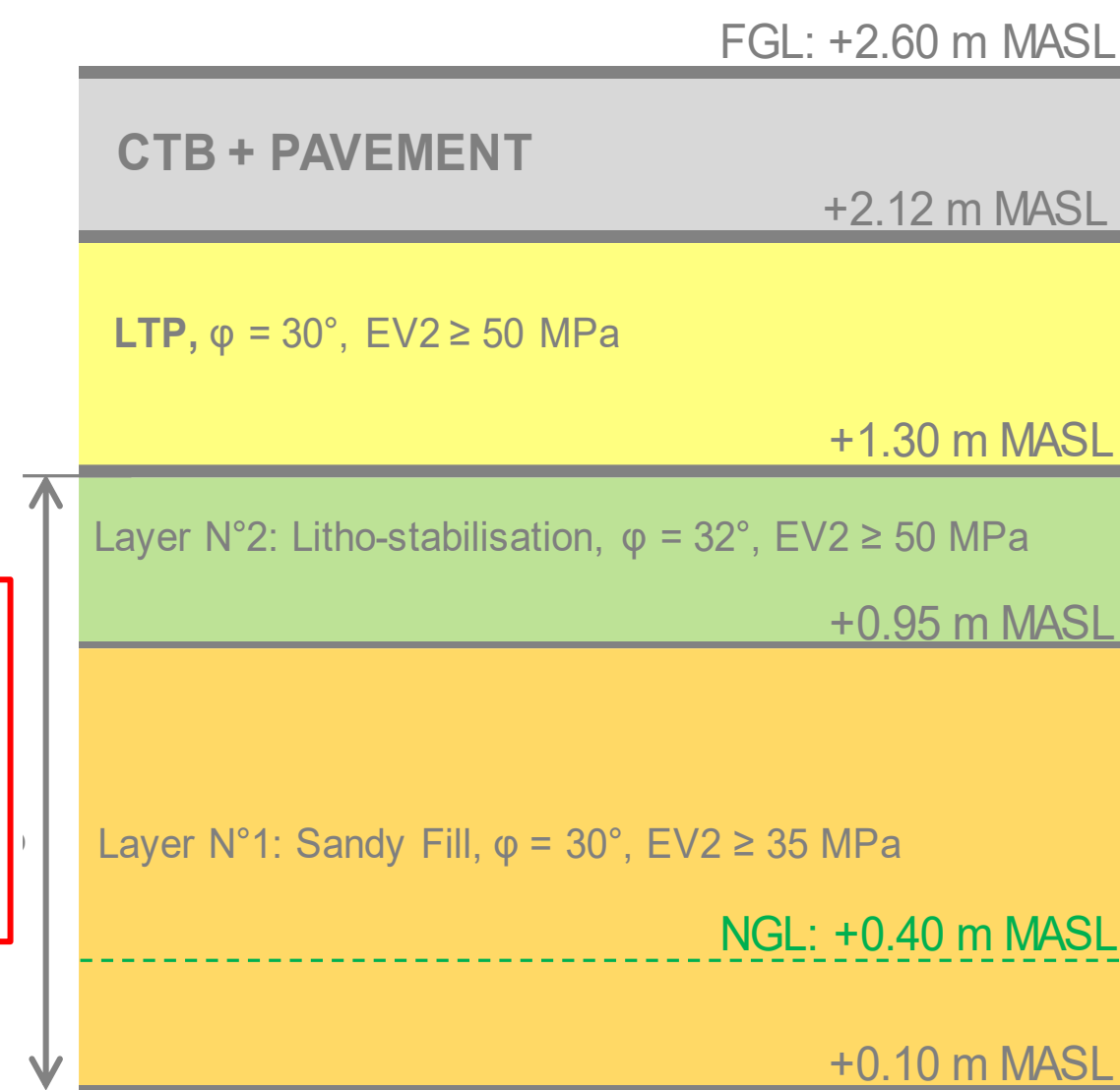
Solution retenue

PVD (0.9 m x 0.9 m)

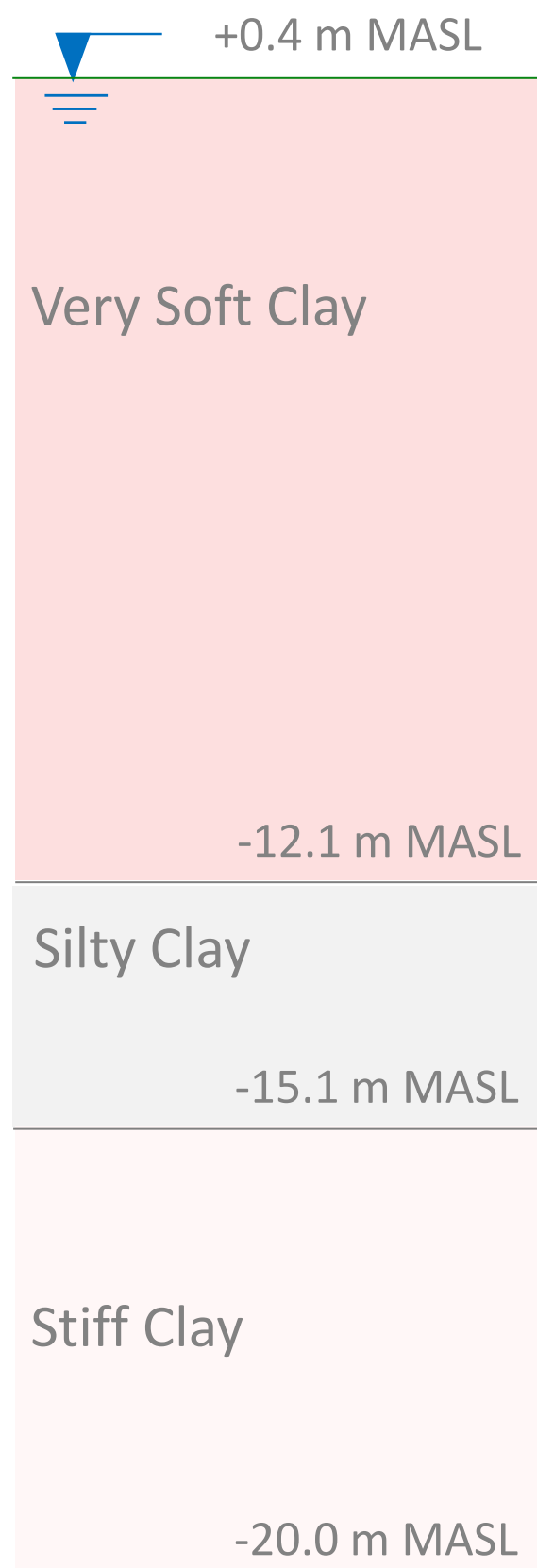
Consommer la majorité des tassements générés par l'installation de la plateforme de travail et **faciliter l'installation des inclusions rigides** (accroissement de la cohésion non drainée C_u et dissipation partielle des pressions générées pendant l'exécution des CMC par refoulement)

CMC Ø320 (1.8 m x 1.8 m)

Réduire les tassements liés au poids de la plate-forme de transfert des charges et de la structure de chaussée



Solution retenue



Conditions initiales

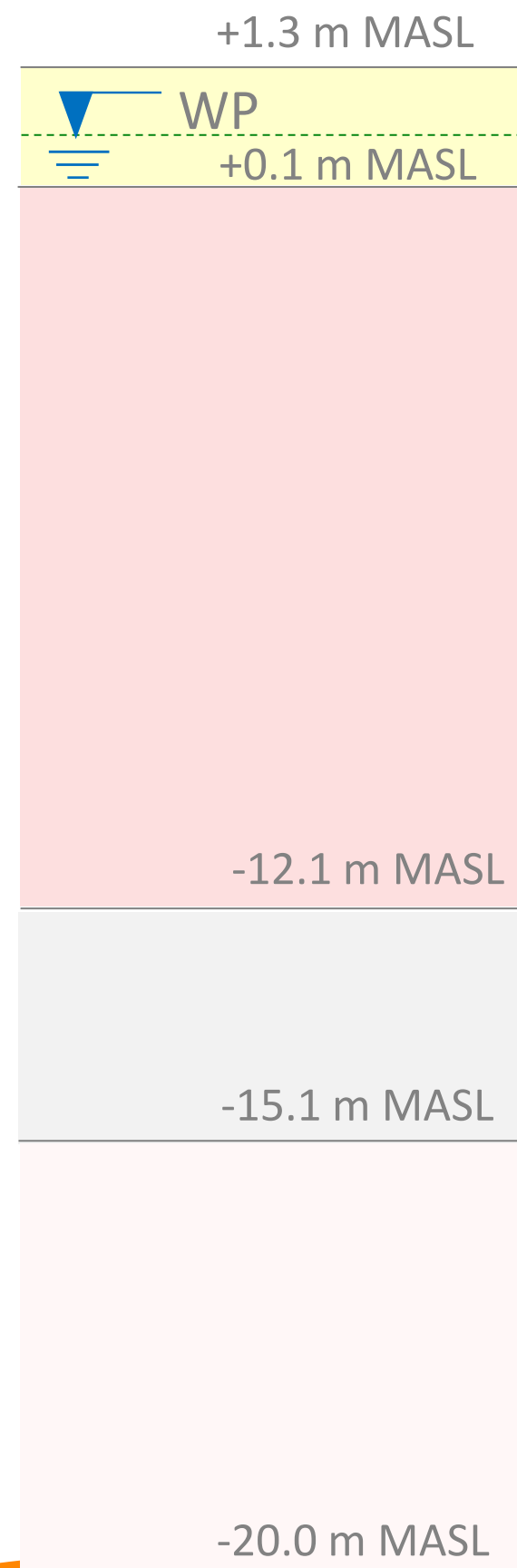
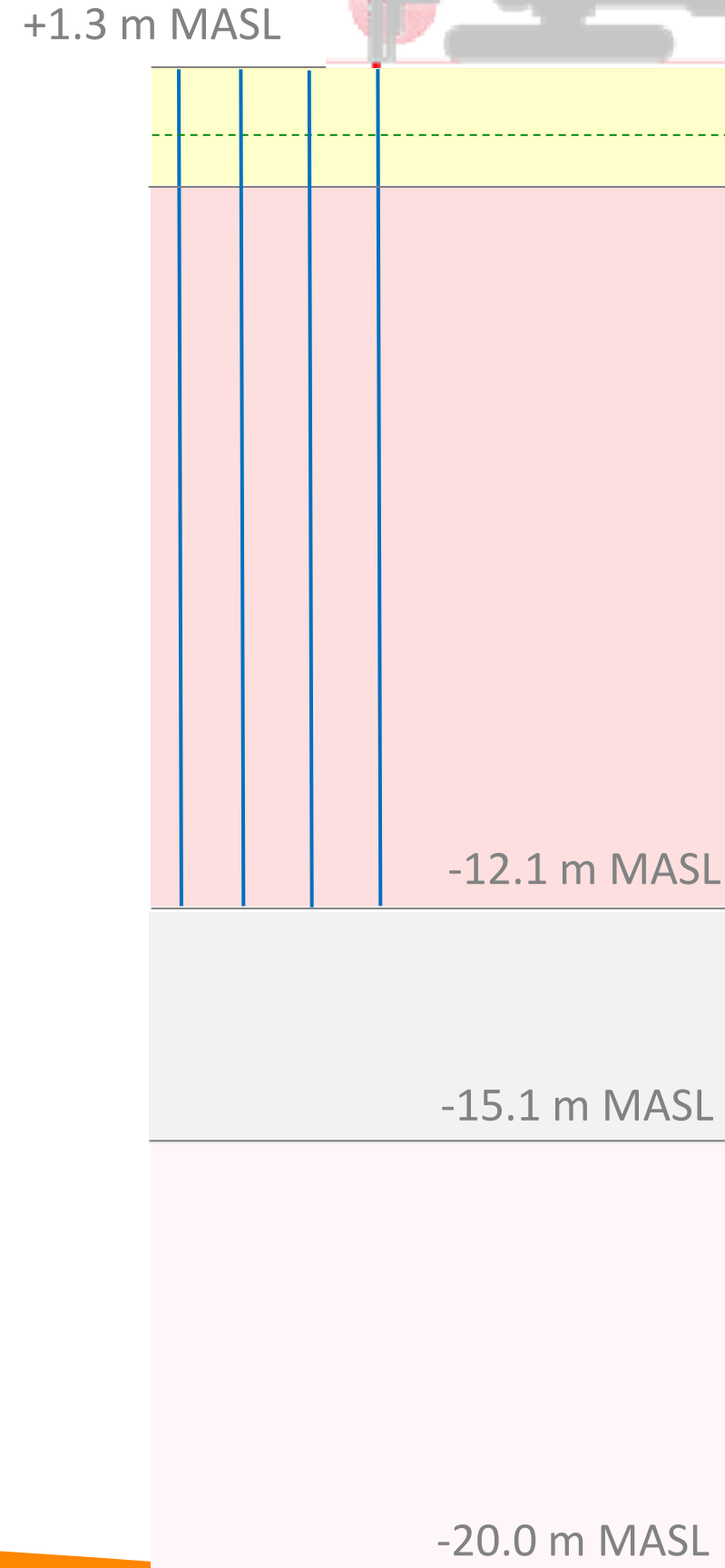
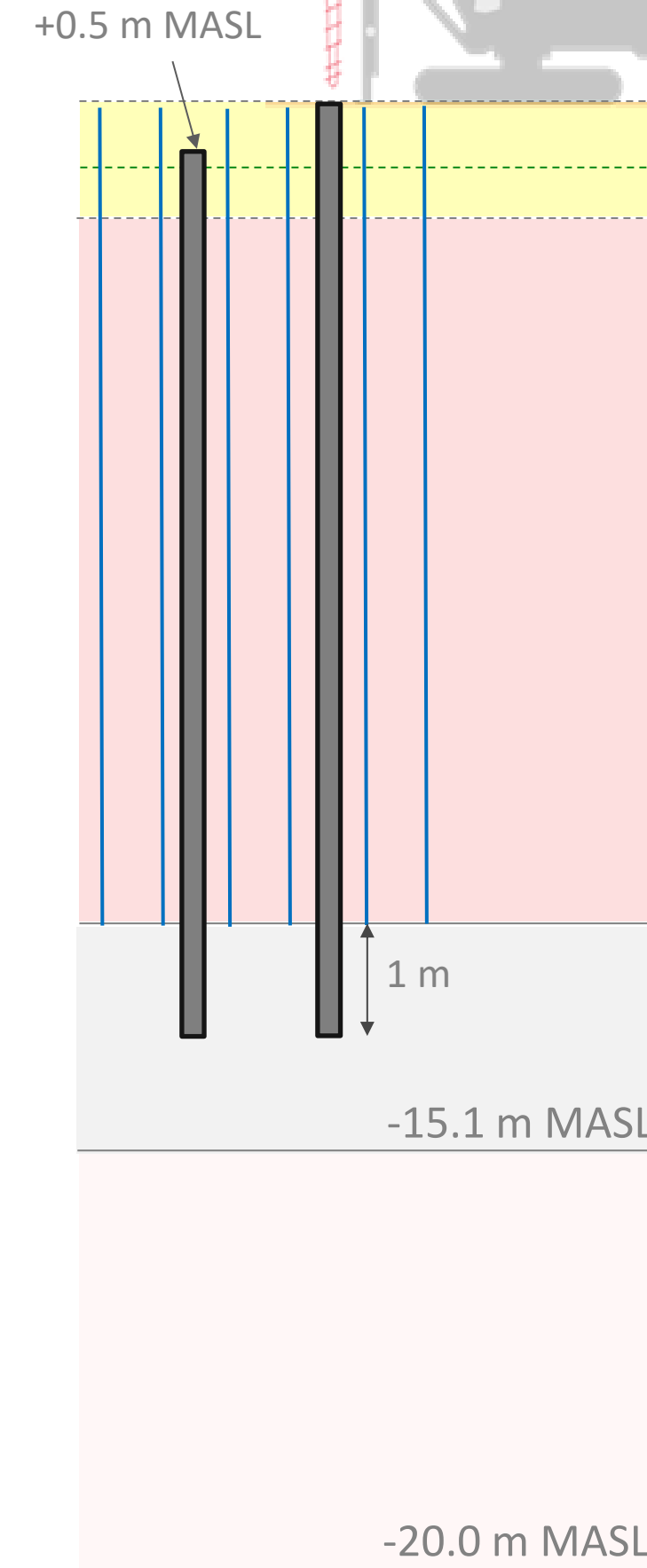


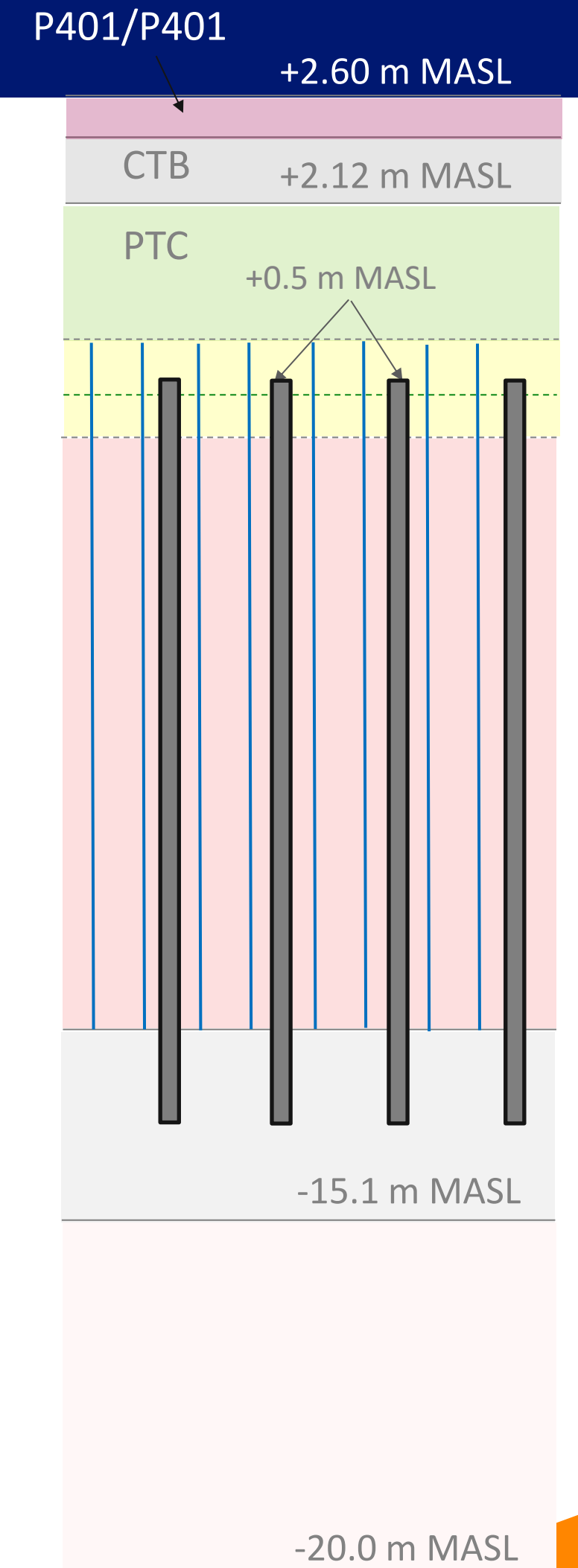
Plate-forme de travail



Drains verticaux



Inclusions rigides CMC



PTC + structure de chaussée

Réalisation de la plate-forme de travail

1 à 2 nappes de Géogrilles (60 kN x 60 kN)
EV2 > 50 MPa

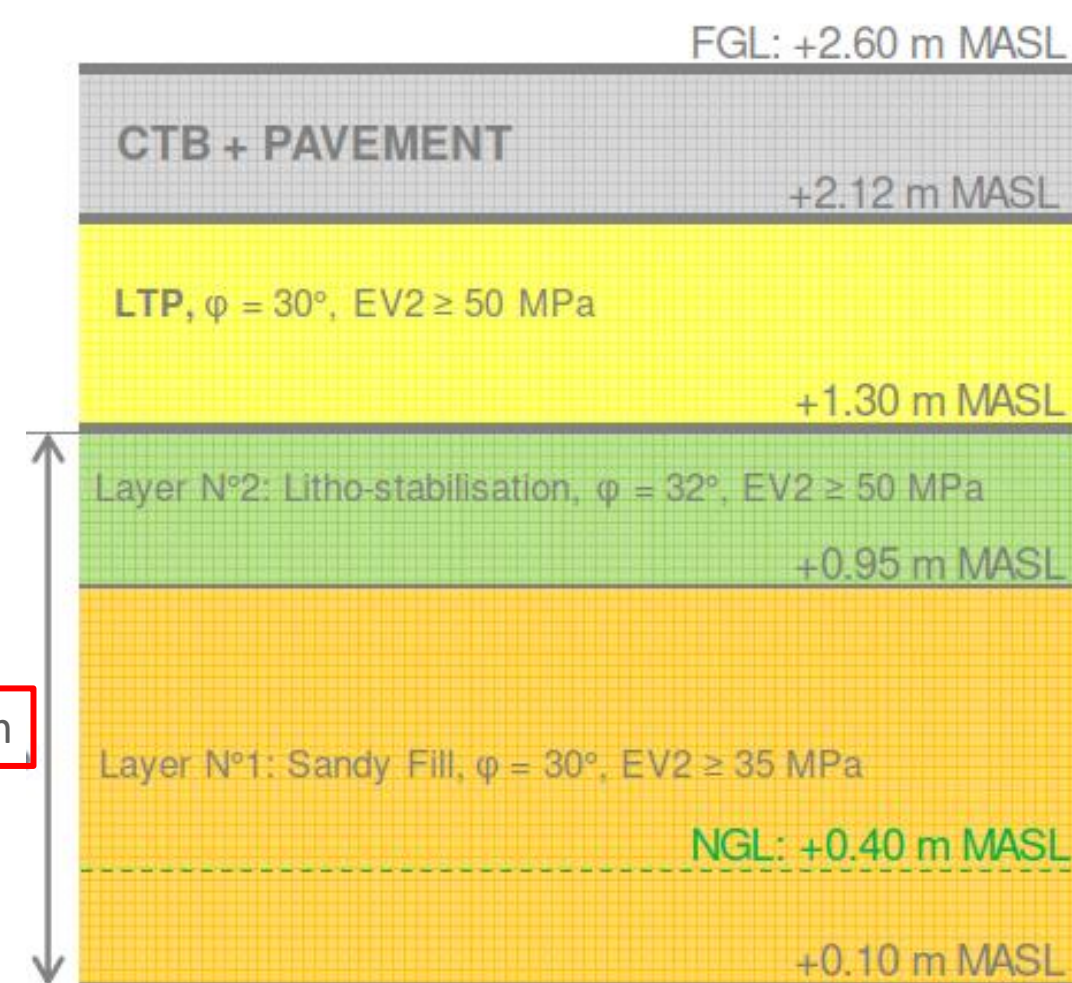
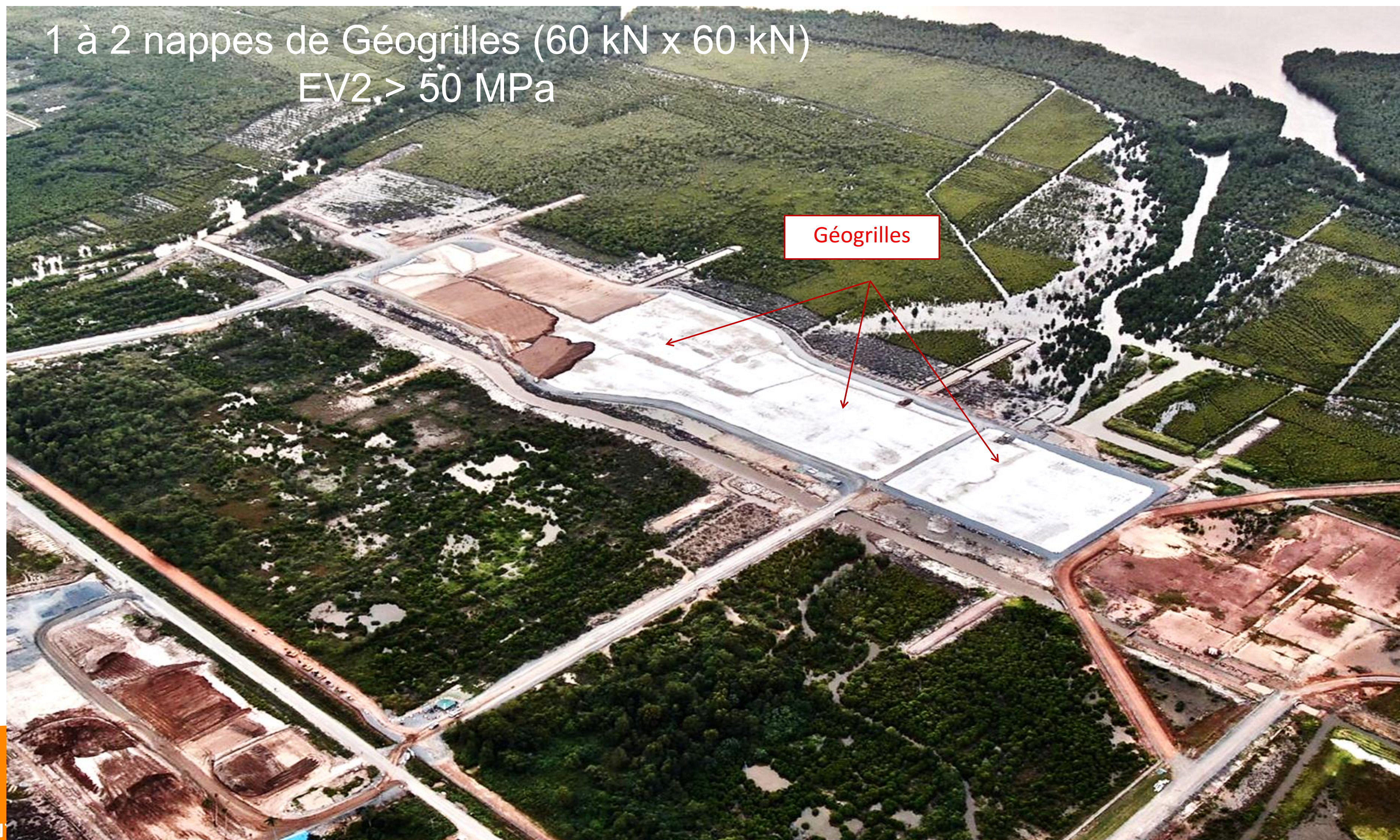


Figure 12 : Typical cross section.



Réalisation de la plate-forme de travail



Dimensionnement et installation des drains verticaux préfabriqués (PVD)



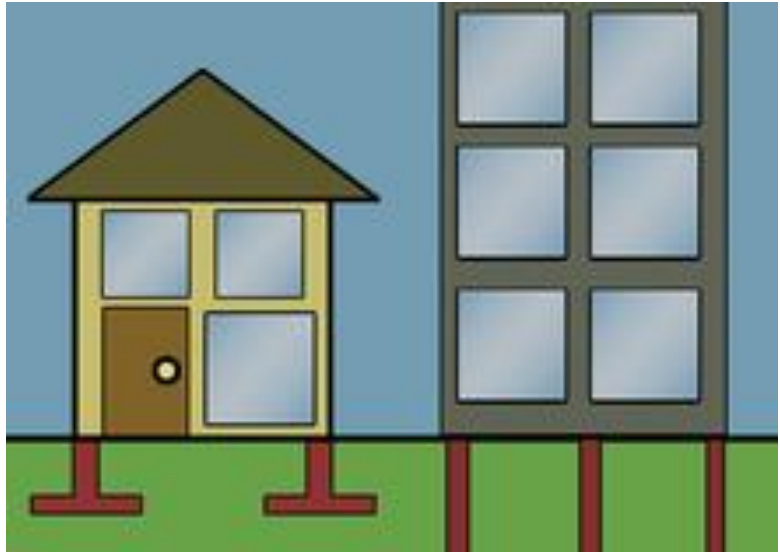
Case #	Layer #	PVD grid	From [m]	To [m]	H [m]	C_v [m ² /s]	C_r [m ² /s]	U [%]
Schedule 1	Layer 2	0.9m x 0.9m (squared)	+0.1	-12.1	12.2	3.0×10^{-8}	1.5×10^{-7}	27.5% 7 days
Schedule 2	Very soft clay							93.2%, 2 months

Installation des PVD

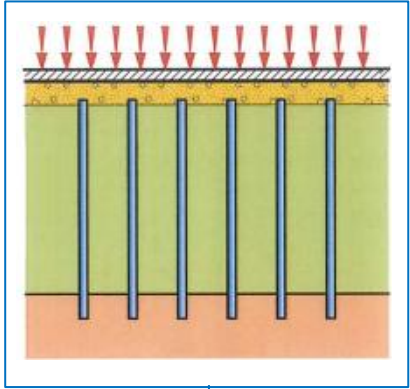
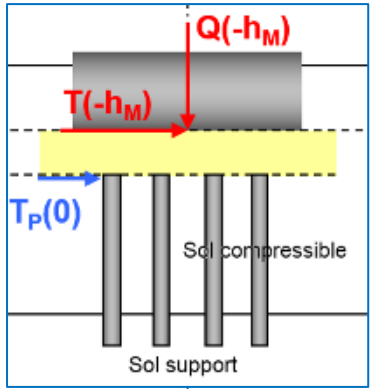
- 59 707 PVD
- 811 920 ml
- Surface de traitement = 49 185 m²
- Profondeur maximale = 15 m
- 2 machines, 2 postes, 2.5 mois

Dimensionnement des inclusions rigides CMC

Logigramme ASIRI



NF P94-261 NF P94-262



GEO
Calcul de la portance du sol
NF P94-261

Domaine 1

Domaine 2

Calcul du tassement et des contraintes
Analytique / EF

Calcul du tassement et des contraintes
Analytique / EF

STR
Intégrité des CMC
• Compression simple
• Flexion composée
• Cisaillement
ASIRI

GEO
Portance ELU
• Contrainte CMC
• Contrainte sur le sol
NF P94-262
NF P94-261

GEO
Portance ELS
• Contrainte CMC / fluage
• Contrainte sur le sol
NF P94-262
NF P94-261

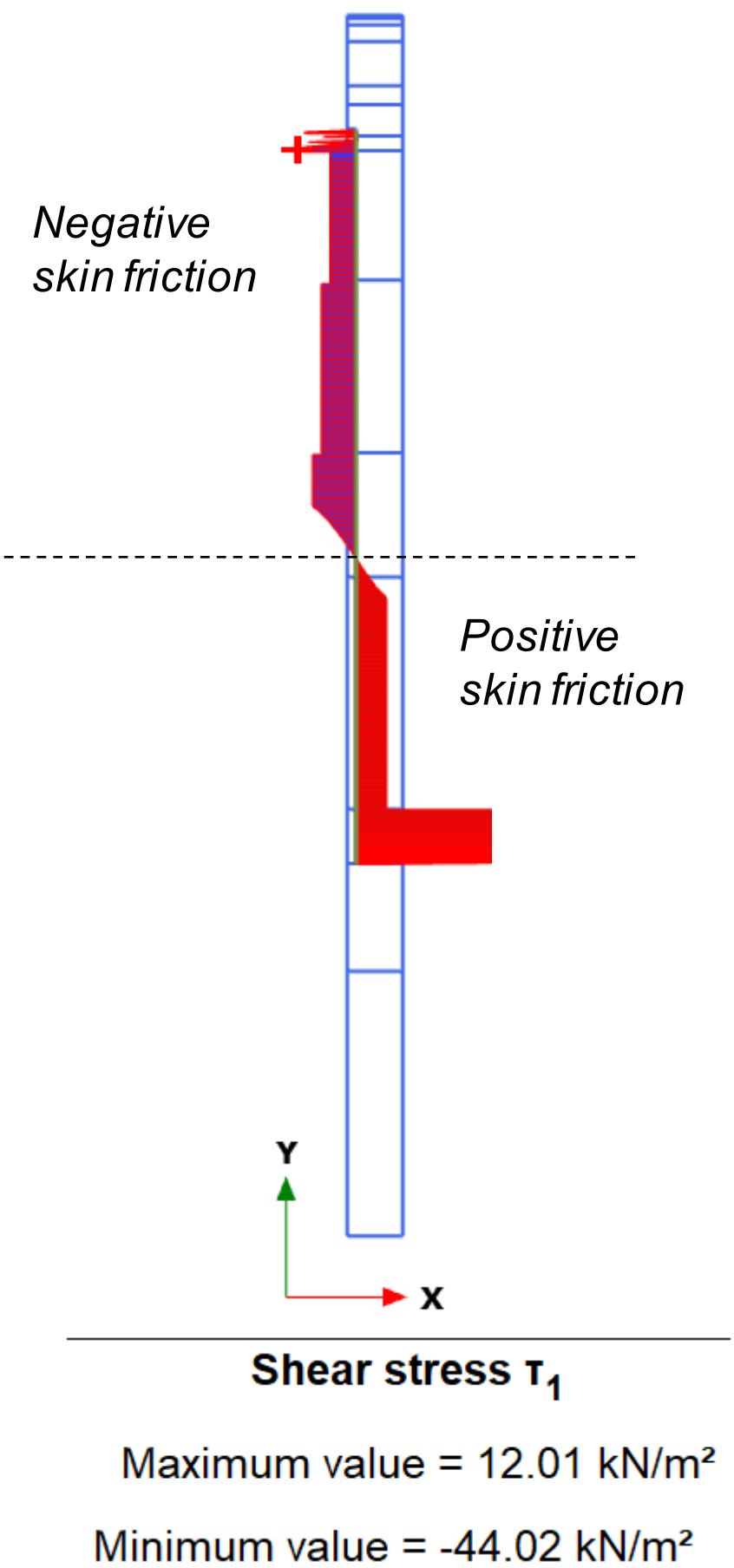
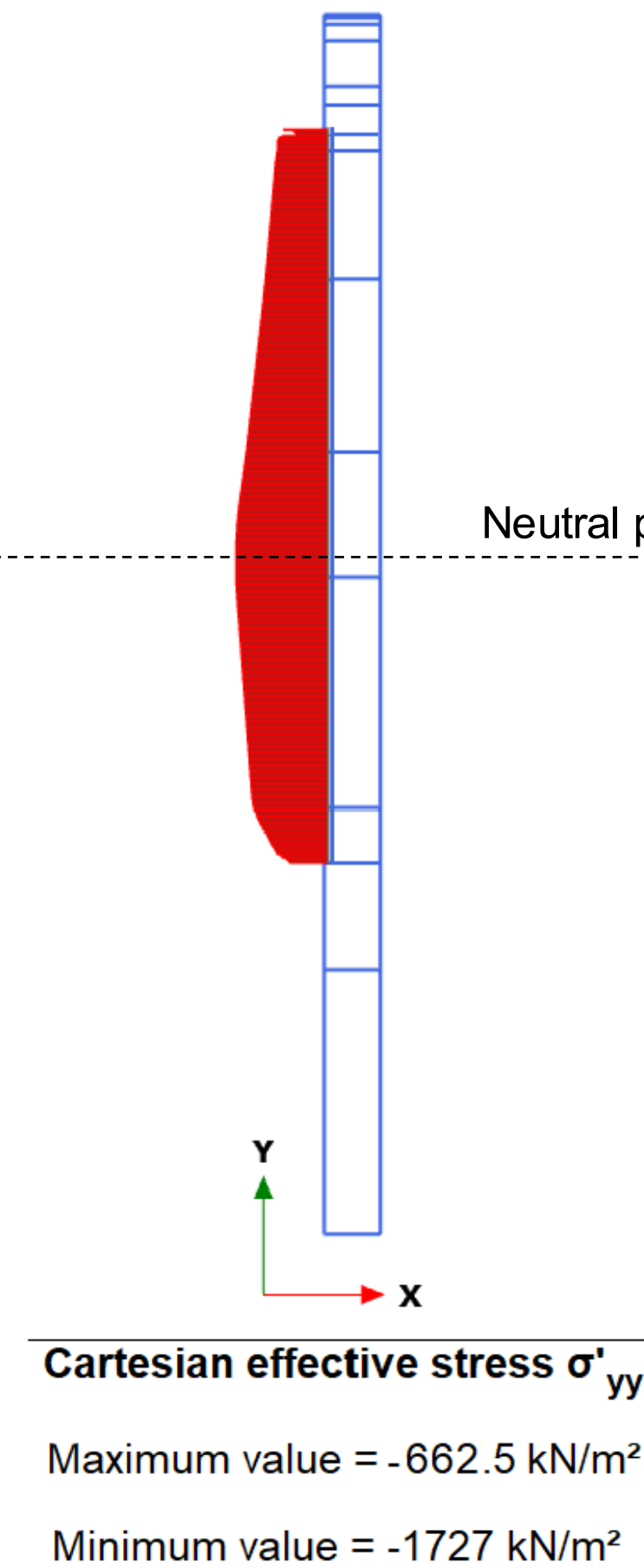
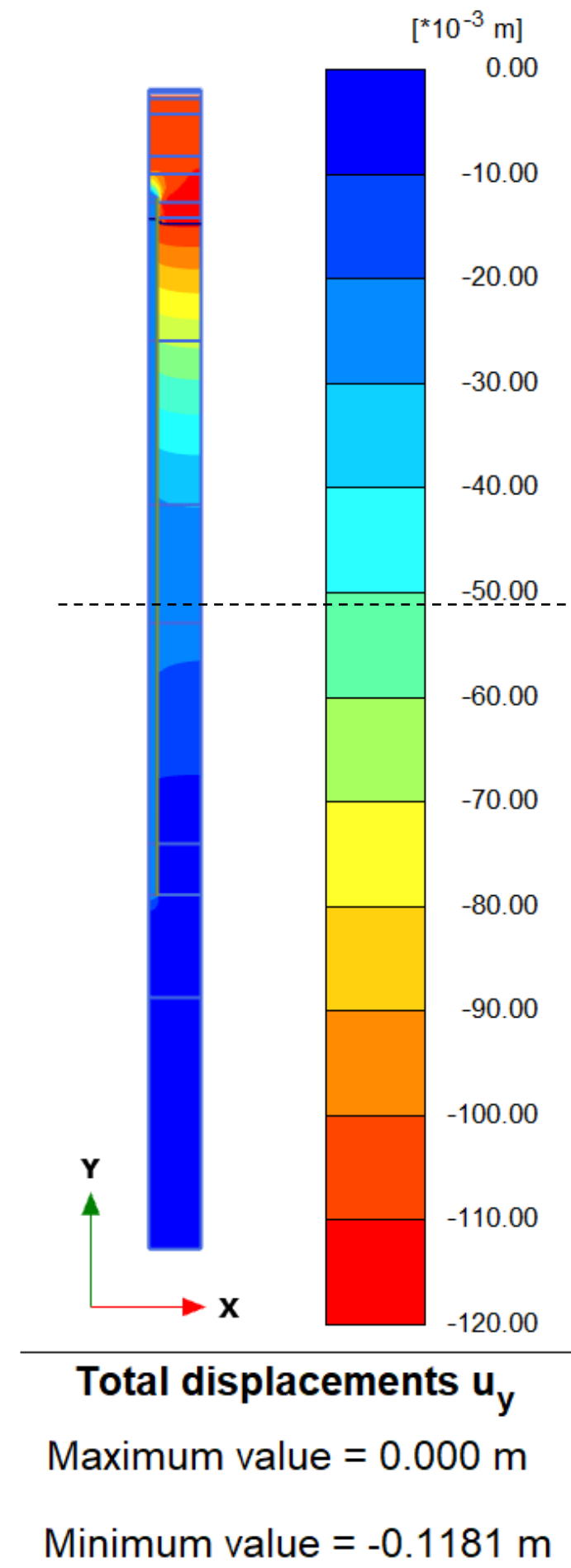
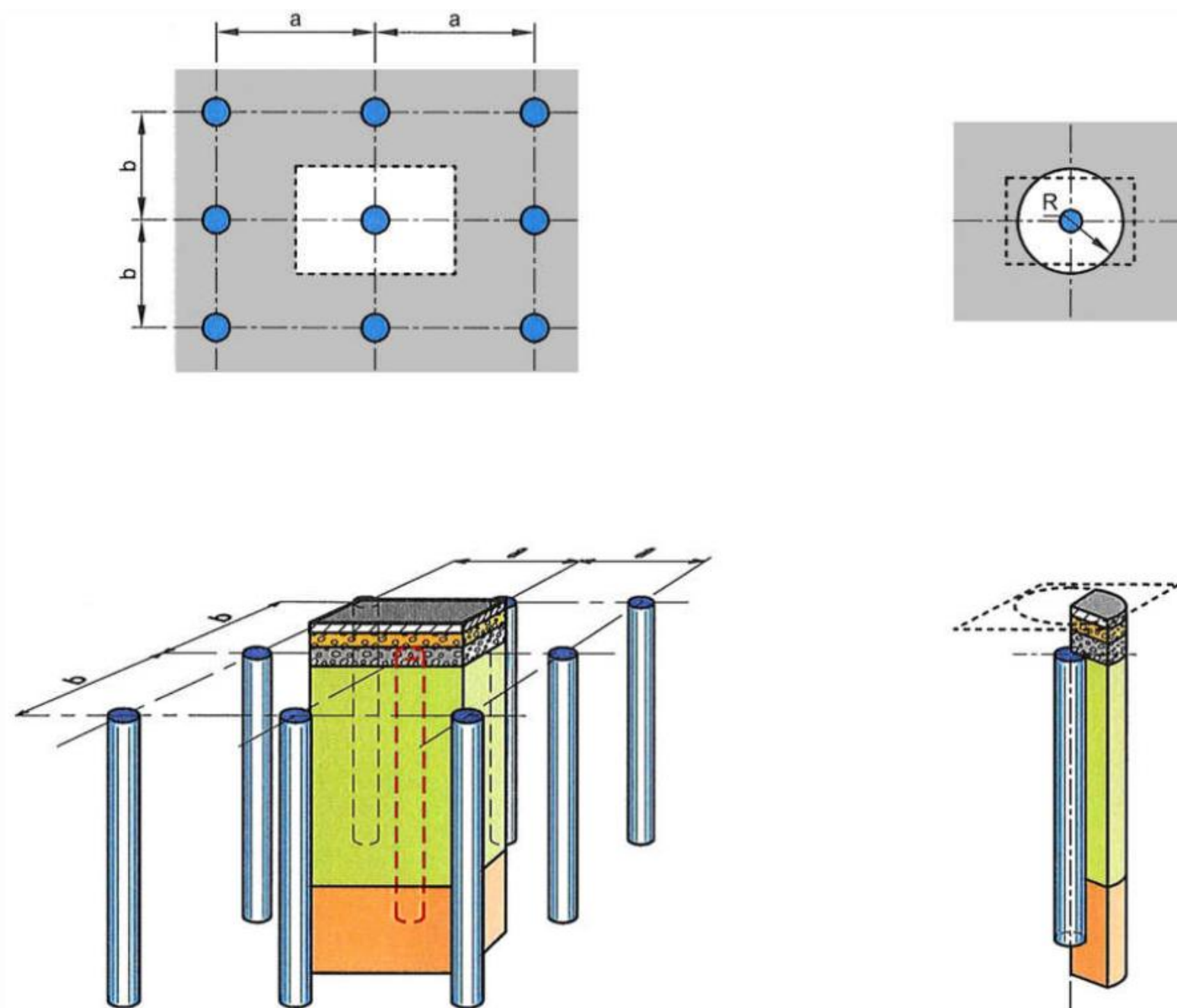
GEO
Vérif. de cohérence
• Frottement
• Pointe
• Matelas
NF P94-262 & ASIRI

STR
Intégrité des CMC
• Compression simple
• Flexion composée
• Flambement
ASIRI

Dimensionnement des inclusions rigides CMC

Calcul de la cellule élémentaire

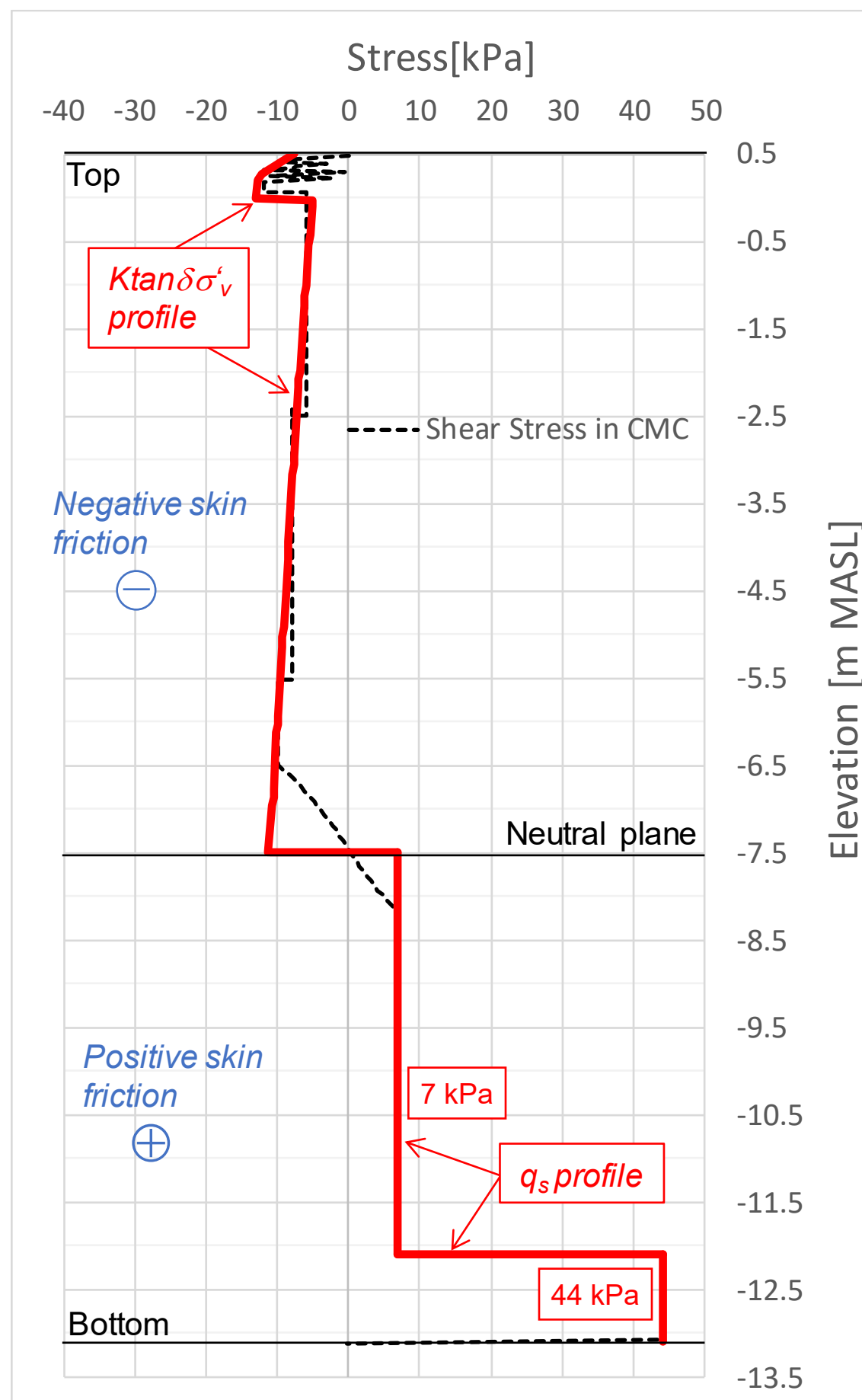
- CMC Ø320, C16/20
- 1,8 m x 1,8 m
- Ancrage = 1 m dans l'argile silteuse
- $\Delta\sigma'_{add} = 43,85 \text{ kPa}$ ($Q_{add} = 142,1 \text{ kN}$)



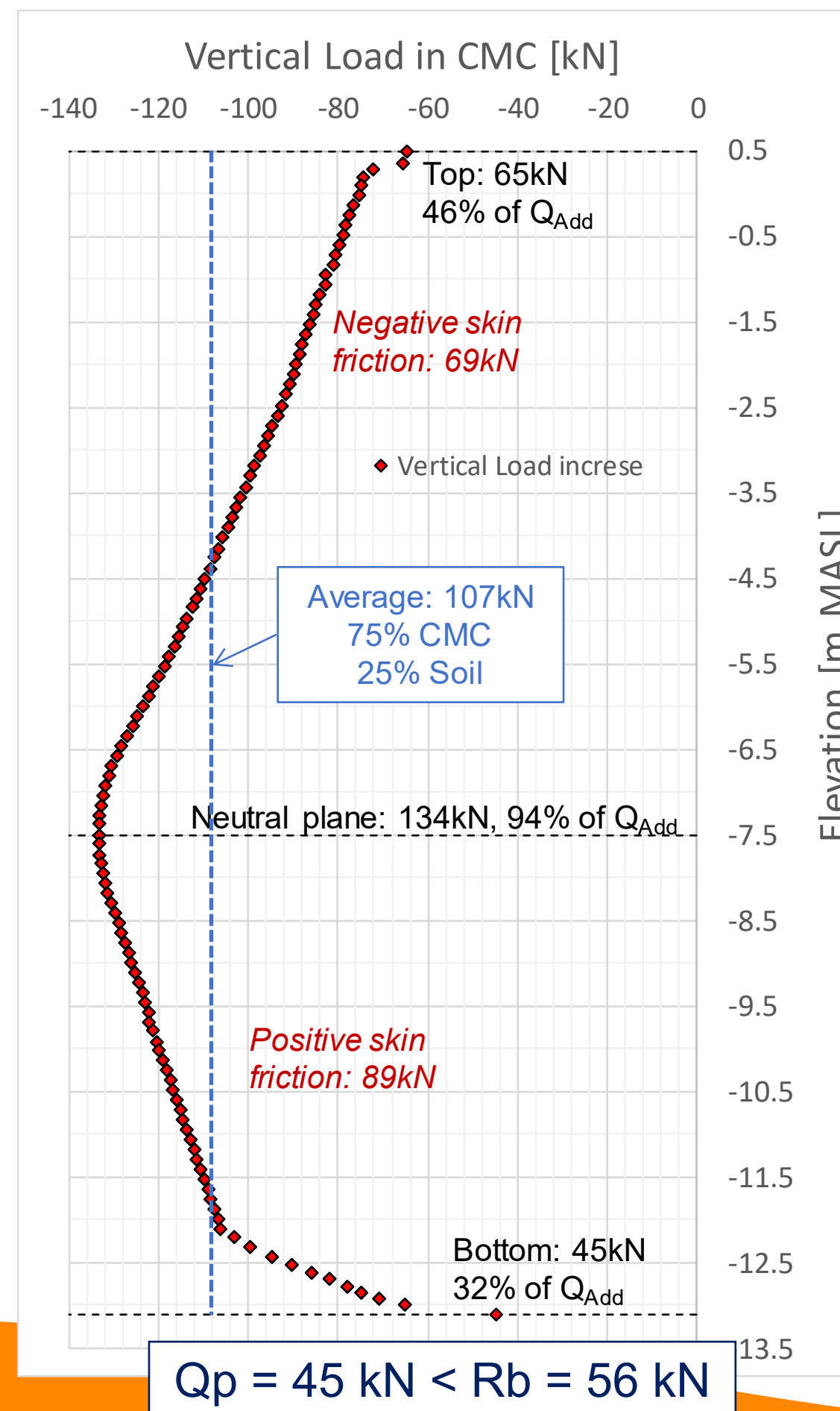
Dimensionnement des inclusions rigides CMC

Vérifications de cohérence

Frottement latéral

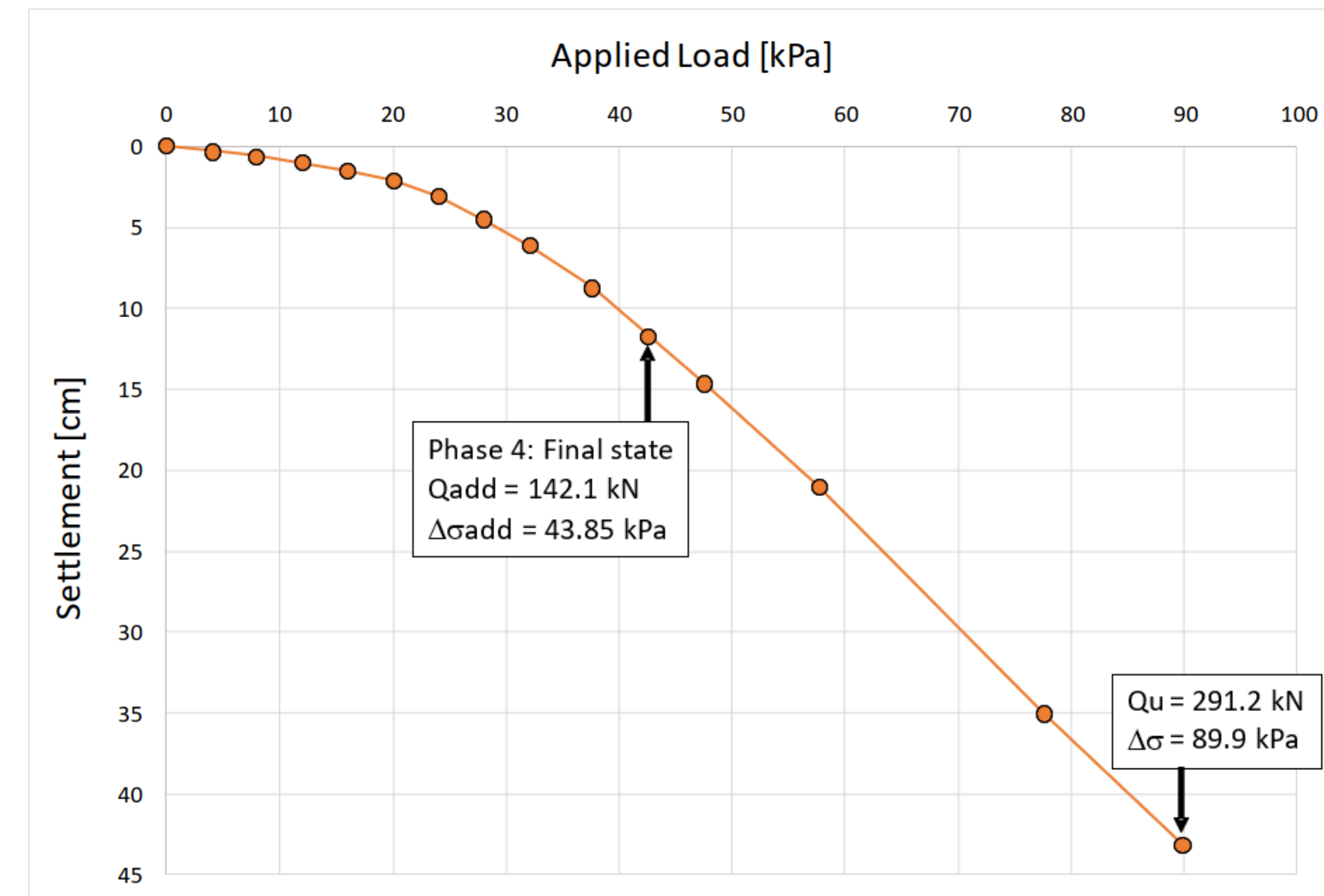


Pointe



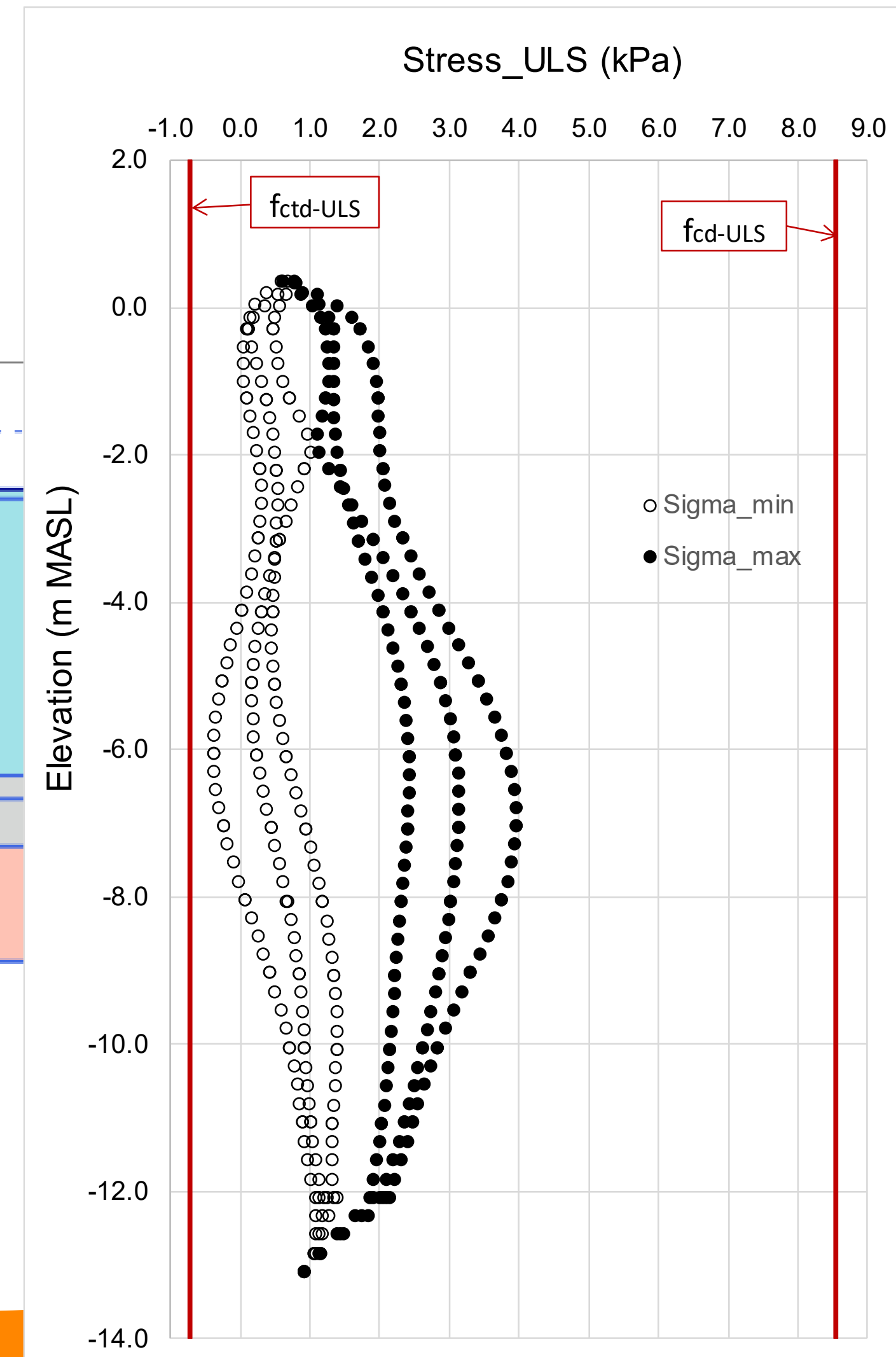
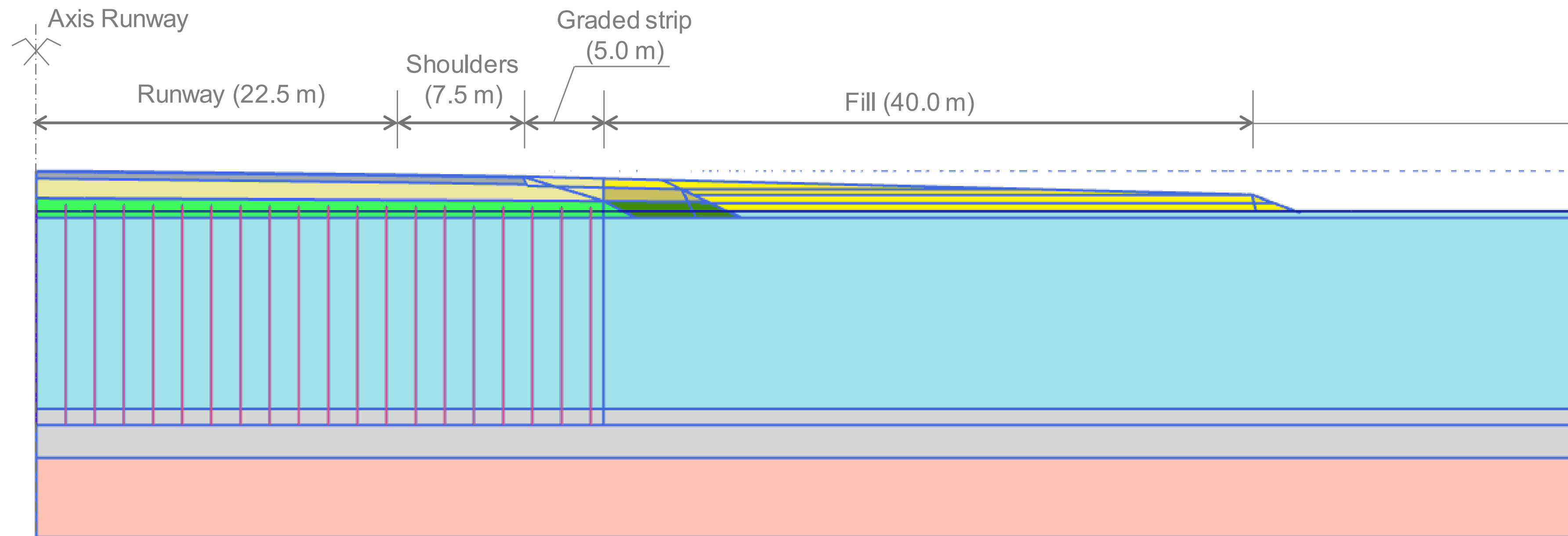
Niveau de sécurité global

$$FS = 291.2 / 142.1 = 2,05$$



Dimensionnement des inclusions rigides CMC

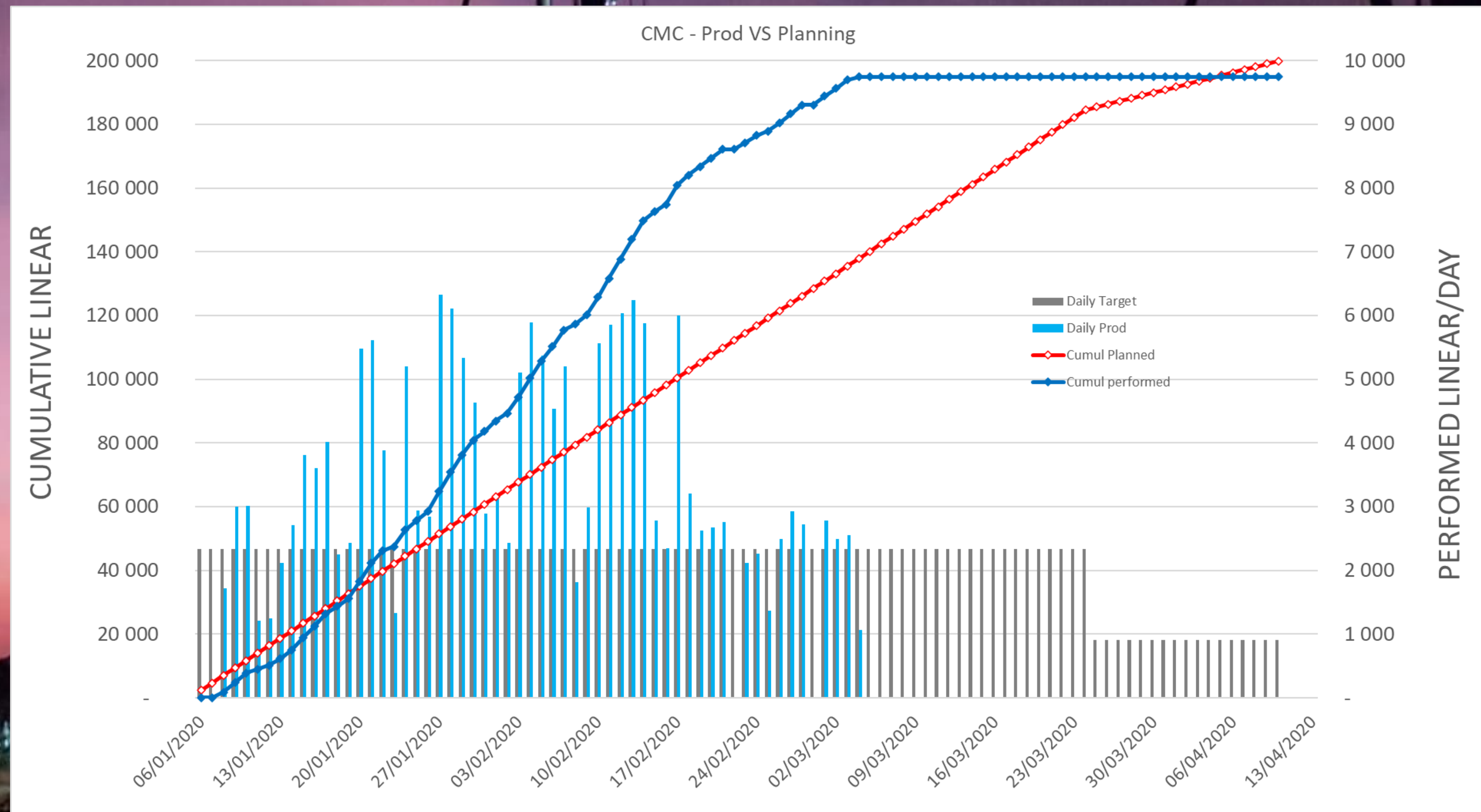
Intégrité des CMC



Installation des inclusions rigides CMC

Installation des CMC

- 14 560 CMC $\varnothing 320$
- 198 950 ml
- Surface de traitement = 49 185 m²
- Profondeur maximale = 15 m
- 2 foreuses, 2 postes, 2 mois

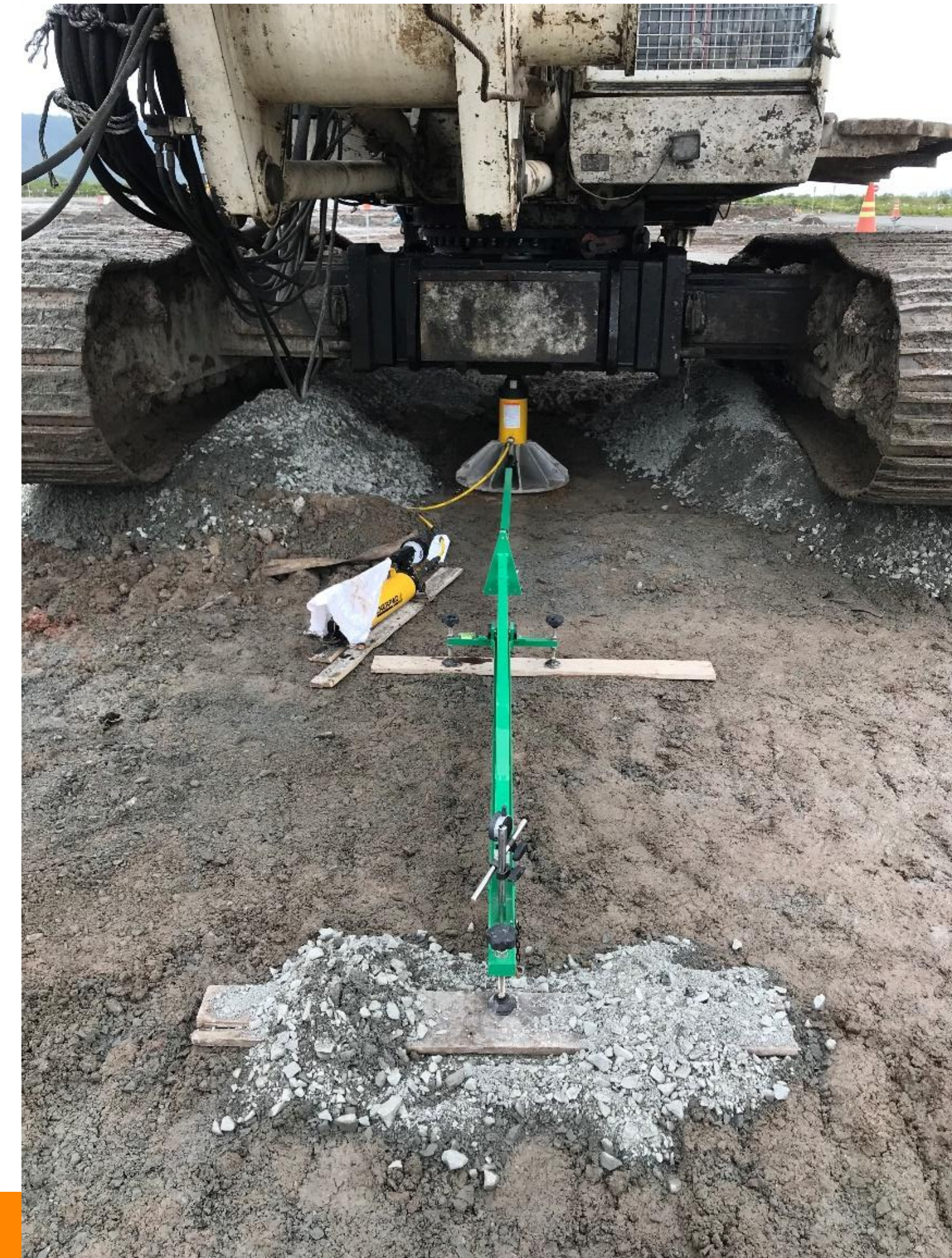


Contrôle des travaux

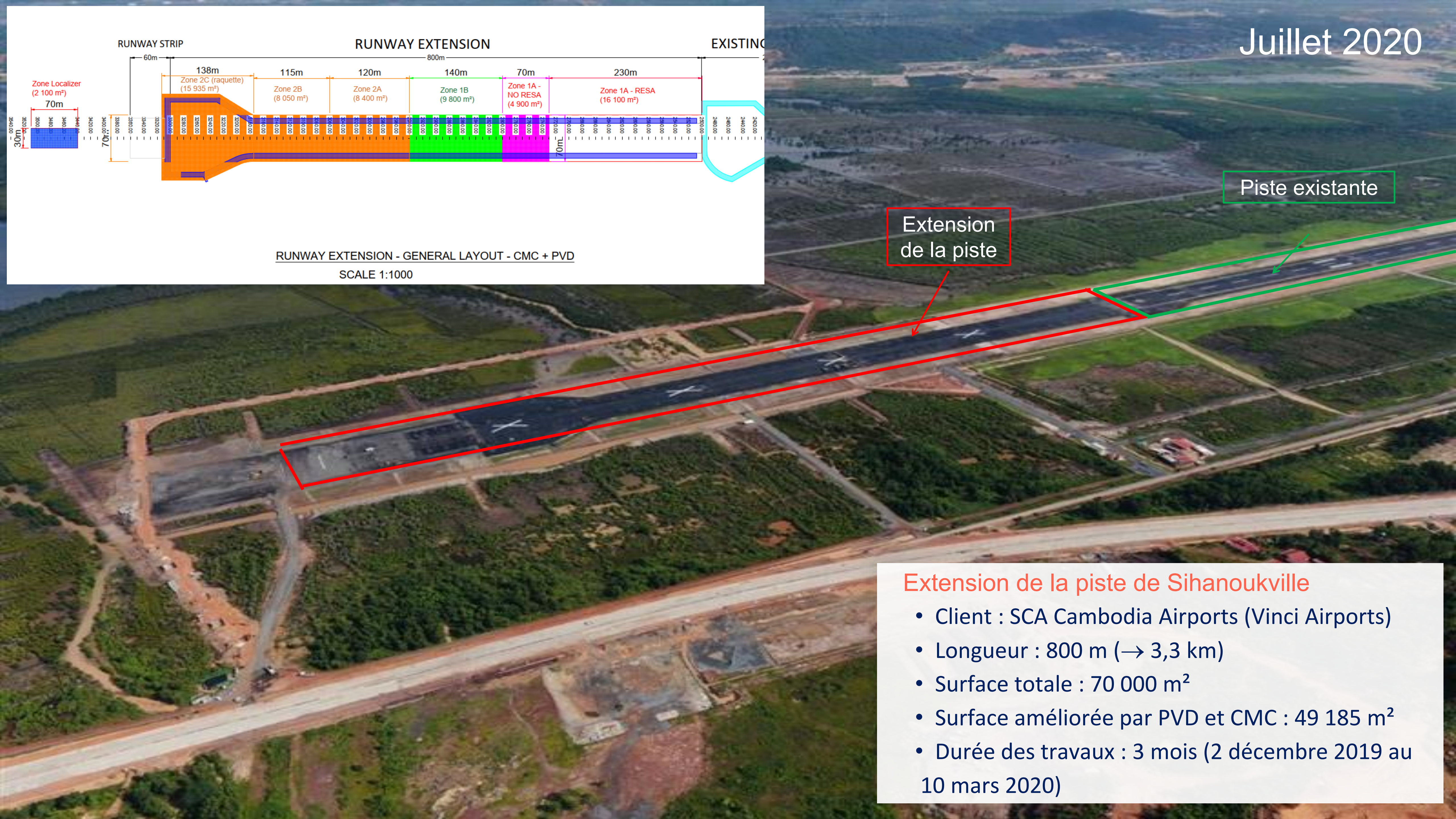
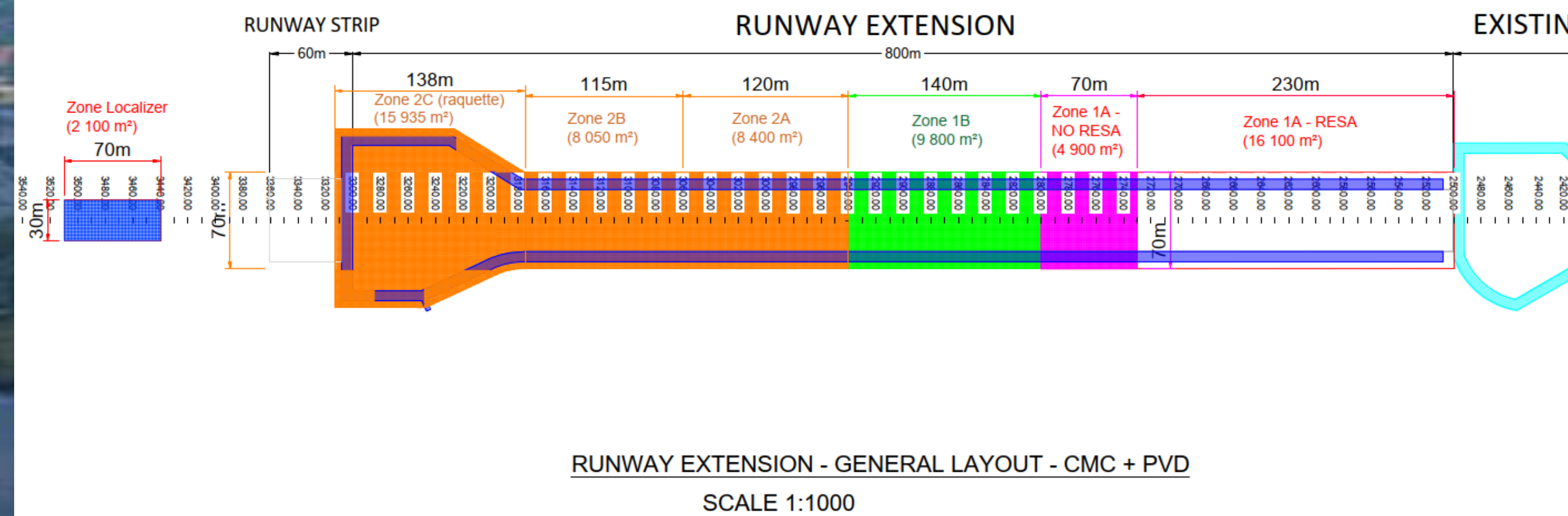
Suivi des tassements de la plate-forme de travail



Essai de chargement sur CMC



Juillet 2020



Piste existante

Extension de la piste

Extension de la piste de Sihanoukville

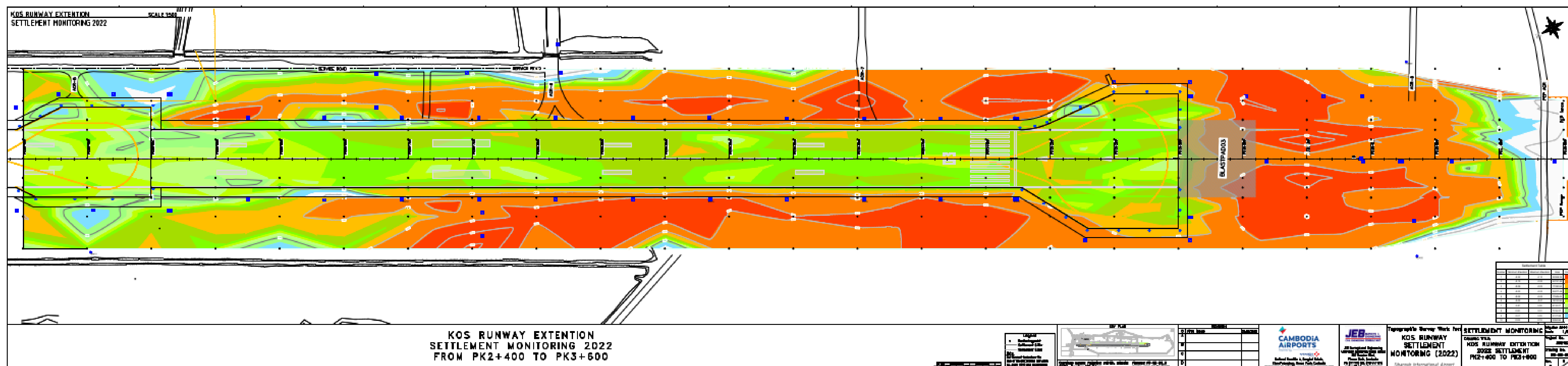
- Client : SCA Cambodia Airports (Vinci Airports)
- Longueur : 800 m (→ 3,3 km)
- Surface totale : 70 000 m²
- Surface améliorée par PVD et CMC : 49 185 m²
- Durée des travaux : 3 mois (2 décembre 2019 au 10 mars 2020)

Suivi des tassements dans le temps

14/03/2022 (18 mois après la fin de la construction de l'extension le 10 septembre 2020)

➔ Tassement moyen de la piste (PK 2+400 à PK 3+600) de l'ordre de 30 mm avec une valeur maximale de 50 mm

Settlement Table				
Number	Minimum Elevation	Maximum Elevation	Area	Color
1	-0.22	-0.10	28389.25	Red
2	-0.10	-0.05	42741.55	Orange
3	-0.05	-0.03	17330.52	Light Orange
4	-0.03	-0.02	24877.49	Light Green
5	-0.02	-0.02	17049.43	Green
6	-0.02	-0.01	12310.56	Light Green
7	-0.01	0.00	6132.27	Light Green
8	0.00	0.01	7316.37	Light Green
9	0.01	0.03	4107.98	Light Blue
10	0.03	2.19	3994.56	Light Blue



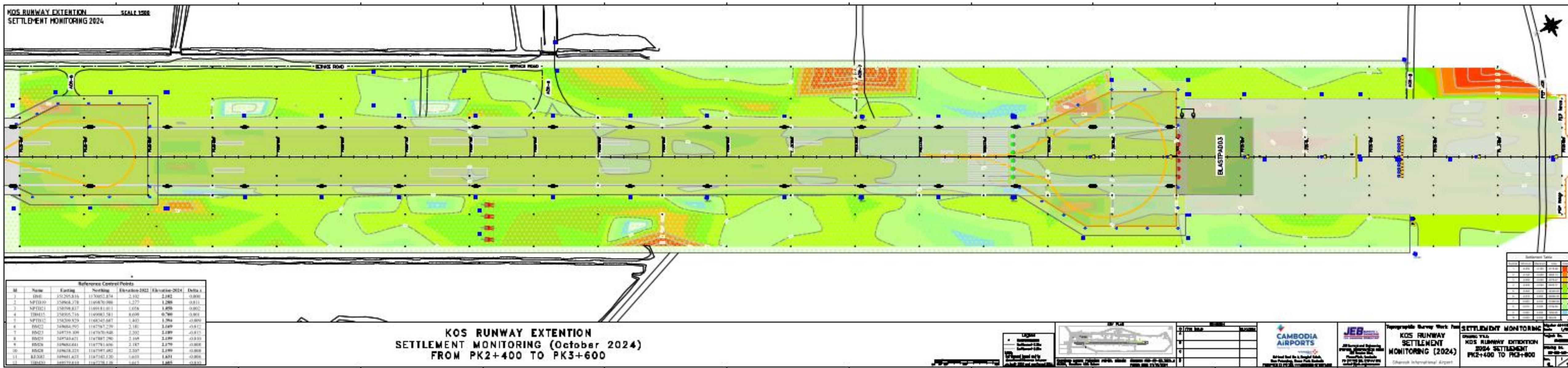
Suivi des tassements dans le temps

18/10/2024 (31 mois après les mesures du 14/03/2022)

➔ Tassement moyen de la piste (PK 2+400 à PK 3+600) très faible avec une valeur maximale de 12 mm

14/03/2022

Number	Minimum	Maximum	Area	Color
1	-0.350	-0.100	2175.28	Red
2	-0.100	-0.050	2852.13	Orange
3	-0.050	-0.030	4275.47	Yellow
4	-0.030	-0.020	9525.77	Light Green
5	-0.020	-0.010	24304.20	Green
6	-0.010	0.000	84884.05	Light Green
7	0.000	0.010	31968.36	Light Green
8	0.010	0.020	5158.36	Light Green
9	0.020	0.030	1056.85	Light Blue
10	0.030	0.350	549.53	Blue





Stavropole Market

Friend café

VINCI CONSTRUCTION GRANDS PROJETS...

PTT aviation fuel tank farm

Merci pour votre attention



INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON GROUND IMPROVEMENT

12 - 14 AVRIL 2027

**CITÉ INTERNATIONALE DE LYON
& INSA LYON**

A propos du Symposium

Organisé en collaboration avec le Comité Technique TC211 de l'ISSMGE et co-organisé avec le CFMS (Comité Français de Mécanique des Sols et de Géotechnique). Le symposium réunit des chercheurs, ingénieurs et professionnels du monde entier pour partager leurs connaissances et échanger sur les innovations en amélioration des sols et en renforcement des terrains.



Informations

- La soumission des résumés est ouverte (**date limite : 15 mai 2026**).
- 2 jours de sessions plénières et de conférences invitées (**12-13 avril**).
- 1 journée d'atelier (**14 avril**).
- Les thématiques couvriront les innovations et avancées en amélioration des sols.



PLUS D'INFORMATIONS
ISGI-LYON2027.COM