

Tirants d'ancrage actifs

Ouvrages géotechniques

Tirants d'ancrage actifs

1. Description

1. Terminologie
2. Exécution
3. Applications en terrain meuble

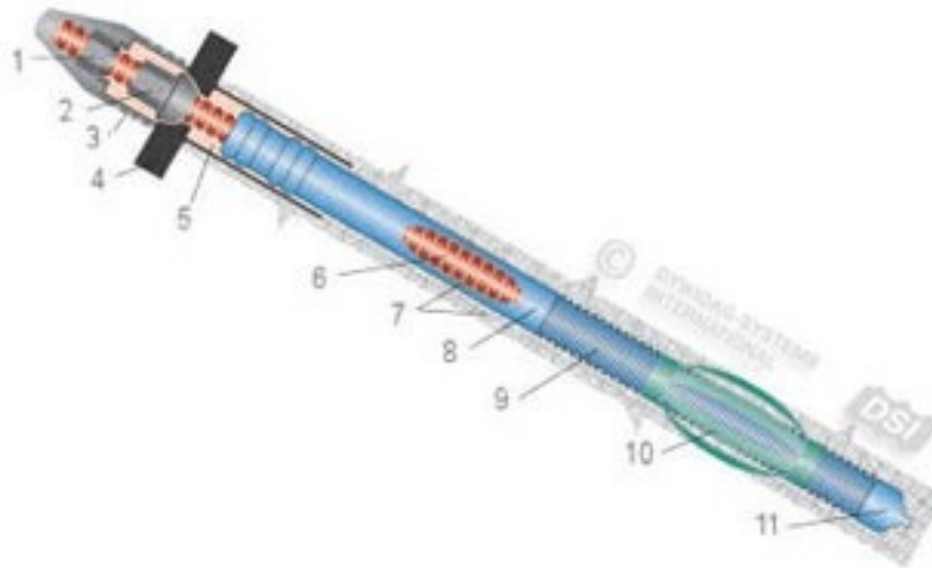
2. Calcul

1. Détermination de la longueur libre théorique
2. Principe de calcul
3. Prédimensionnement de la longueur d'ancrage
4. Dimensionnement et contrôle

Tirants d'ancrage monobarre

Dywidag

Tirant permanent



- | | |
|----------------------------------|--------------------------|
| 1- écrou en plastique | 7 - coulis de ciment |
| 2- écrou à embase sphérique | 8 - gaine lisse |
| 3- capot | 9 - gaine nervurée |
| 4- plaque d'ancrage | 10- distanceur corbeille |
| 5- produit souple anti-corrosion | 11- coiffe de pied |
| 6- barre nervurée | |

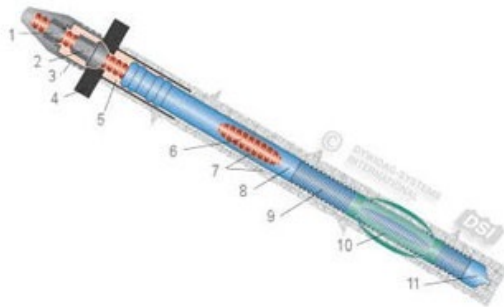
Tirant provisoire



- | | |
|-----------------------------|-------------------------|
| 1- écrou en plastique | 5- gaine |
| 2- écrou à embase sphérique | 6- barre nervurée |
| 3- capot | 7- distanceur corbeille |
| 4- plaque d'ancrage | |

Tirants d'ancrage monobarre Dywidag

Tirant permanent



- 1- écrou en plastique
- 2- écrou à embase sphérique
- 3- capot
- 4- plaque d'ancrage
- 5- produit souple anti-corrosion
- 6- barre nervurée
- 7 - coulis de ciment
- 8 - gaine lisse
- 9 - gaine nervurée
- 10 - distanceur corbeille
- 11 - coiffe de pied

Tirant provisoire

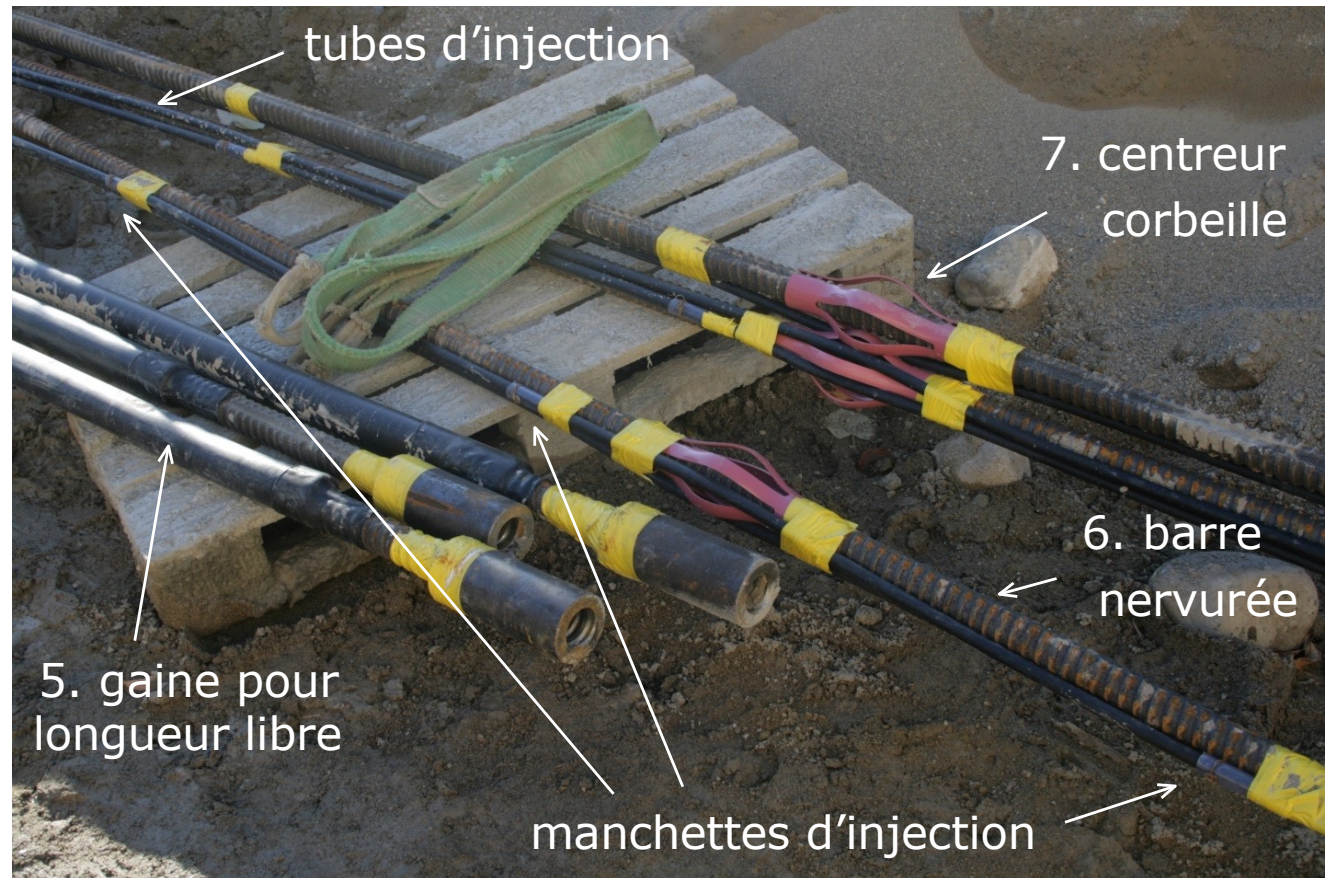


- 1- écrou en plastique
- 2- écrou à embase sphérique
- 3- capot
- 4- plaque d'ancrage
- 5- gaine
- 6- barre nervurée
- 7- distanceur corbeille

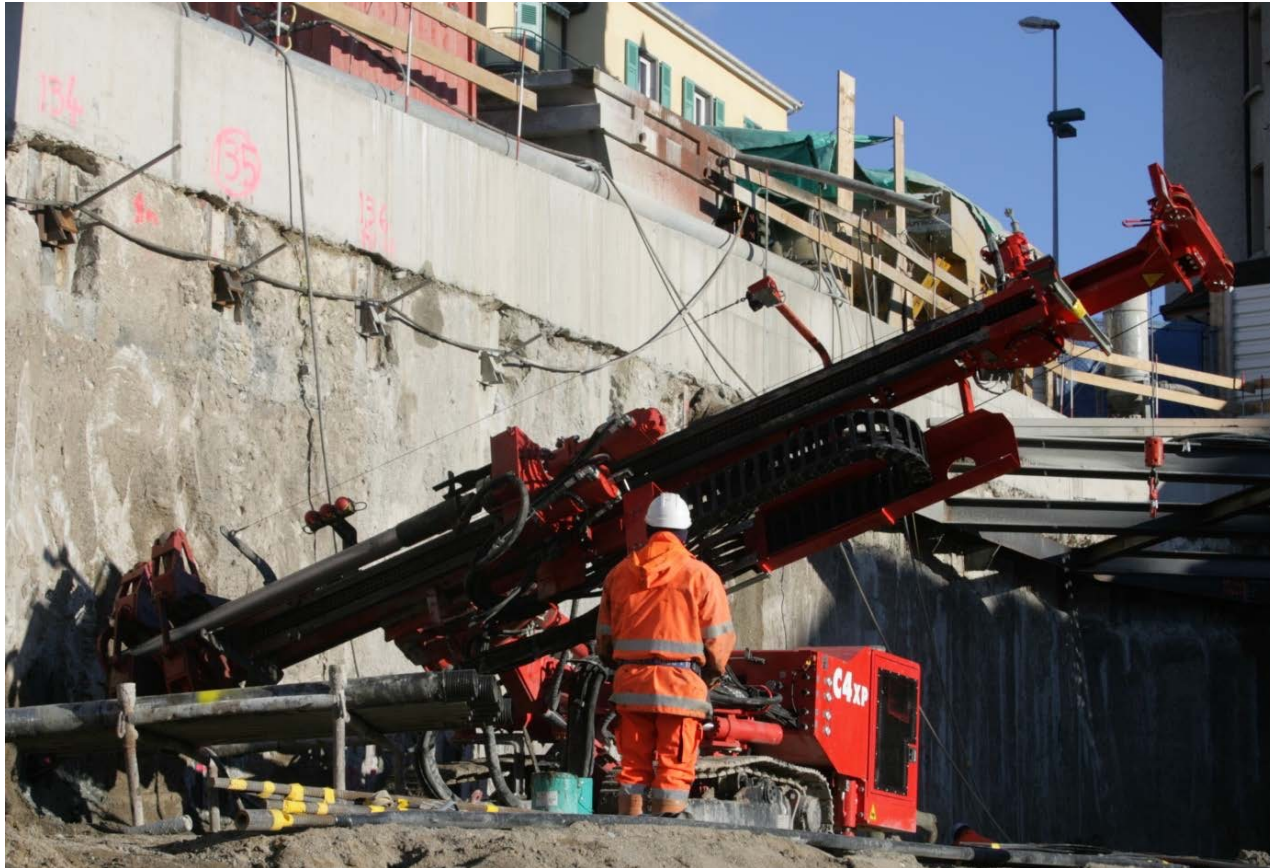
Type	Tirant définitif et provisoire									
	Classe d'acier f/fp0.1kpk	Désignation	Diamètre nominal	Section	Masse	Limite élastique fp0.1k	Limite de rupture	Traction admissible provisoire 0,75.fp0.1k	Traction admissible permanente 0,60.fp0.1k	Traction admissible essai 0,90.fp0.1k
			[mm]	[mm²]	[kg/m]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]
Barres DYWIDAG	950/1050	26WR	26,5	552	4,48	525	580	393	314	472
	950/1050	32WR	32	804	6,53	760	845	573	458	688
	950/1050	36WR	36	1018	8,27	960	1070	725	580	570
	950/1050	40WR	40	1257	10,21	1190	1320	895	716	1074
	950/1050	47WR	47,5	1735	14,10	1650	1820	1263	1010	1515
	950/1050	57WR	57,5	2581	20,95	2155	2671	1616	1293	1940
	950/1050	65WR	65	3331	27,10	2780	3447	2085	1668	2502
	950/1050	75WR	75	4418	35,90	3690	4572	2767	2214	3321

Tirants d'ancrage monobarre provisoires

(fouille Nestlé à la Tour-de-Peilz)



Forage, injection et serrage de tirants monobarre provisoires (fouille Nestlé à la Tour-de-Peilz)

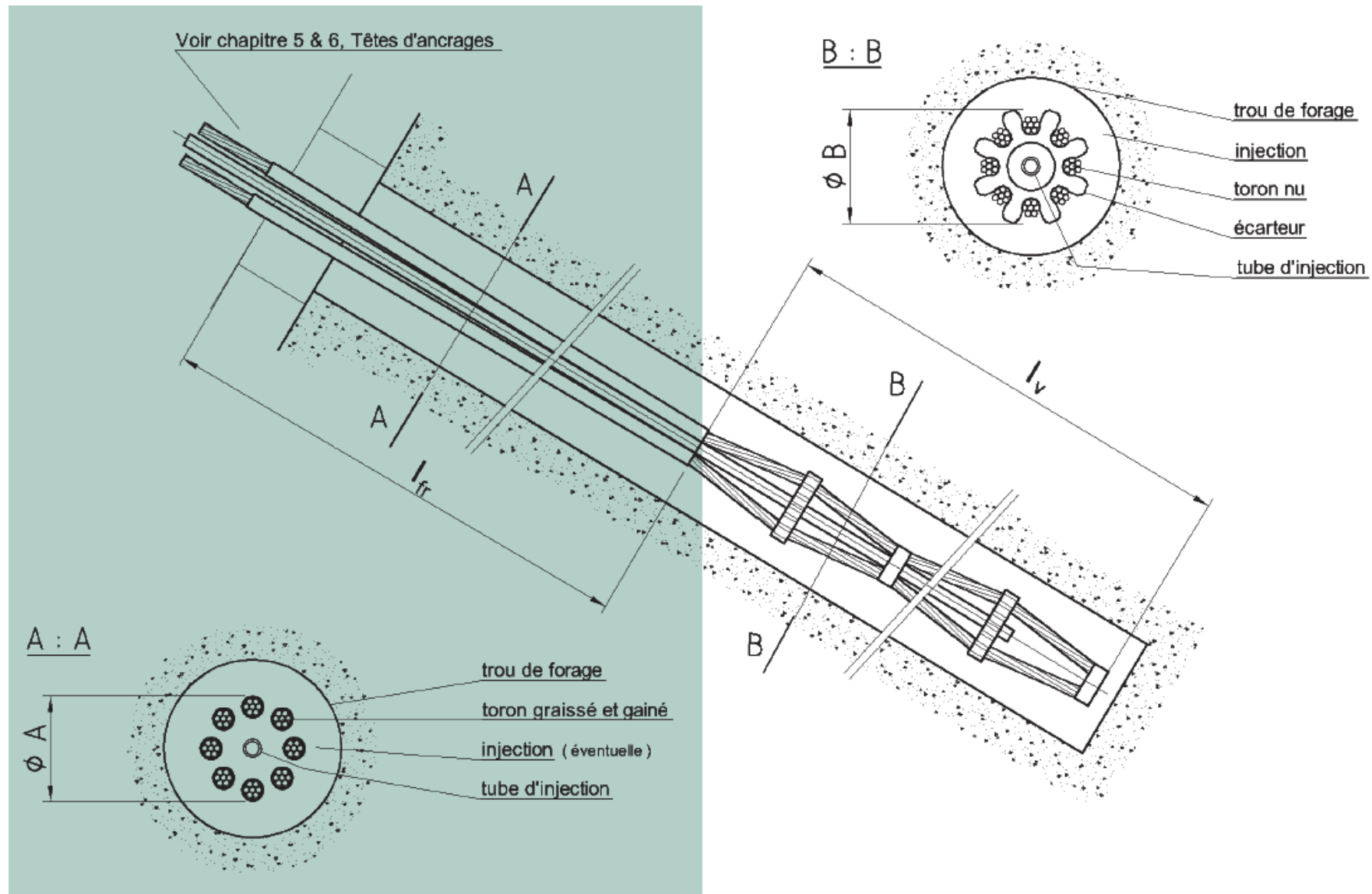


écrou de serrage et
plaque d'ancrage



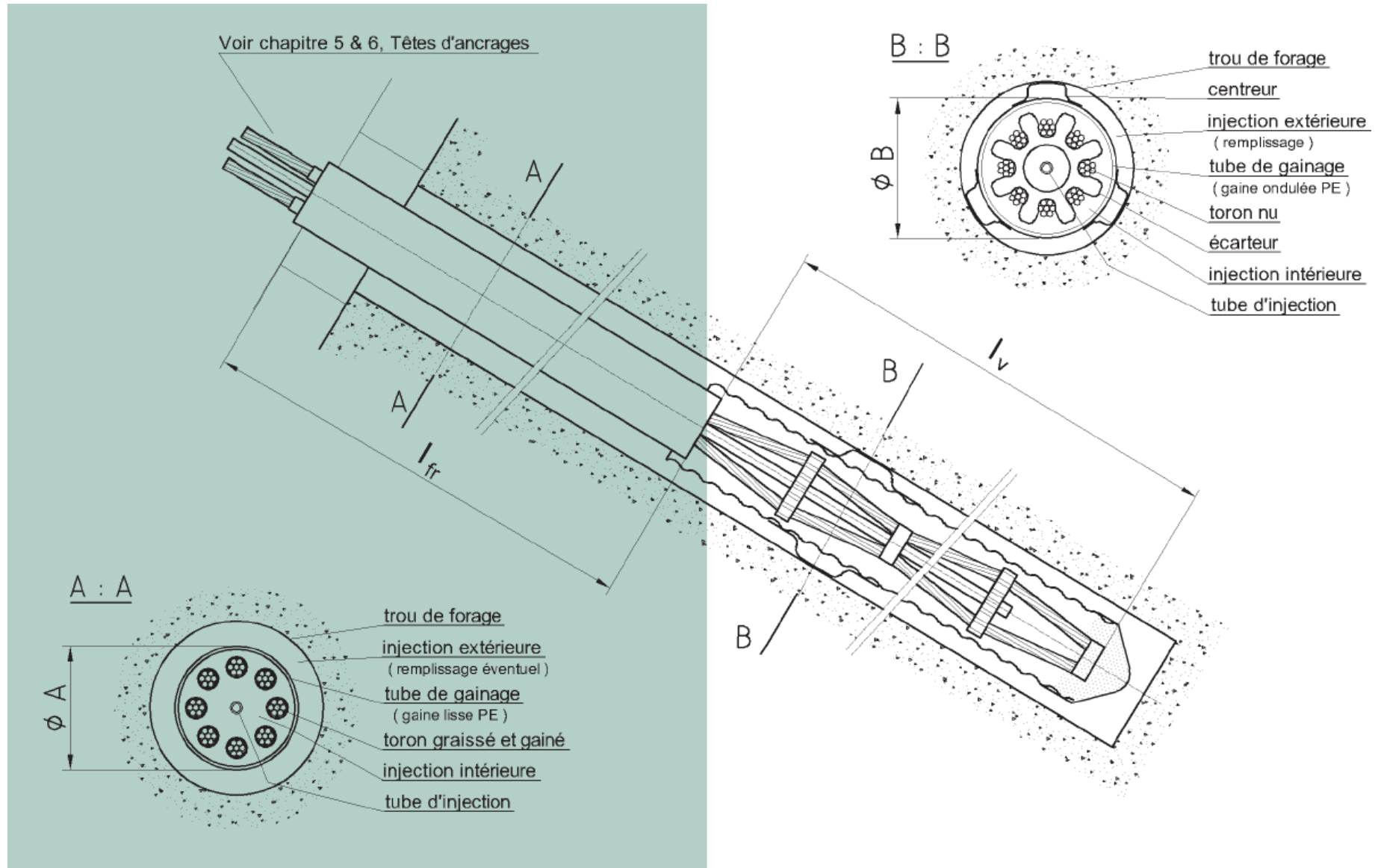
Tirants d'ancrage temporaires Freyssinet

Type T à torons T15S, $f_{pk} = 1\,860 \text{ N/mm}^2$



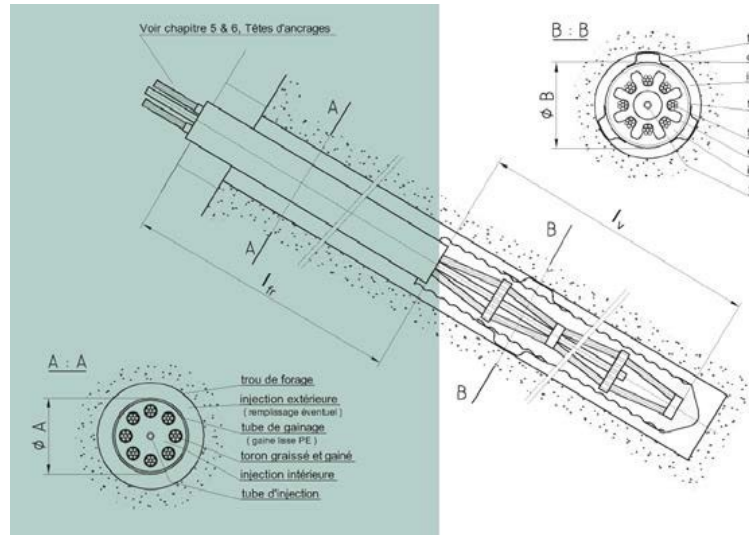
Tirants d'ancrage permanents Freyssinet

Type P à torons T15S, $f_{pk} = 1\,860\text{ N/mm}^2$



Tirants d'ancrage permanents Freyssinet

Type P à torons T15S, $f_{pk} = 1\,860\text{ N/mm}^2$

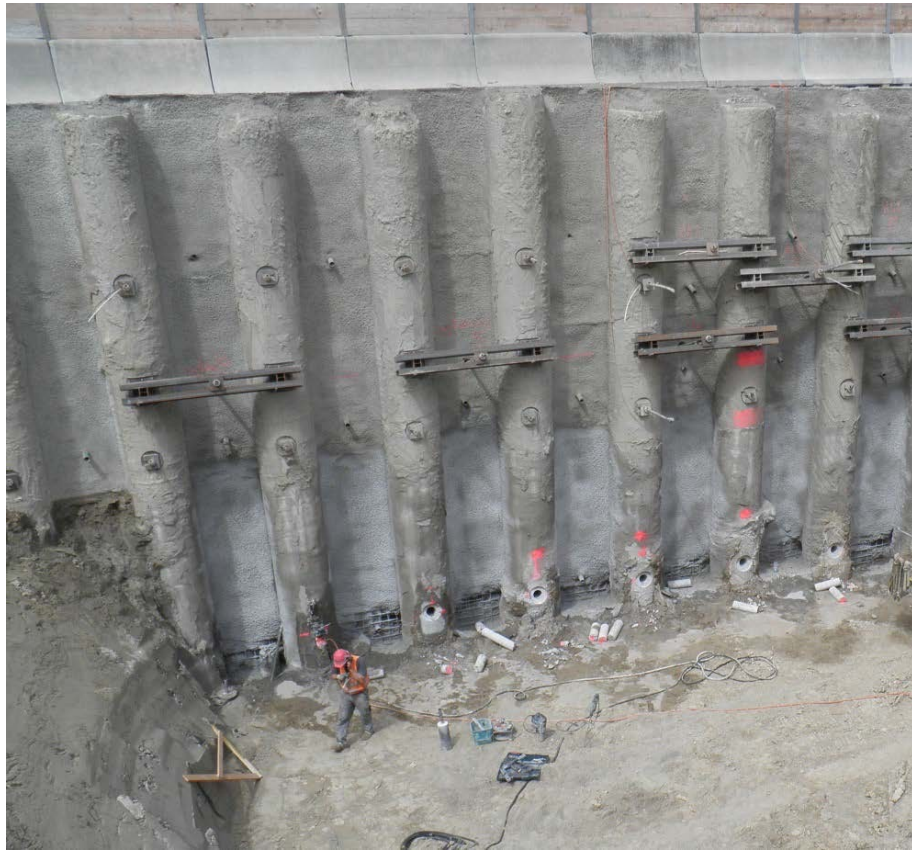


Tirant type	Ø A (mm)	Ø B (mm)	A_p (mm ²)	P_{pk} (kN)	P_p max (kN) $0,75 f_{pk}$	P_o max (kN) $0,60 f_{pk}$	P_o min (kN) $0,30 f_{pk}$	P_{pv} max (kN) $0,82 f_{pk}$
2T15S	75	105	300	558	419	335	167	458
3T15S	75	105	450	837	628	502	251	686
• 4T15S	75	105	600	1116	837	670	335	915
5T15S	75	105	750	1395	1046	837	419	1144
6T15S	75	105	900	1674	1256	1004	502	1373
• 7T15S	75	105	1050	1953	1465	1172	586	1601
8T15S	100	130	1200	2232	1674	1339	670	1830
9T15S	100	130	1350	2511	1883	1507	753	2059
10T15S	100	130	1500	2790	2093	1674	837	2288
11T15S	100	130	1650	3069	2302	1841	921	2517
12T15S	100	130	1800	3348	2511	2009	1004	2745
• 13T15S	100	130	1950	3627	2720	2176	1088	2974
14T15S	125	155	2100	3906	2930	2344	1172	3203
15T15S	125	155	2250	4185	3139	2511	1256	3432
16T15S	125	155	2400	4464	3348	2678	1339	3660
17T15S	125	155	2550	4743	3557	2846	1423	3889
18T15S	125	155	2700	5022	3767	3013	1507	4118
• 19T15S	125	155	2850	5301	3976	3181	1590	4347

• Têtes d'ancrage pleinement utilisées

Ø A = diamètre extérieur théorique de la gaine PEHD, Ø B = diamètre extérieur maximal du tirant (y compris centreurs)

Tirants d'ancrage actifs (Tranchée de la Poya, Fribourg)



Tirants d'ancrage actifs (CCR – EPFL)



Tirants d'ancrage actifs (Fouille Philip Morris à Lausanne)



Tirants d'ancrage actifs

1. Description

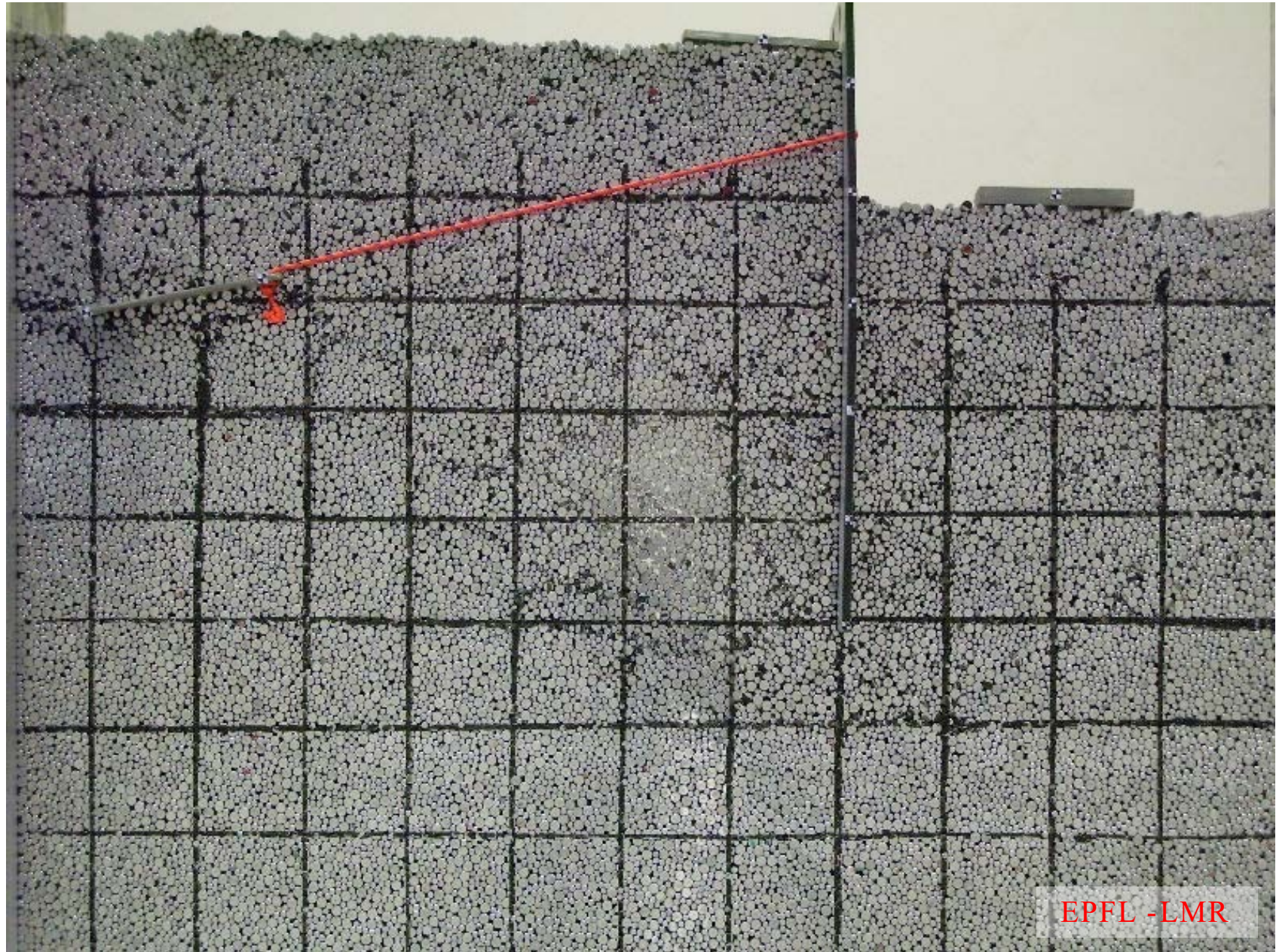
1. Terminologie
2. Exécution
3. Applications en terrain meuble

2. Calcul

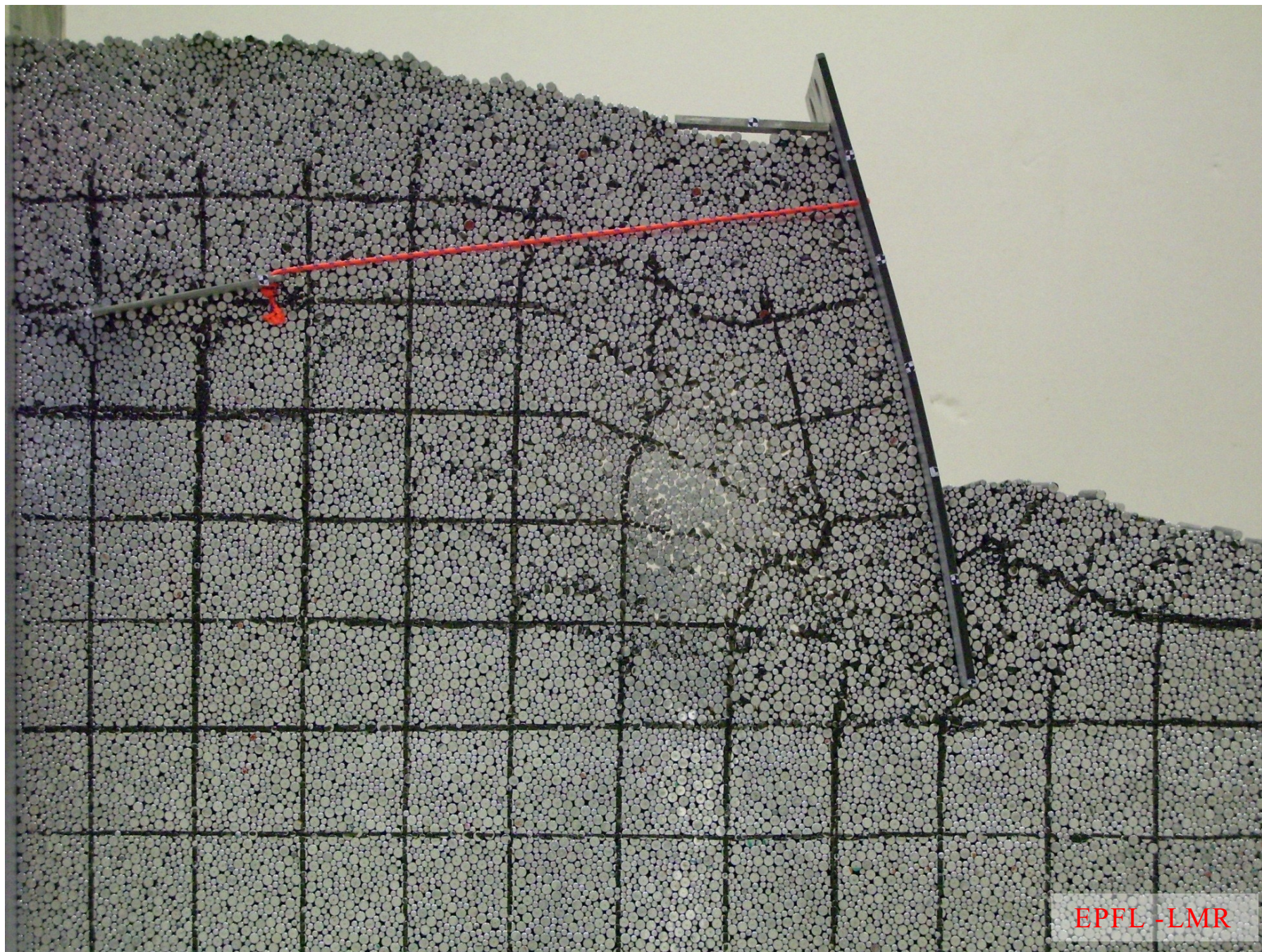
1. Détermination de la longueur libre théorique
2. Principe de calcul
3. Prédimensionnement de la longueur d'ancrage
4. Dimensionnement et contrôle

Influence de la longueur libre de tirants d'ancrage sur la stabilité d'une fouille soutenue par une paroi ancrée

Laboratoire effectué par R. Pfund
Ouvrages géotechniques



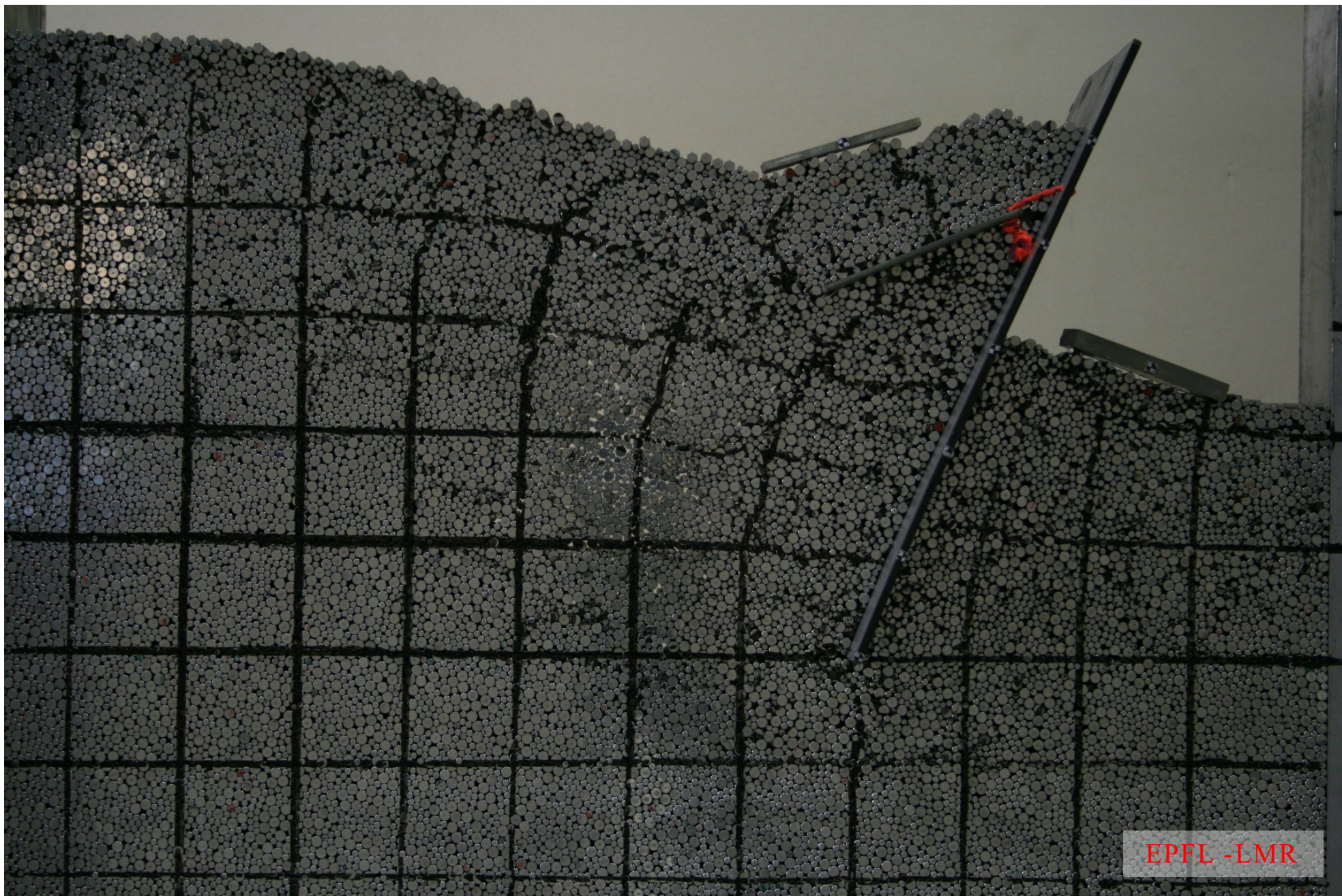
EPFL -LMR



EPFL -LMR

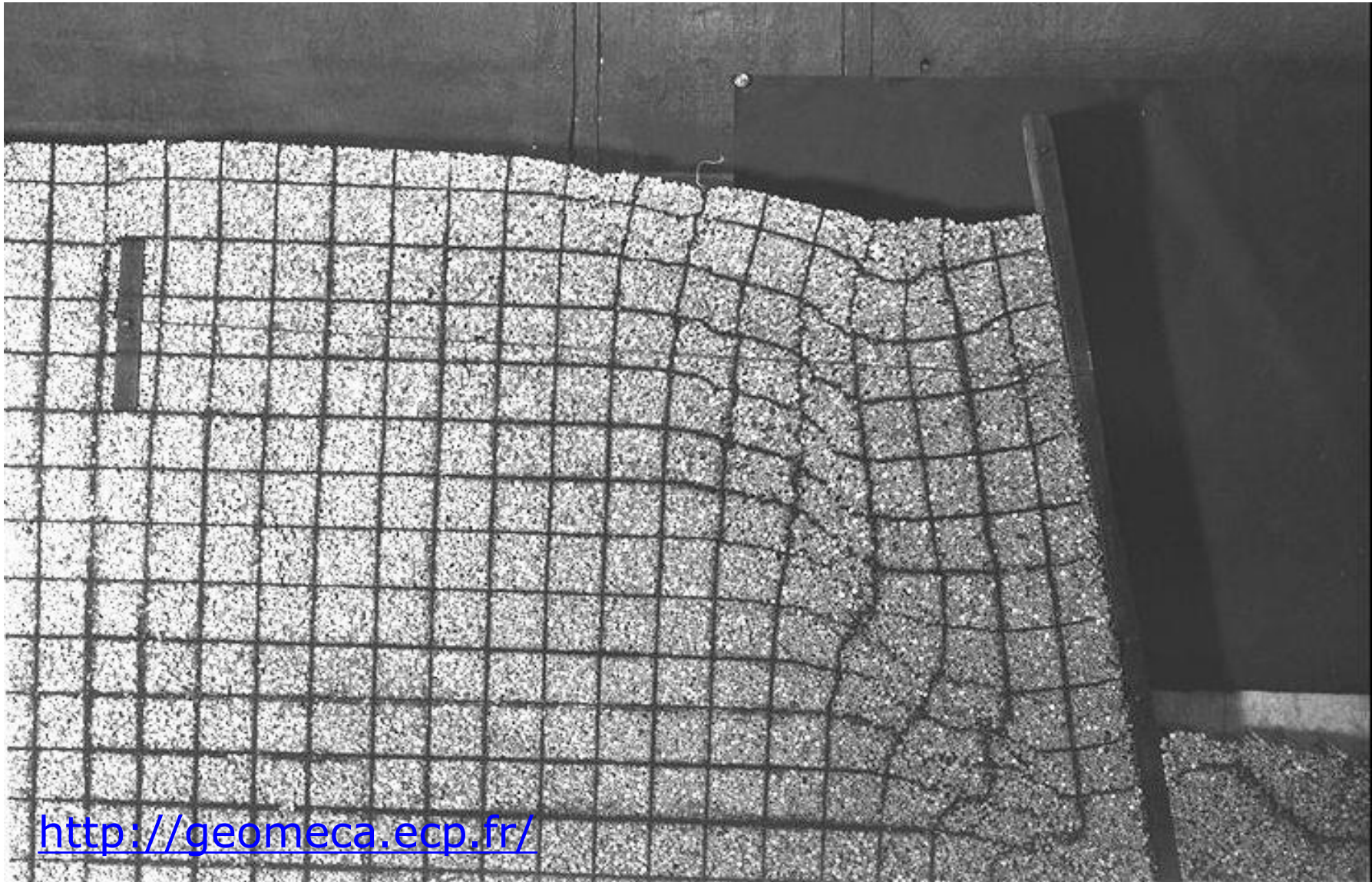


EPFL -LMR

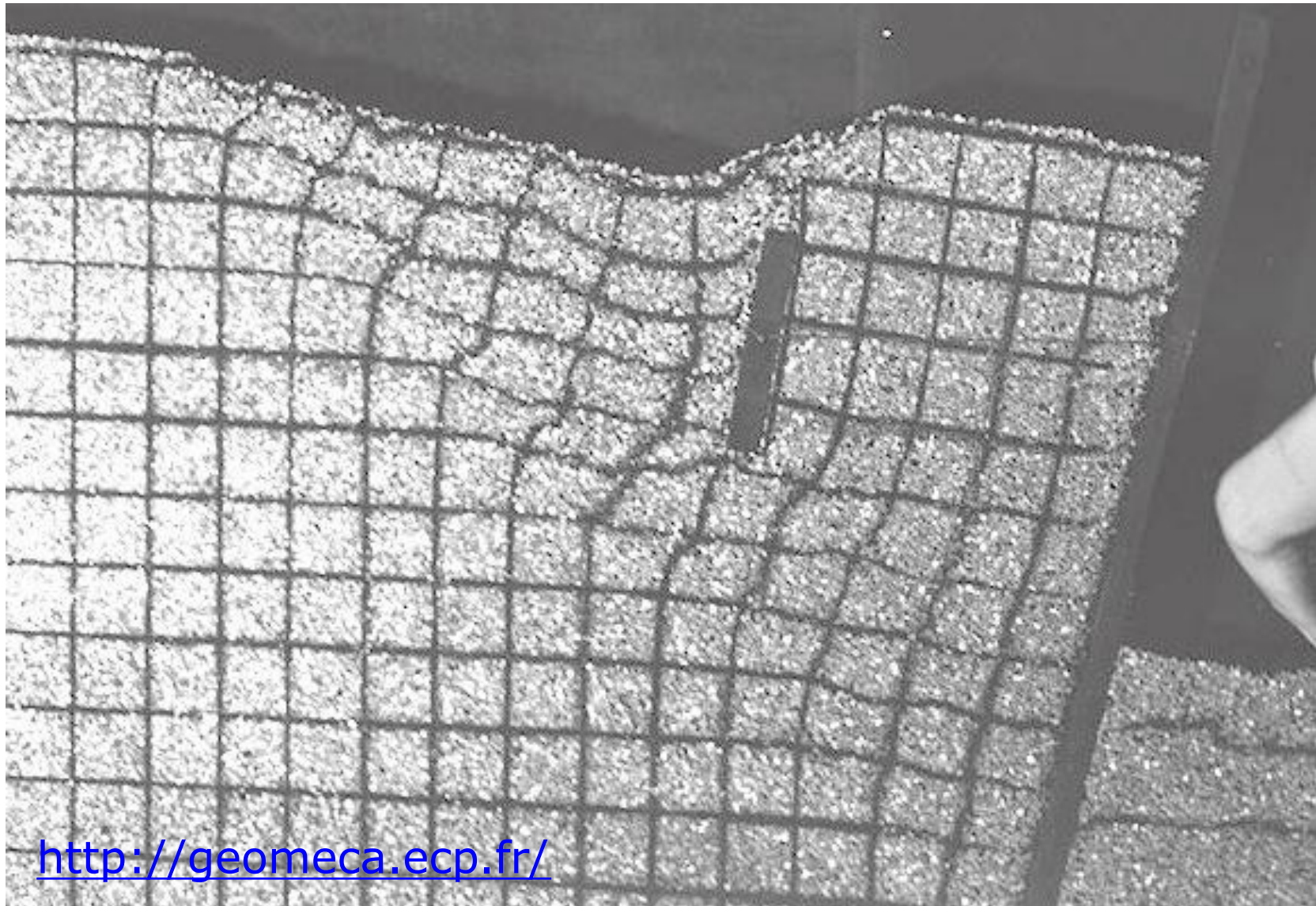


EPFL -LMR

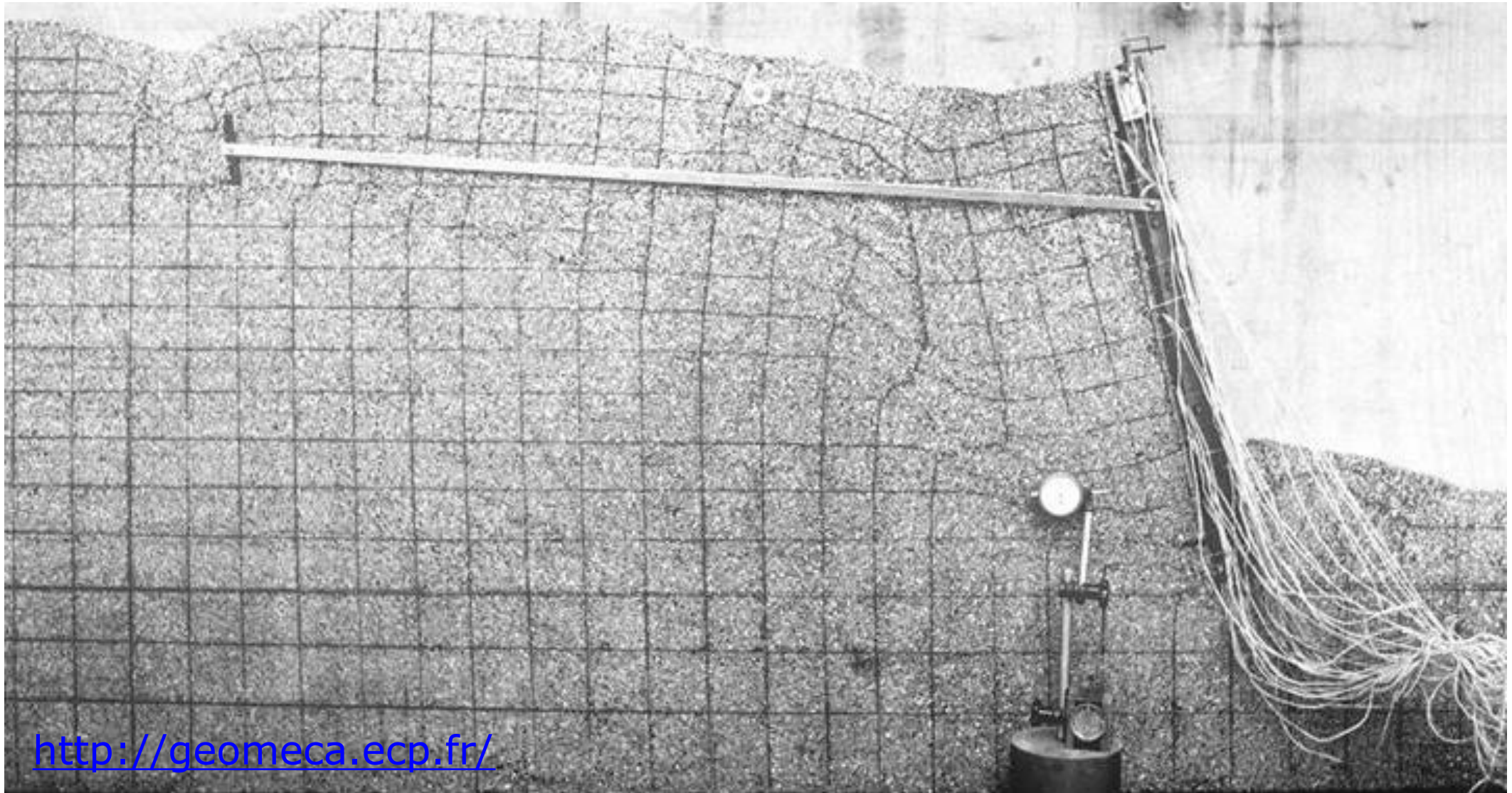
Longueur libre suffisante

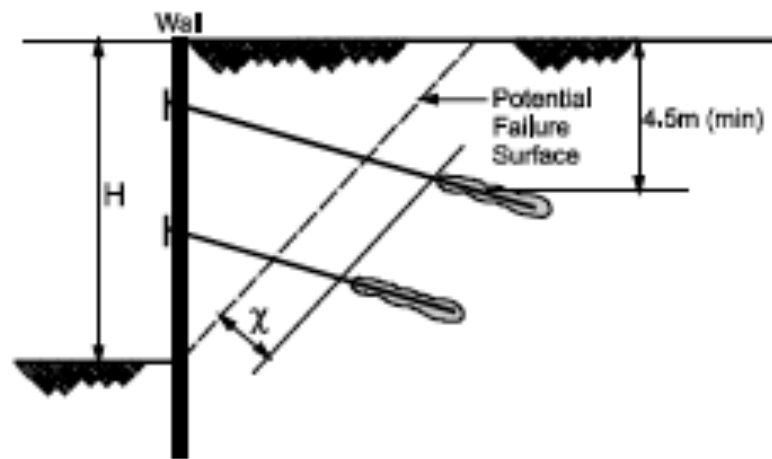


Longueur libre **i**nsuffisante



Mécanisme de rupture plus complexe

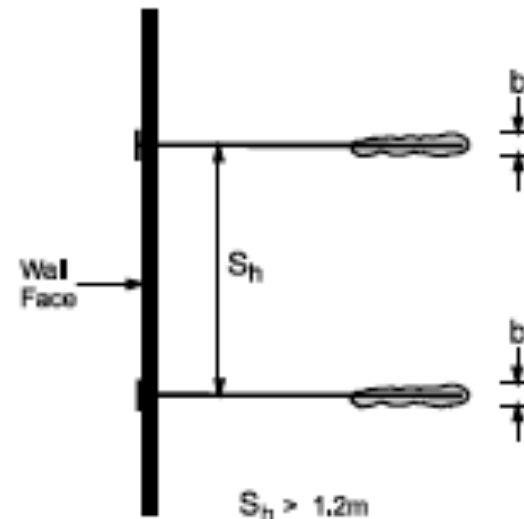




Minimum unbonded length = 3m (bar)
4.5m (strand)

$\chi = 1.5\text{m or } 0.2H$, whichever is greater

(a) Wall cross section



(b) Wall plan view

- Bulbe 1er ancrage – à min 4.5m de profondeur
- χ 1.5, ou 0.2H (on prend la valeur la plus grande)

Tirants d'ancrage actifs

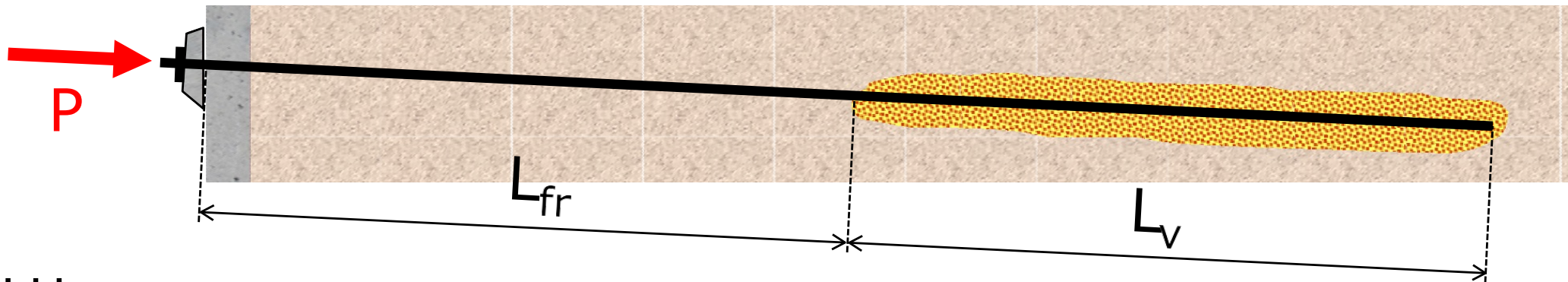
1. Description

1. Terminologie
2. Exécution
3. Applications en terrain meuble

2. Calcul

1. Détermination de la longueur libre théorique
2. Principe de calcul
3. Prédimensionnement de la longueur d'ancrage
4. Dimensionnement et contrôle

2.2 Principe de calcul



ELU

Résistance ultime interne

Rupture de l'armature d'ancrage

$$R_{i,k} = P_{pk} = A_p \cdot f_{pk}$$

f_{pk} : valeur caractéristique de la résistance
à la traction de l'armature

Résistance ultime externe

«Rupture» du corps d'ancrage

$$R_{a,k}$$

$R_{a,k}$: déterminée pour un taux de
fluage excessif $k_{crit} = 2 \text{ mm}$

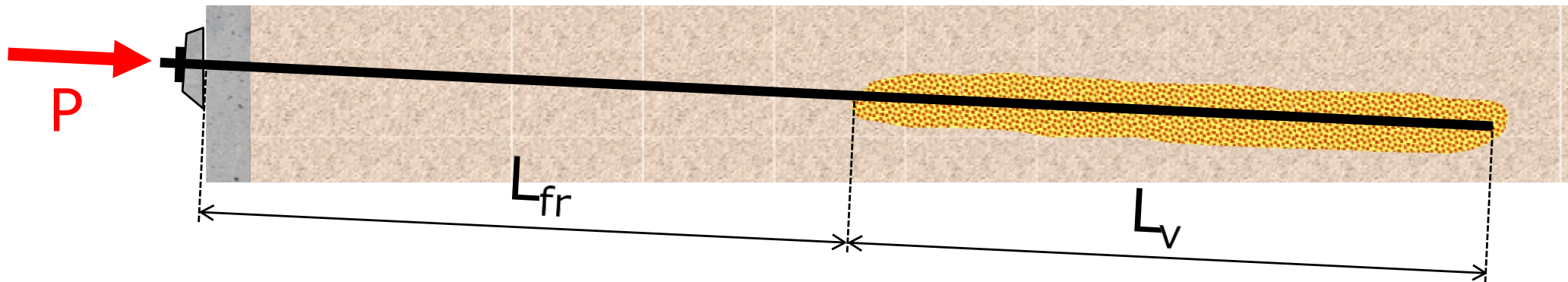
$$R_k = \min (R_{i,k} ; R_{a,k})$$

$$\gamma_M \geq 1.35 = 4/3$$

$$E_d \leq R_d = R_k / \gamma_M$$

facteur de résistance de l'ancrage englobant les incertitudes
relatives au sol, aux résistances et dimensions des constituants
des tirants ainsi que les imprécisions d'exécution.

2.2 Principe de calcul



ELS

Charge de blocage : $0.3 \cdot P_{pk} \leq P_0 \leq 0.6 \cdot P_{pk}$

Domaine de service : $0.3 \cdot P_{pk} \leq P \leq 0.7 \cdot P_{pk}$

Vérification que :

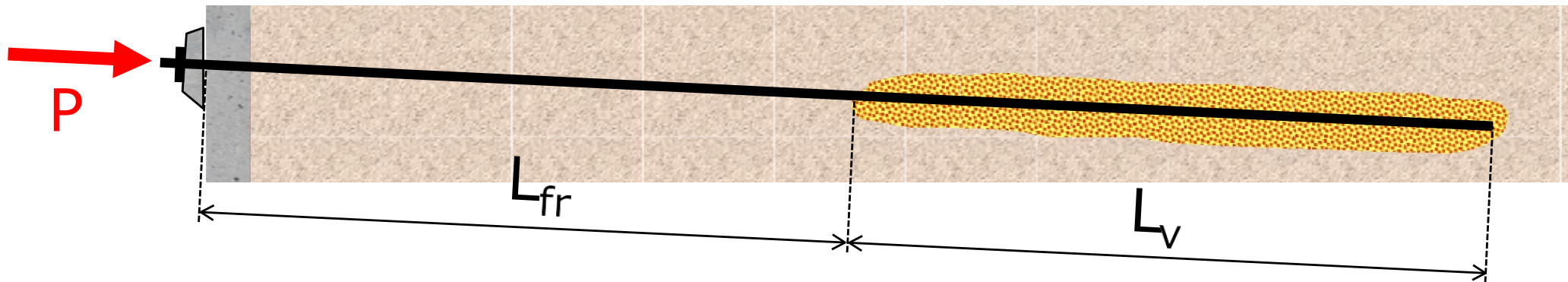
$$0.9 \cdot L_{fr} \leq L_f \leq L_{fr} + 0.3 \cdot L_v$$

$$L_f = \frac{\Delta L_{el} \cdot E_p \cdot A_p}{P - P_a}$$

Frottement ou adhérence trop importante sur la longueur libre

Longueur de scellement insuffisante

2.2 Principe de calcul



Le dimensionnement du tirant comprend:

- le choix de la force de blocage P_0 (*équil. horizontal et de rotation de la paroi*)
- la section de l'armature de traction A_p (*vérification de la sécurité interne R_i*)
- la longueur de la zone de scellement L_v (*vérification de la sécurité externe R_a*)
- la détermination de la longueur libre théorique L_{fr} (*stabilité générale*)
- La vérification de l'aptitude au service : $0.9 \cdot L_{fr} \leq L_f \leq L_{fr} + 0.3 \cdot L_v$

$$\text{pour } 0.3 \cdot P_{pk} \leq P \leq 0.7 \cdot P_{pk}$$

Tirants d'ancrage actifs

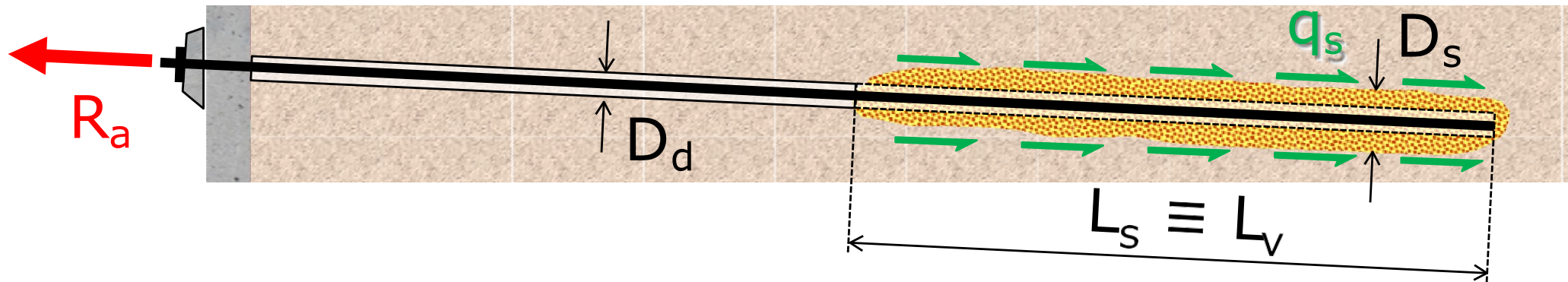
1. Description

1. Terminologie
2. Exécution
3. Applications en terrain meuble

2. Calcul

1. Détermination de la longueur libre théorique
2. Principe de calcul
3. Prédimensionnement de la longueur d'ancrage
4. Dimensionnement et contrôle

2.3 Prédimensionnement de la longueur d'ancrage



Résistance ultime externe

$$T_{ult} \equiv R_{a,k} = \pi \cdot \underbrace{D_s} \cdot \underbrace{L_s} \cdot \underbrace{q_s}$$

Diamètre du bulbe de scellement

$$D_s = \alpha \cdot D_d$$

Coefficient $1 \leq \alpha \leq 2$ fonction de la technique d'injection et de la nature du sol

Traction admissible

$$T_{adm} = T_{ult} / 2$$

Résistance au frottement latéral unitaire *fcn de*:

- la nature du sol
- la technique d'injection IGU ou IRS
- la pression limite mesurée au pressiomètre

Estimation de $D_s = \alpha D_d$

Sols	Coefficient α		Conditions indicatives d'application	
	IRS ($p_i \geq p_l$)	IGU ($p_i \leq p_l$)	Quantité usuelle de coulis à injecter V_i	Dosage Coulis C/E
Graves	1.8	1.3 + 1.4	1.5 V_s	1.7 + 2.4
Graves sableuses	1.6 + 1.8	1.2 + 1.4	1.5 V_s	
Sable graveleux	1.5 + 1.6	1.2 + 1.3	1.5 V_s	
Sables grossiers	1.4 + 1.5	1.1 + 1.2	1.5 V_s	
Sables moyens	1.4 + 1.5	1.1 + 1.2	1.5 V_s	
Sables fins	1.4 + 1.5	1.1 + 1.2	1.5 V_s	
Sables limoneux	1.4 + 1.5	1.1 + 1.2	1.5 + 2 V_s pour IRS - 1.5 V_s pour IGU	
Limons	1.4 + 1.6	1.1 + 1.2	2 V_s pour IRS - 1.5 V_s pour IGU	1.7 + 2.4
Argiles	1.8 + 2.0	1.2	2.5 + 3 V_s pour IRS - 1.5 + 2 V_s IGU	
Marnes	1.8	1.1 + 1.2	1.5 + 2 V_s pour couche compacte	1.7 + 2.4
Marno-calcaires	1.8	1.1 + 1.2	2 + 6 V_s ou plus, si couche fracturée	
Craie altérée	1.8	1.1 + 1.2	1.1 + 1.5 V_s si couche finement fissurée	
Rocher altéré	1.2	1.1	2 V_s ou plus, si couche fracturée	1.7 + 2.4

Avec IRS: Injection Répétitive et Sélective sous pression élevée; soit injection réalisée à partir d'un tube à manchettes, ou bouble obturateur, par passes successives et phases répétées. Il est recommandé que le tube à manchettes comporte deux à trois manchettes par m', avec au moins une manchette par m' de scellement. De plus la pression d'injection p_i est supérieure ou égale à la pression limite p_l du sol mesurée au pressiomètre sans toutefois dépasser 4 MPa.

IGU: Injection Globale et Unique sous faible pression. L'injection globale et unique consiste à passer sous faible pression la quantité de coulis choisie en une seule fois, directement à partir d'un obturateur simple installé en partie haute de la future zone de scellement. On désigne par faible pression une pression d'injection inférieure à la moitié de la pression limite du sol p_l (toujours mesurée au pressiomètre) mais au moins égale à 1 MPa.

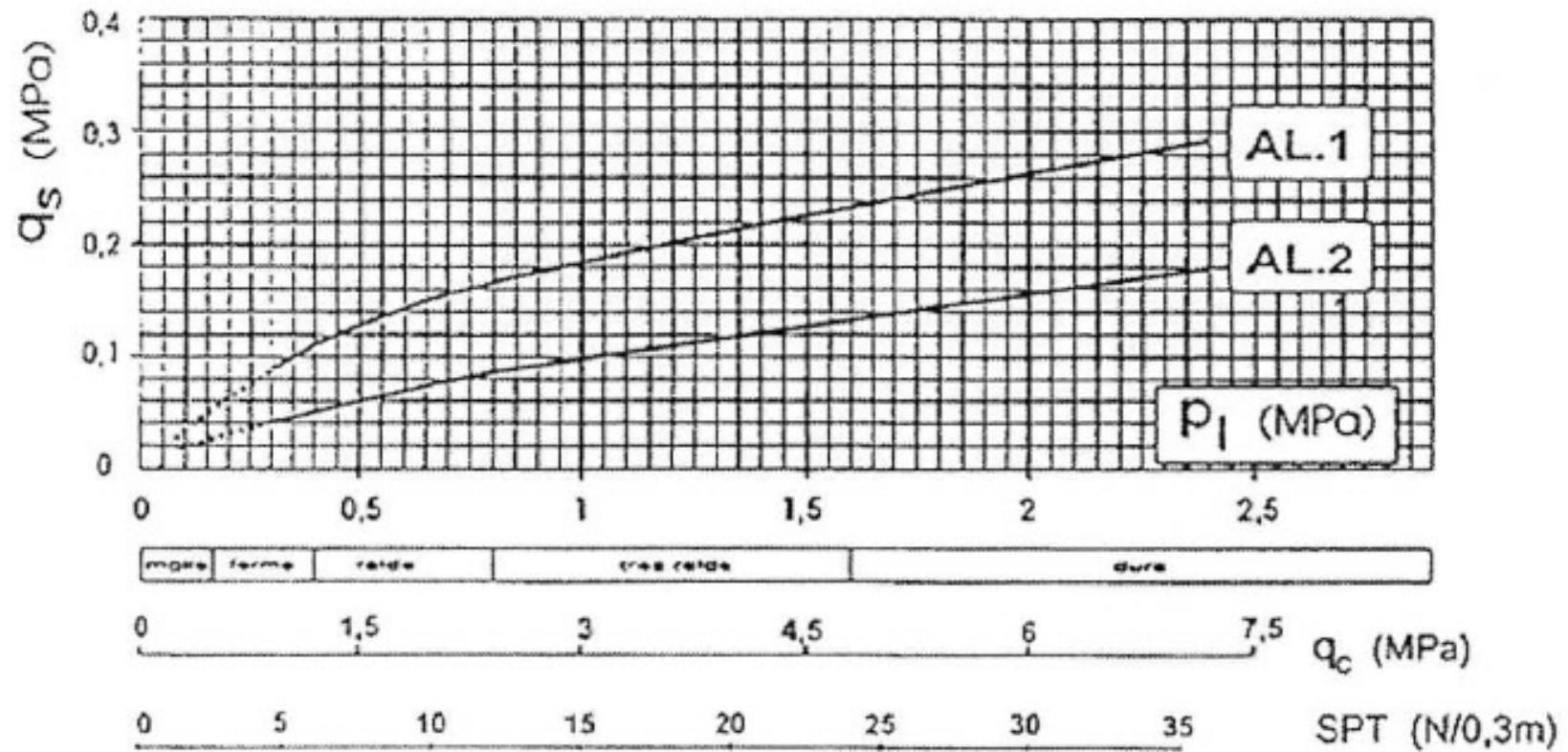
p_i : pression d'injection en tête de forage

V_s : volume du bulbe de scellement associé à D_s

Estimation du frottement latéral scellement / sol q

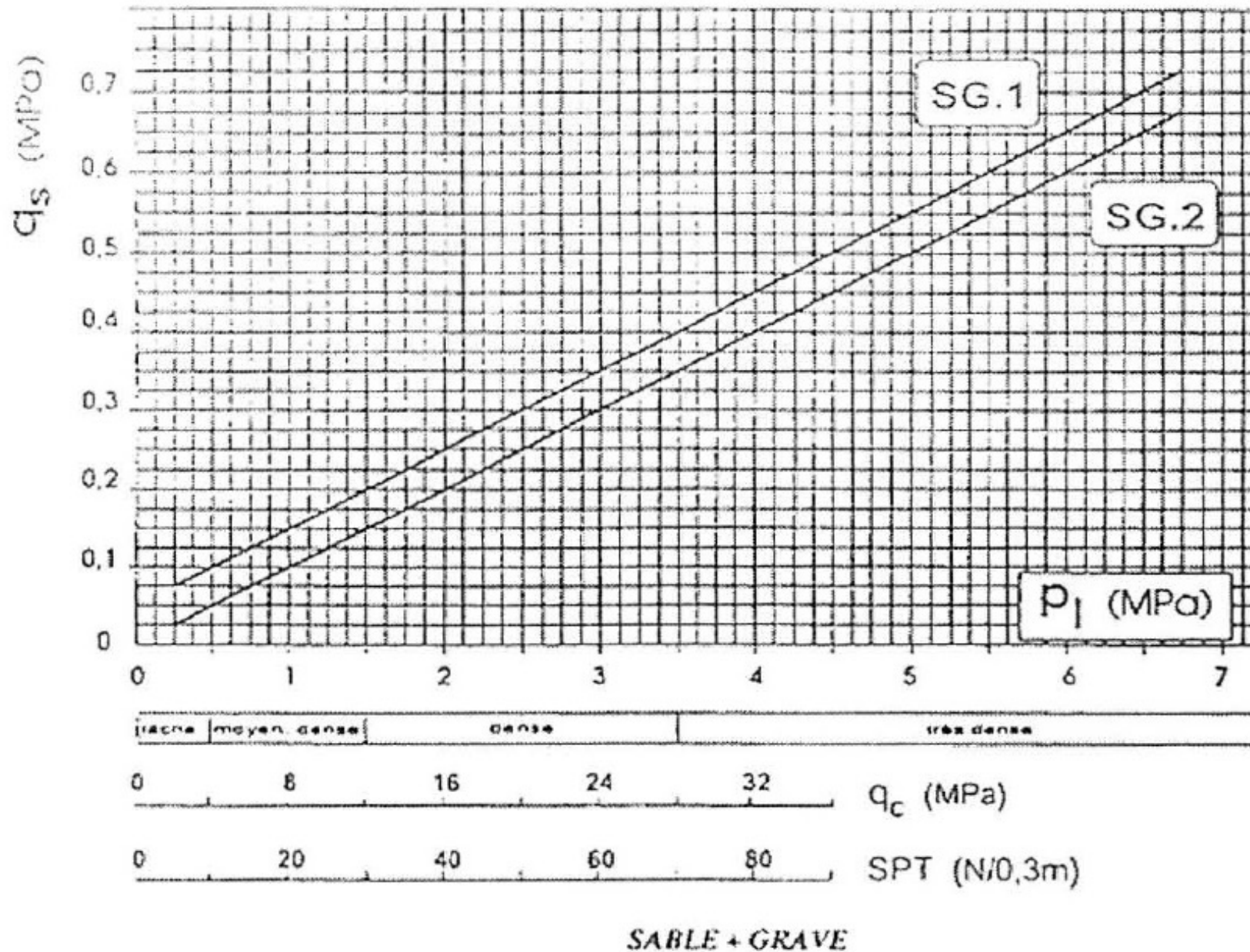
- Fonction du type de sol
(corrélation avec la pression limite mesurée au pressiomètre)
- du type d'injection pour la mise en place du scellement
 - IRS – injection répétitive & sélective (par passe successive et répétées avec une pression d'injection supérieure à la pression limite p_L du sol (mesurée au pressiomètre))
 - -> résulte dans des q + grand
 - IGU – Injection Globale & unique
(sous pression plus faible – typiquement $p_L/2$ mais au minimum 1Mpa)
 - -> résulte dans des q + faible que l'IRS 'typiquement'
- Abaques de Bustamante
 - Type de sol
 - Type d'injection (1- IRS, 2 – IGU)

Estimation du frottement lateral scellement / sol q

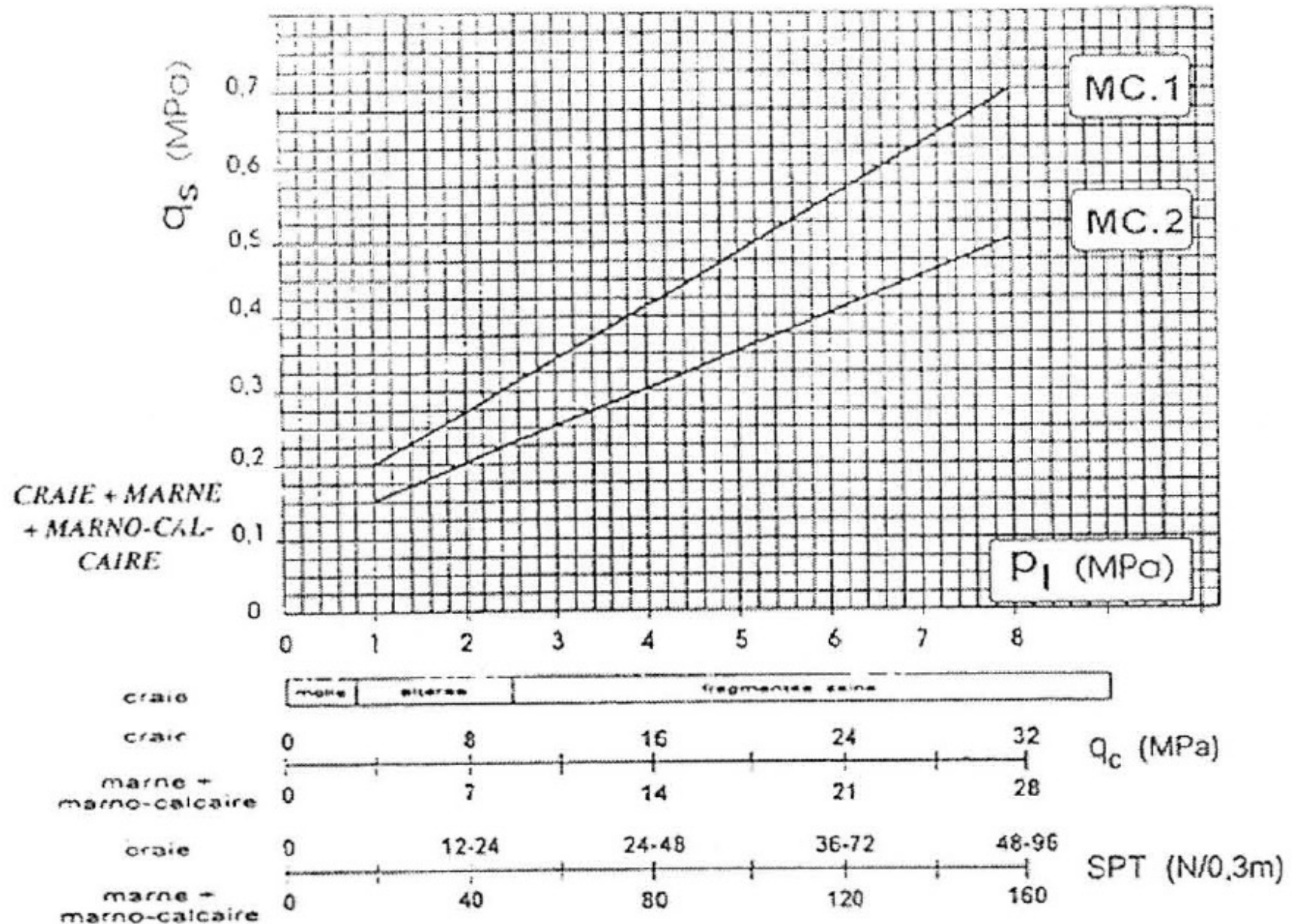


ARGILE + LIMON

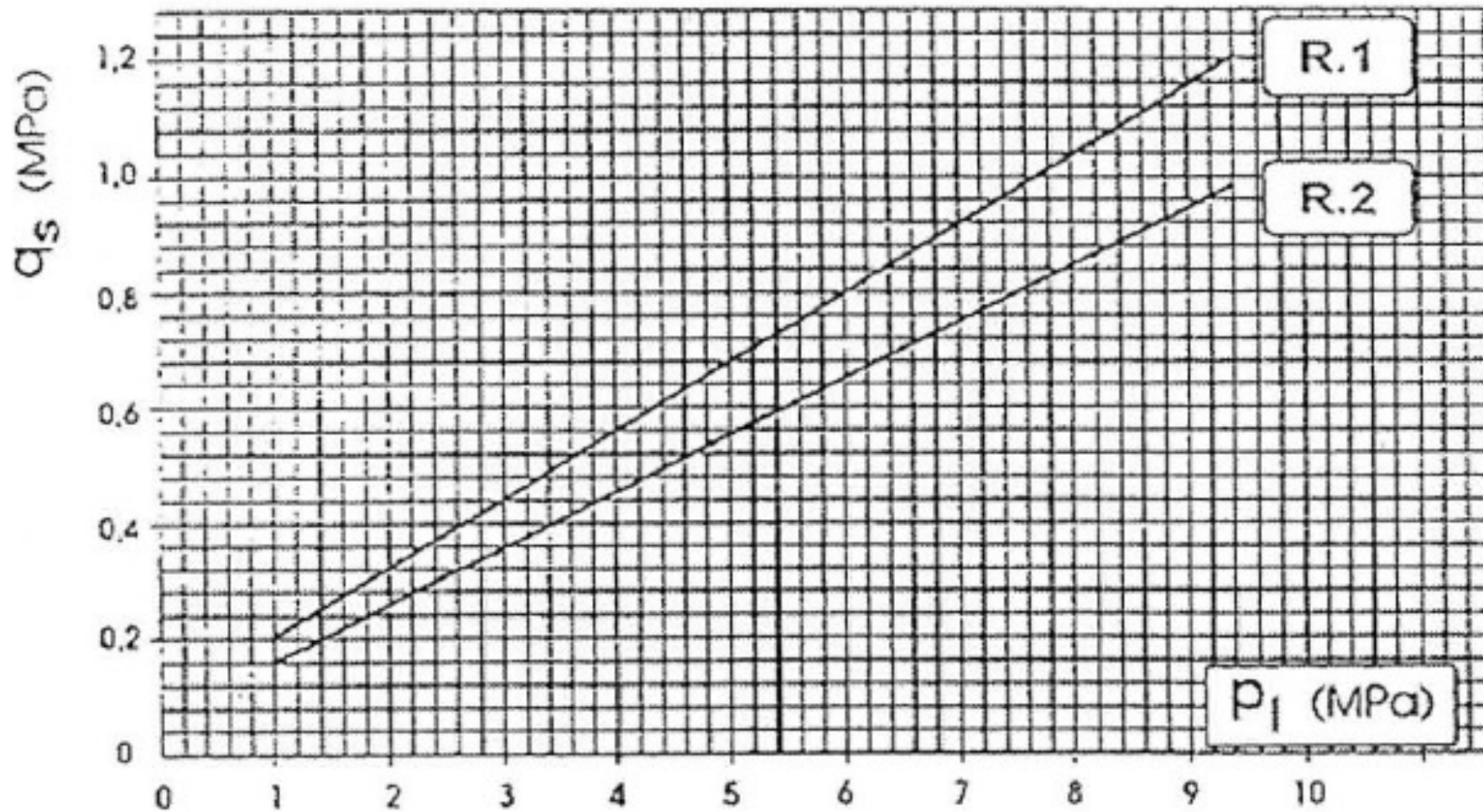
Estimation du frottement lateral scellement / sol q



Estimation du frottement lateral scellement / sol q



Estimation du frottement lateral scellement / sol q



ROCHER ALTÉRÉ et FRAGMENTÉ

Tirants d'ancrage actifs

1. Description

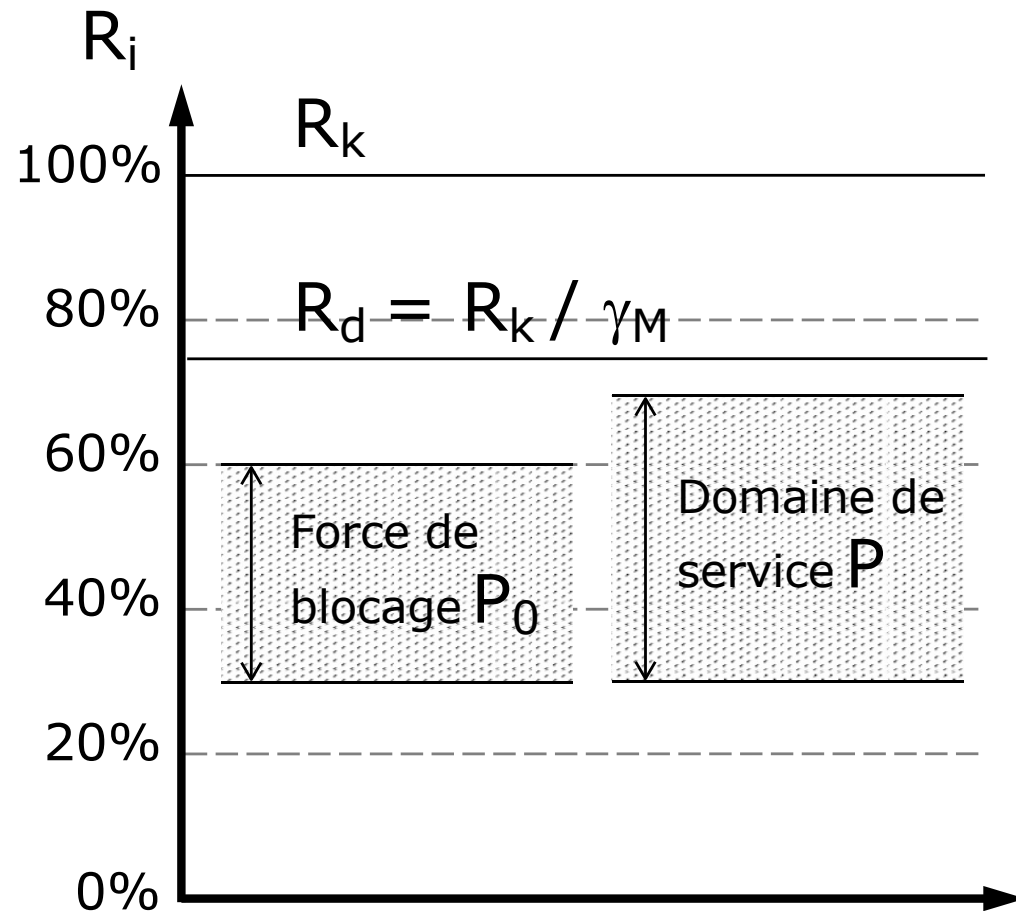
1. Terminologie
2. Exécution
3. Applications en terrain meuble

2. Calcul

1. Détermination de la longueur libre théorique
2. Principe de calcul
3. Prédimensionnement de la longueur d'ancrage
4. Dimensionnement et contrôle

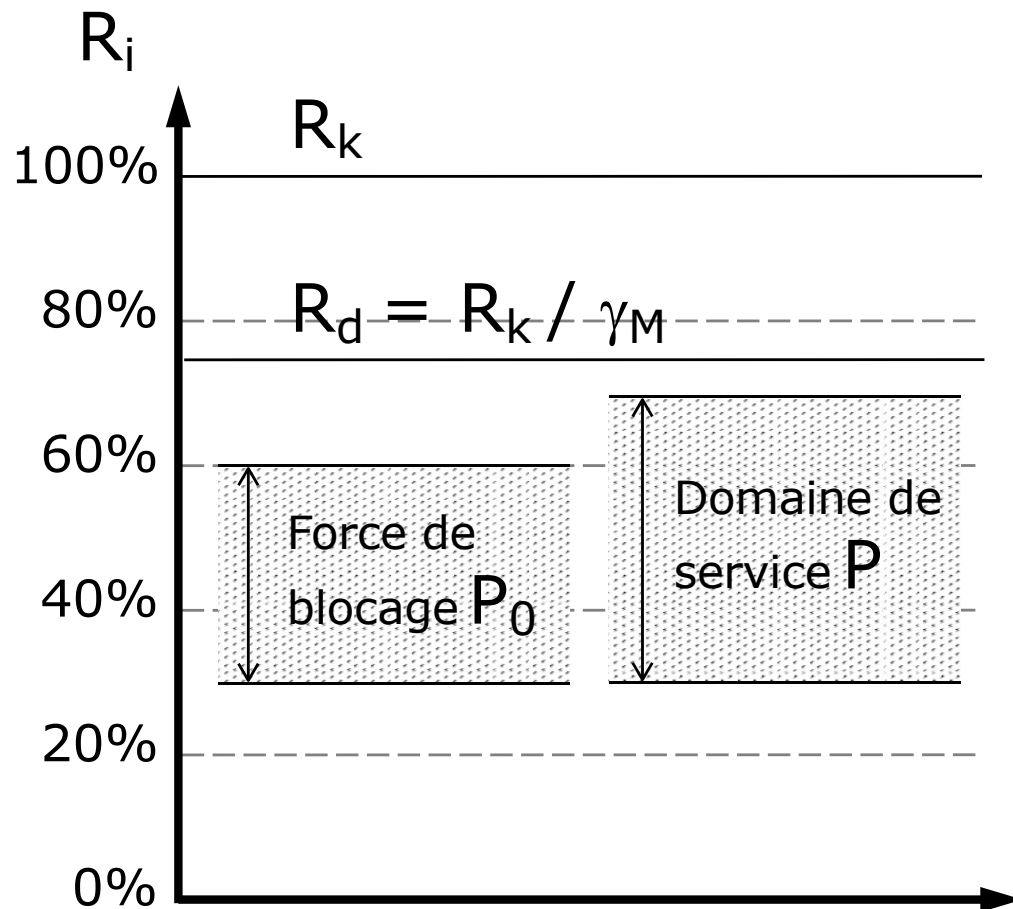
2.4 Dimensionnement et contrôle

Force d'ancrage

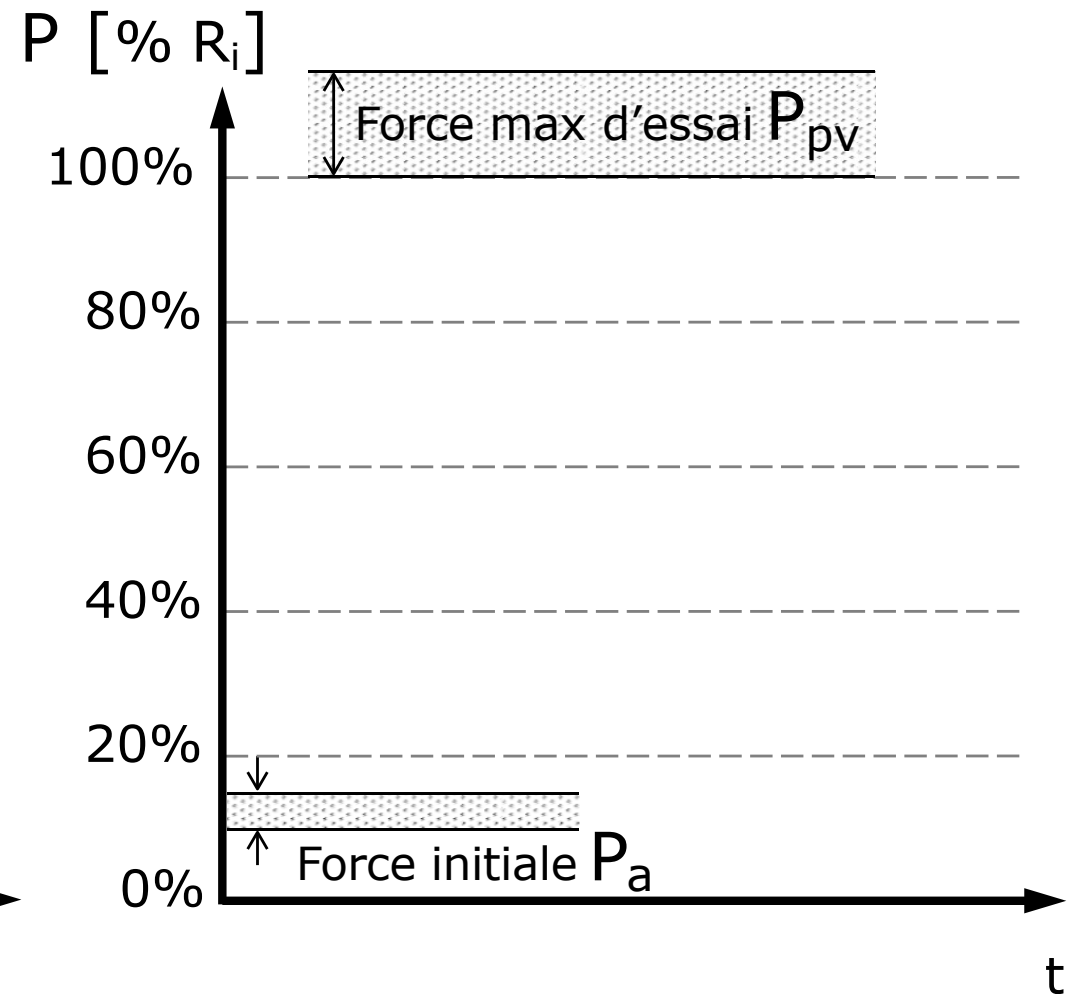


2.4 Dimensionnement et contrôle

Force d'ancrage

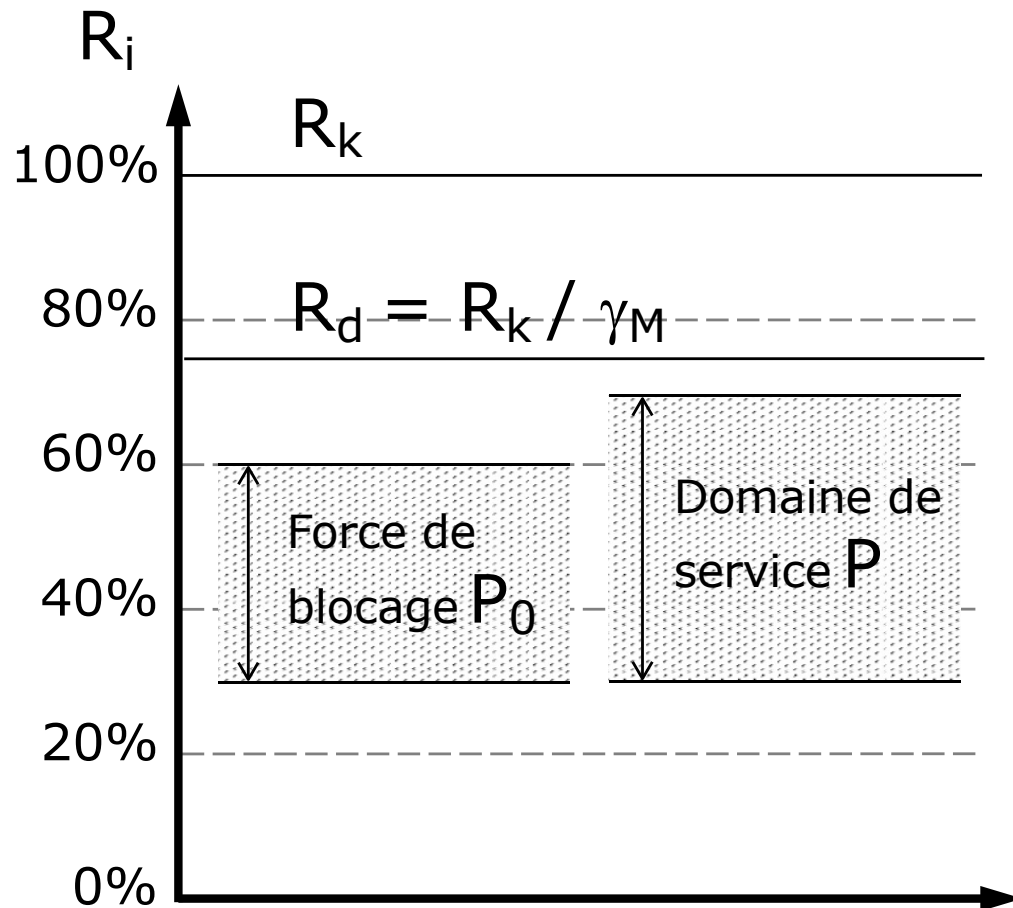


Essai de traction sur tirants d'essai



2.4 Dimensionnement et contrôle

Force d'ancrage



Essai de traction sur tirants d'essai

