

Interaction entre ouvrages et tunnels





Entrée en terre et sortie des tunneliers à confinement : Problématiques géotechniques et solutions techniques



Objet

1. Les problématiques

- 1.1 Jonction tunnel – ouvrage : état final
- 1.2 Le confinement du tunnelier
- 1.3 L'entrée en terre
- 1.4 La sortie de terre
- 1.5 Les risques

2. Les solutions techniques

- 2.1 Le principe du sas
- 2.2 Le renforcement du terrain
- 2.3 Le traitement de terrain
- 2.4 Le sas-boite en paroi moulée
- 2.5 Les viroles seules
- 2.6 La cloche d'entrée en terre
- 2.7 La cloche e sortie de terre
- 2.8 La piscine de sortie
- 2.9 La boite pleine

3. Les critères de choix

4. Synthèse de projets récents



Objet

1. Les problématiques

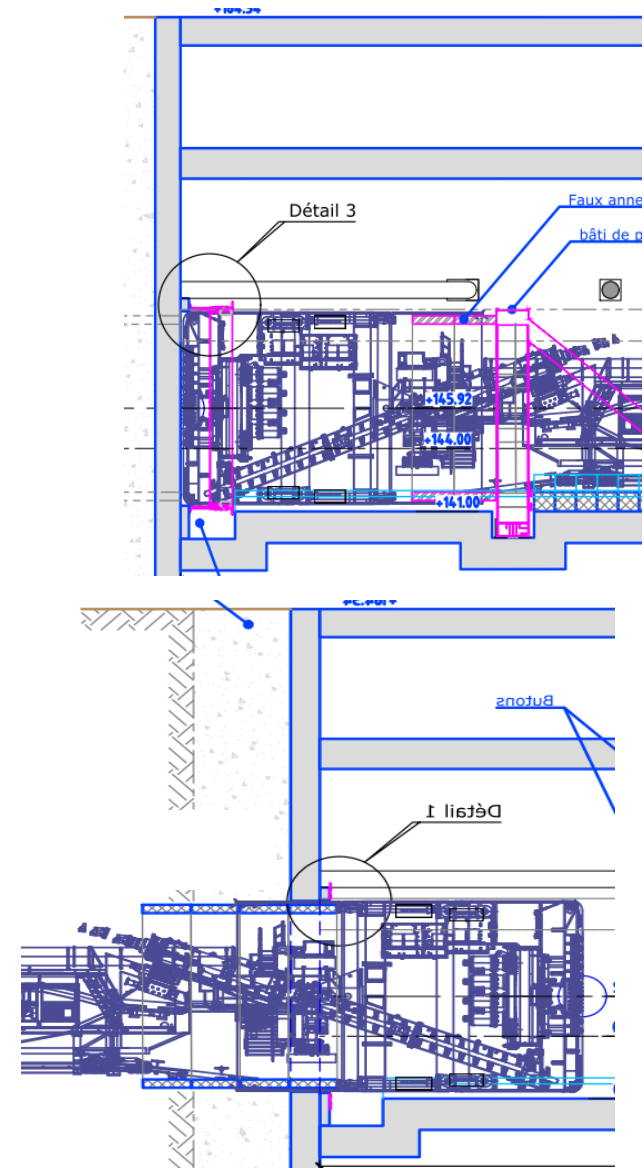
- 1.1 Jonction tunnel – ouvrage : état final
- 1.2 Le confinement du tunnelier
- 1.3 L'entrée en terre
- 1.4 La sortie de terre
- 1.5 Les risques



Objet:

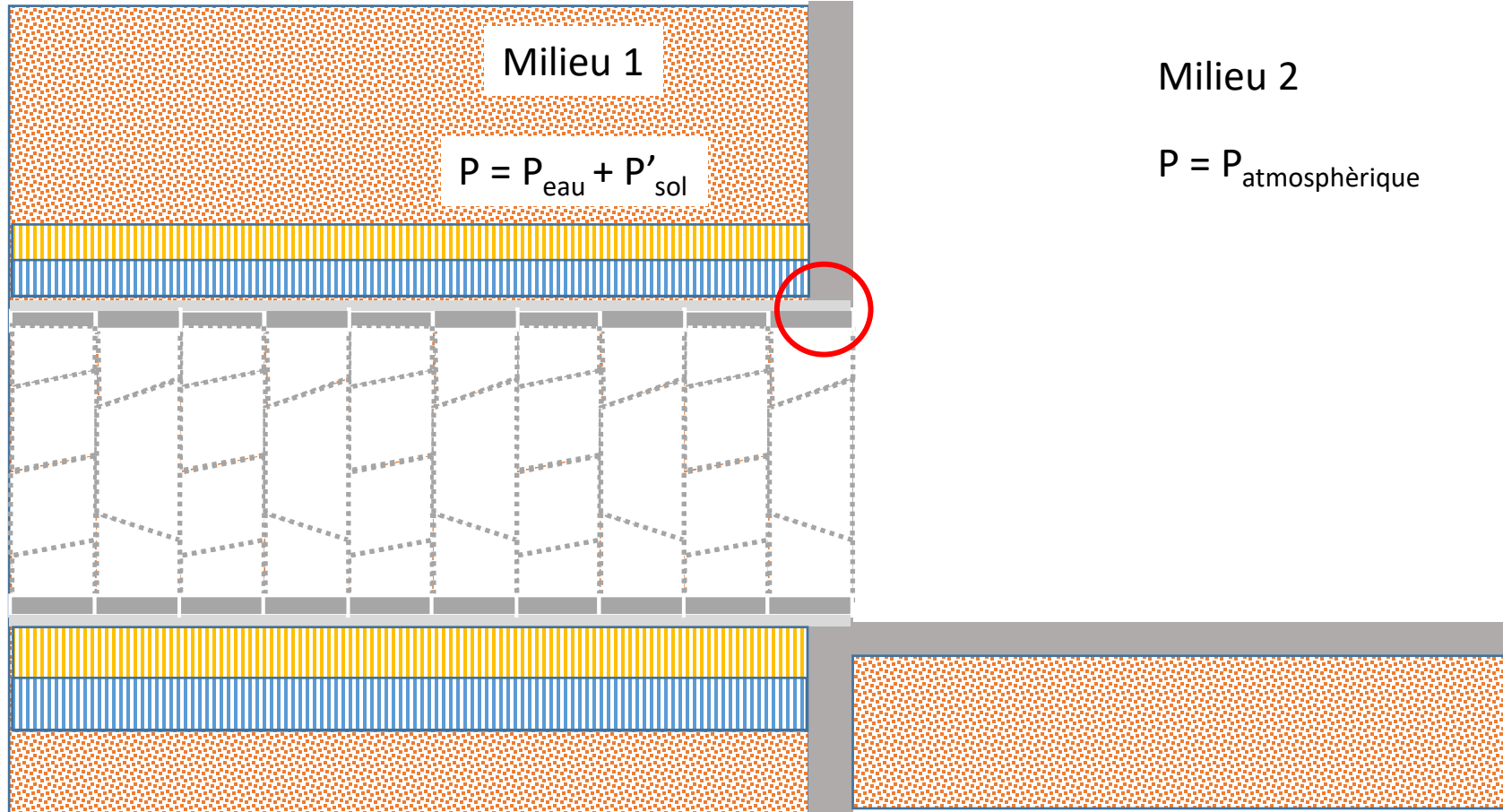
Interaction entre ouvrages et tunnelier :

- Le tunnelier dans le puits de démarrage
- Le tunnelier en traversée de gares
- Le tunnelier au puits d'arrivée

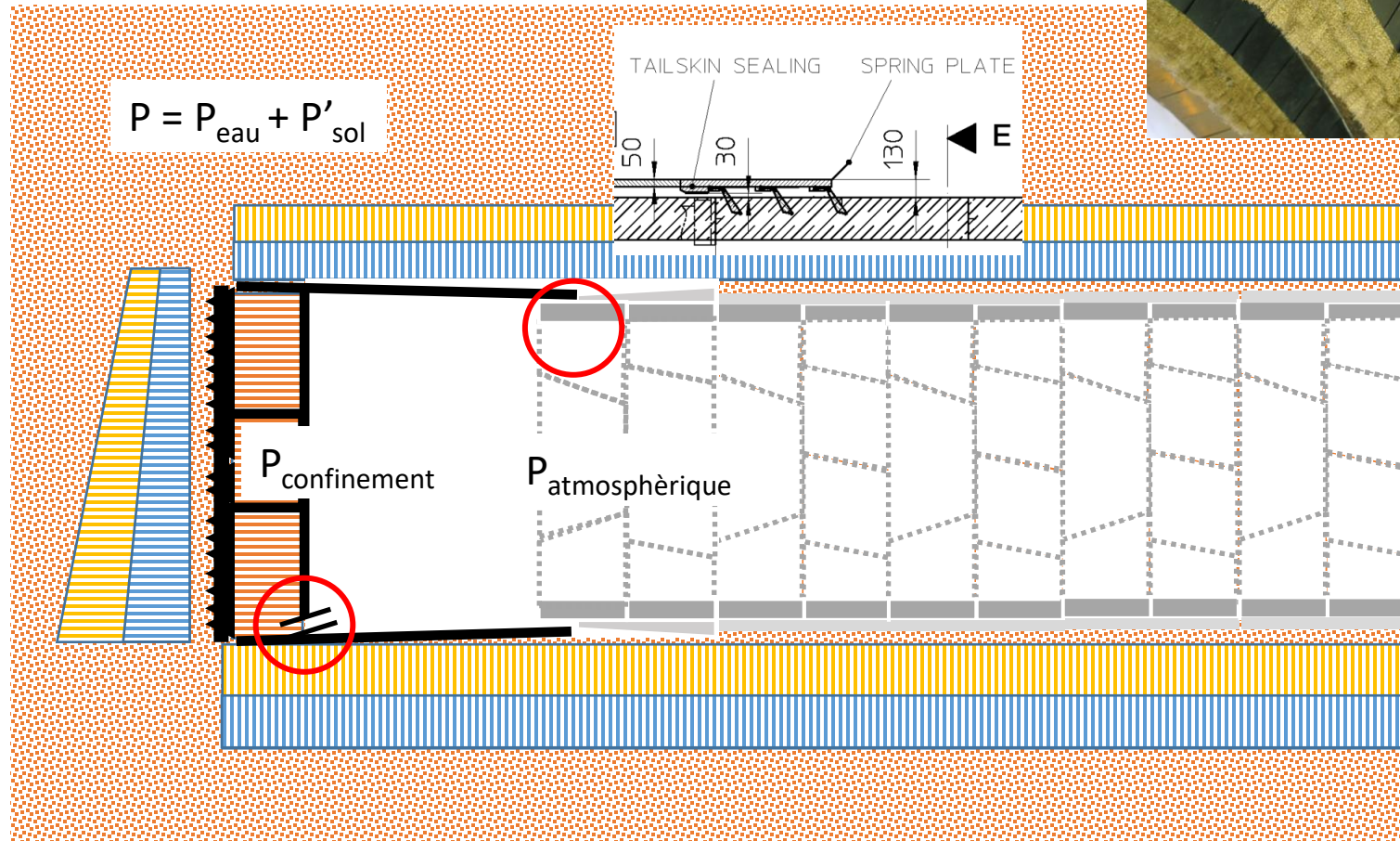


Problématiques: jonction tunnel – ouvrage

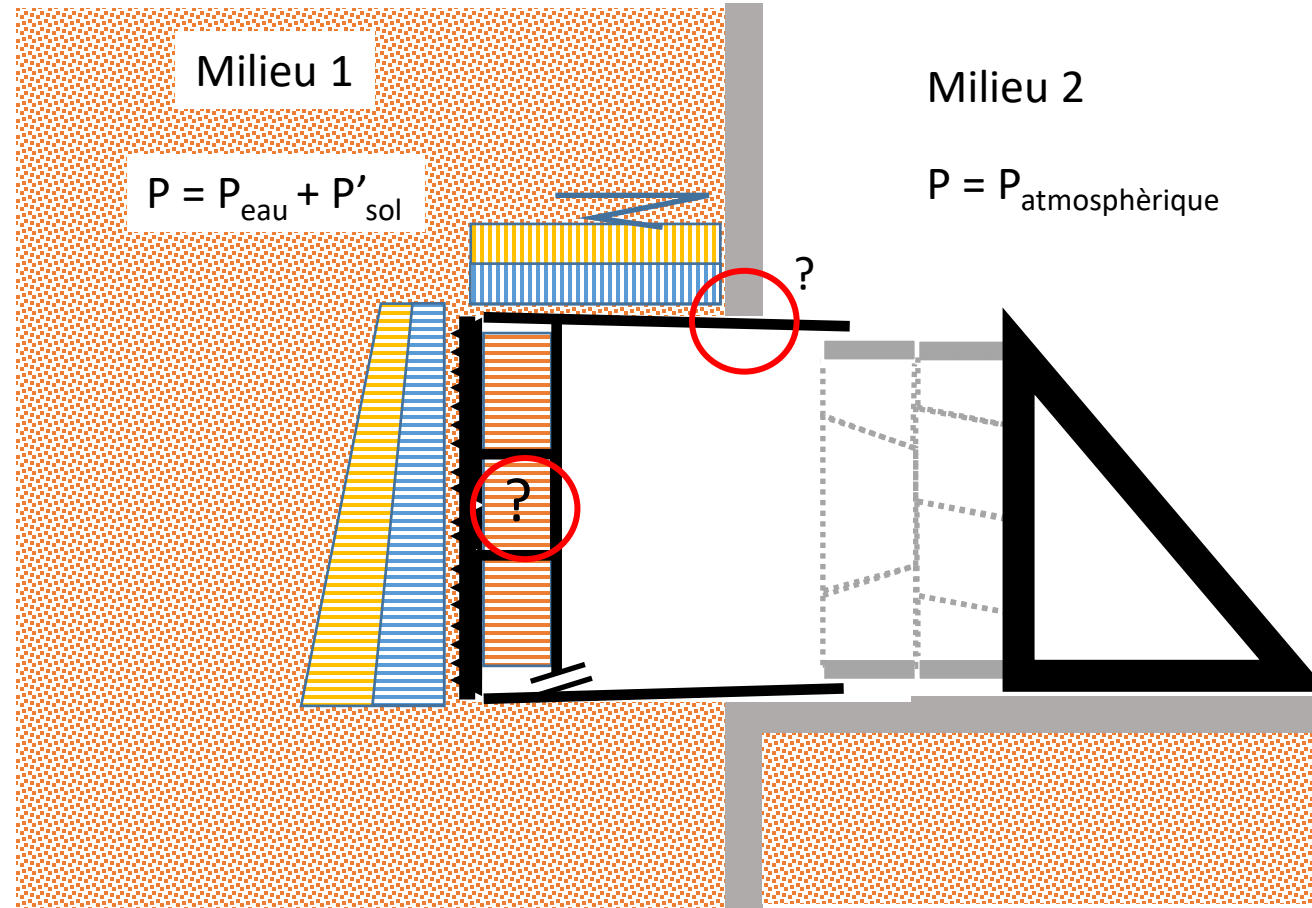
Etat final



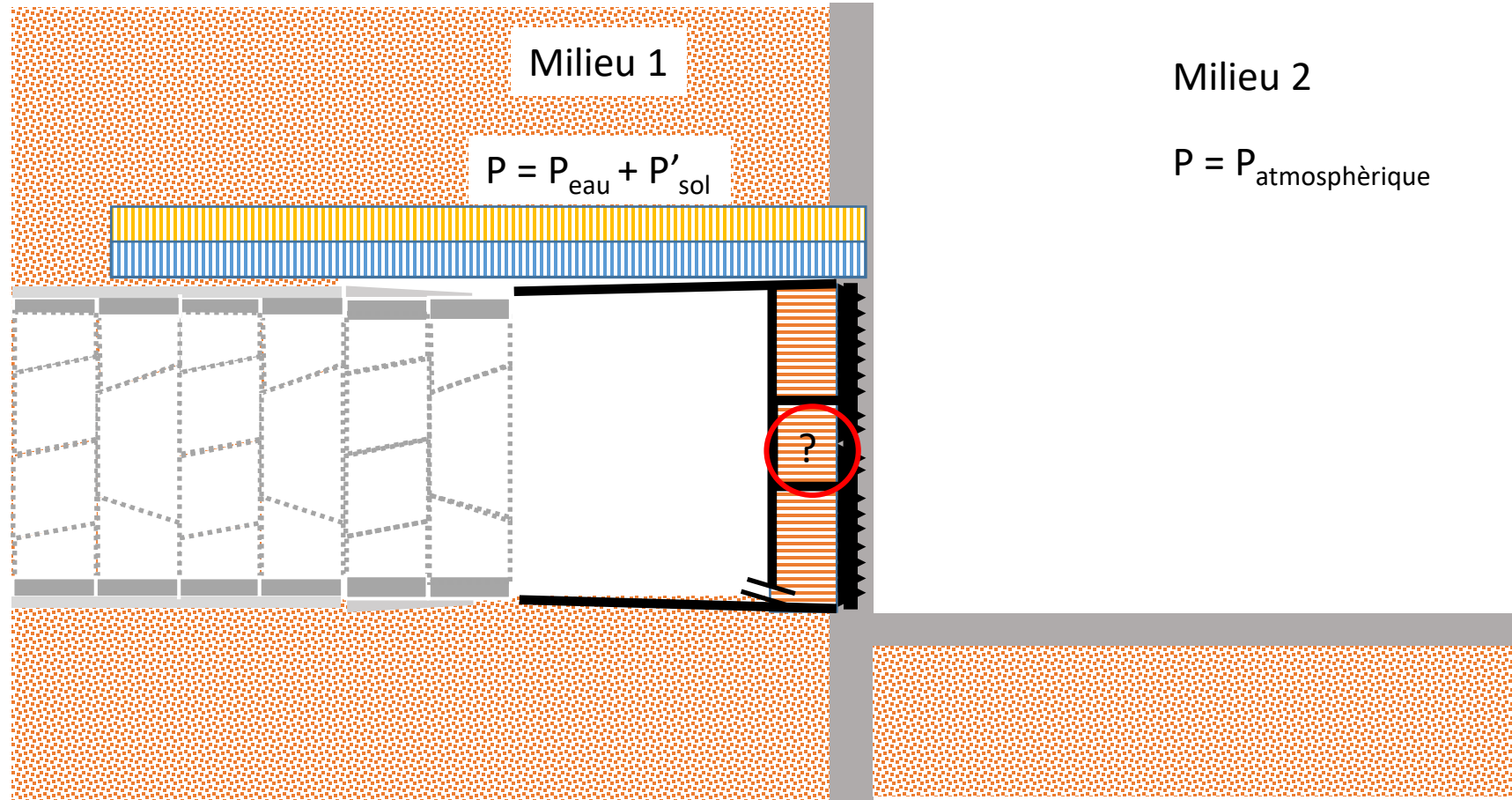
Problématiques: Le confinement du tunnelier



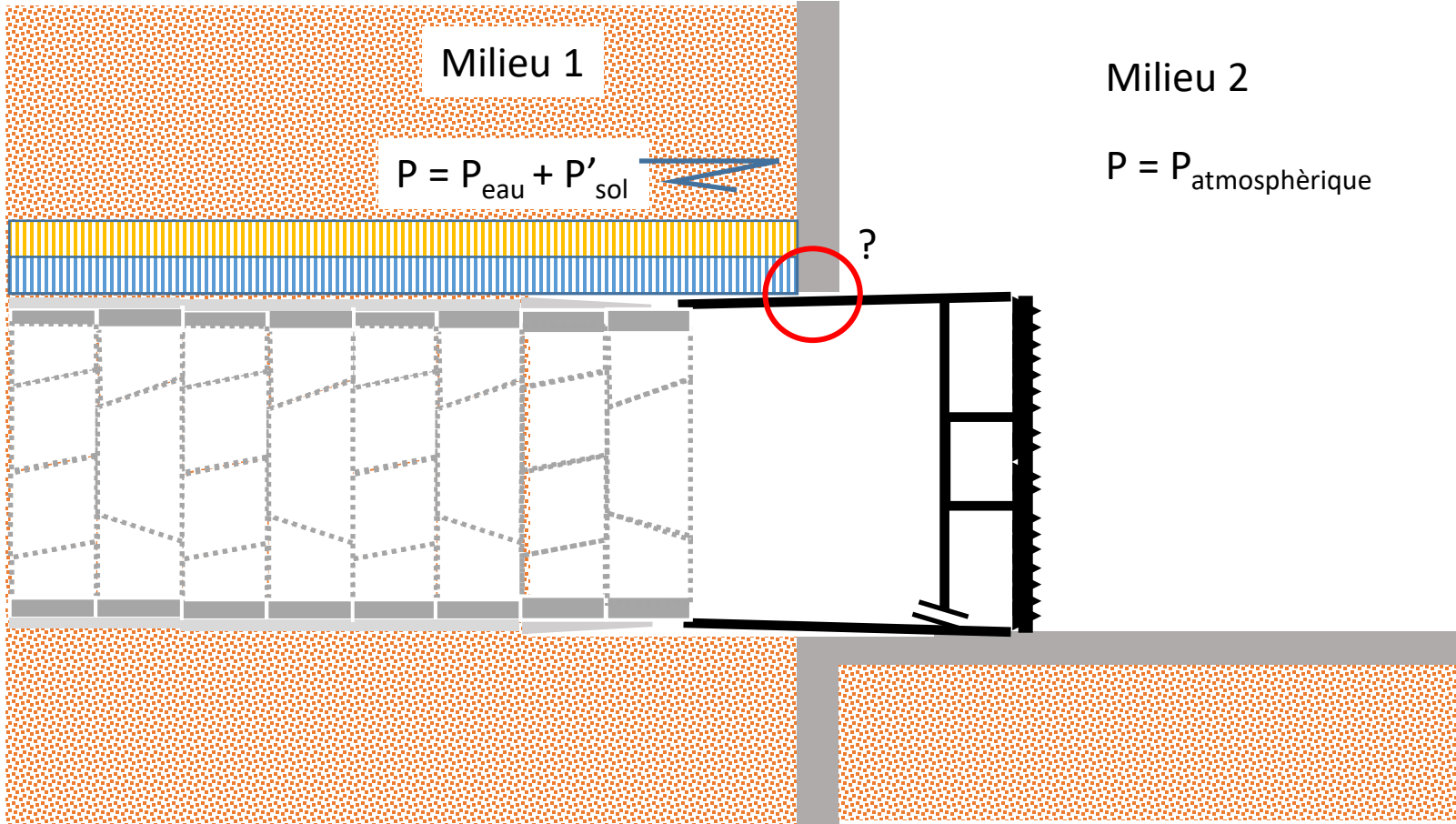
Problématiques: entrée en terre



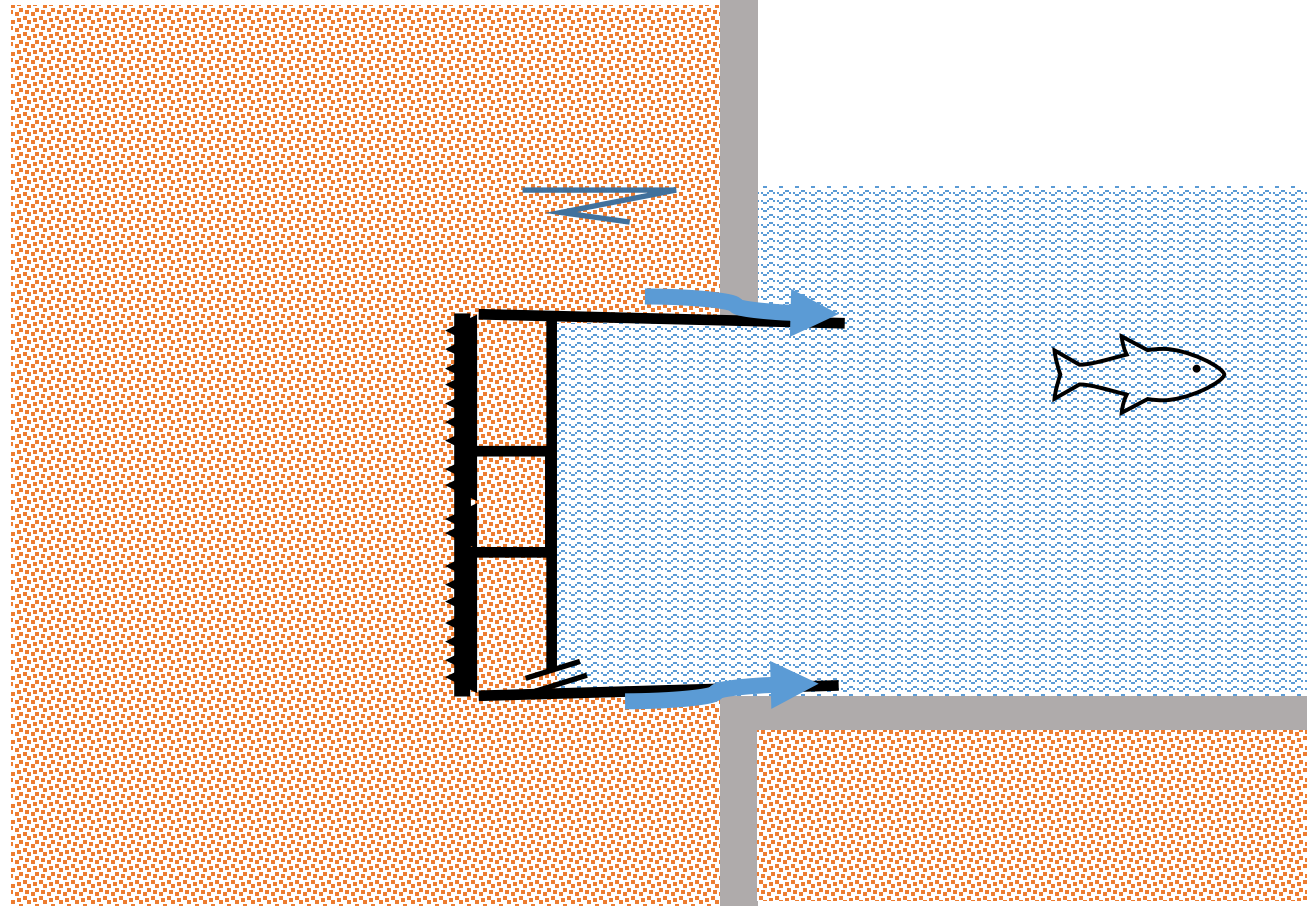
Problématiques: sortie de terre



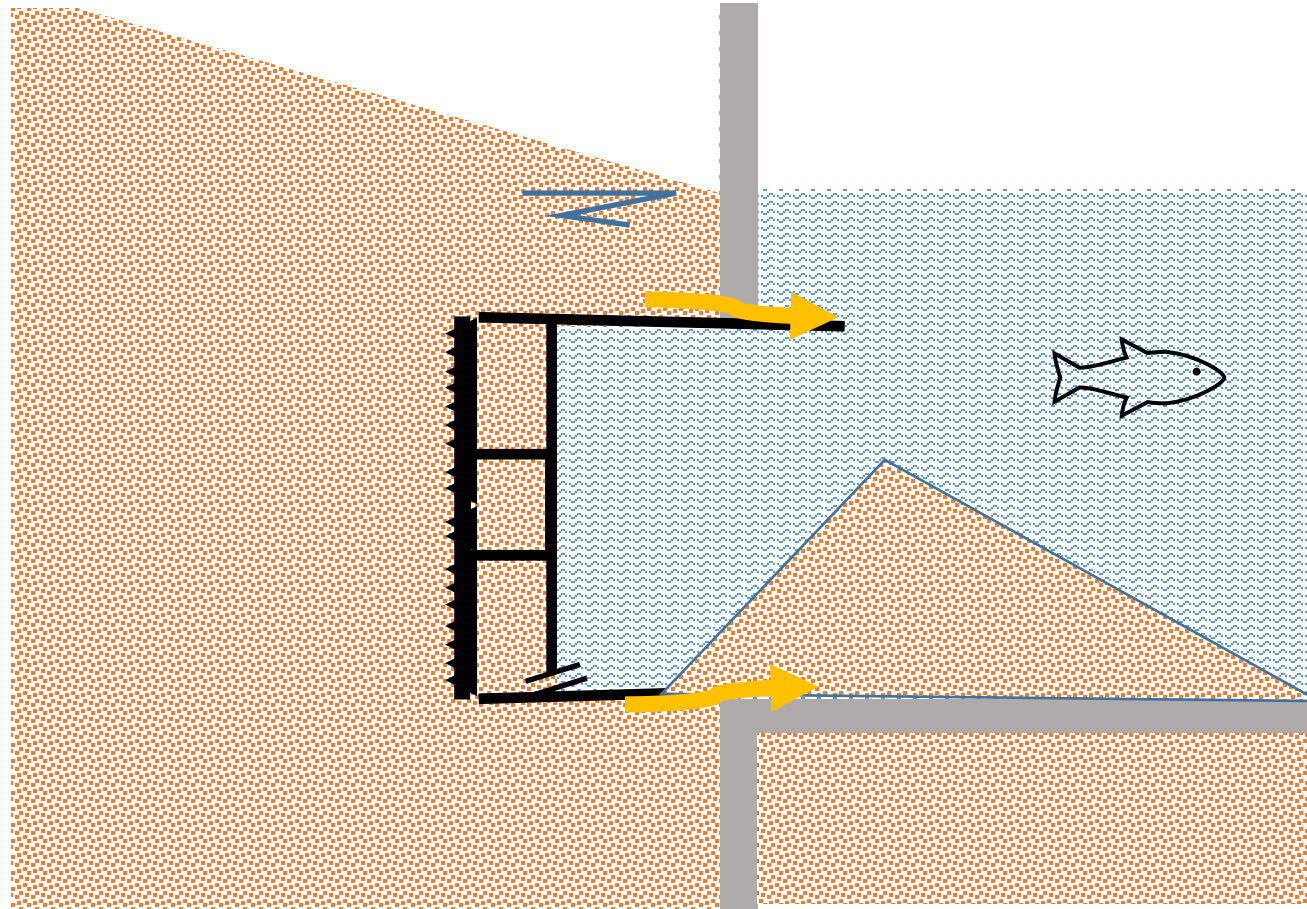
Problématiques: sortie de terre

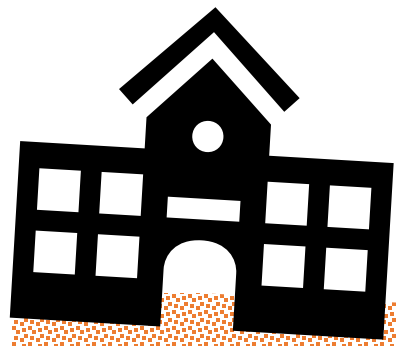


Les risques: venues d'eau

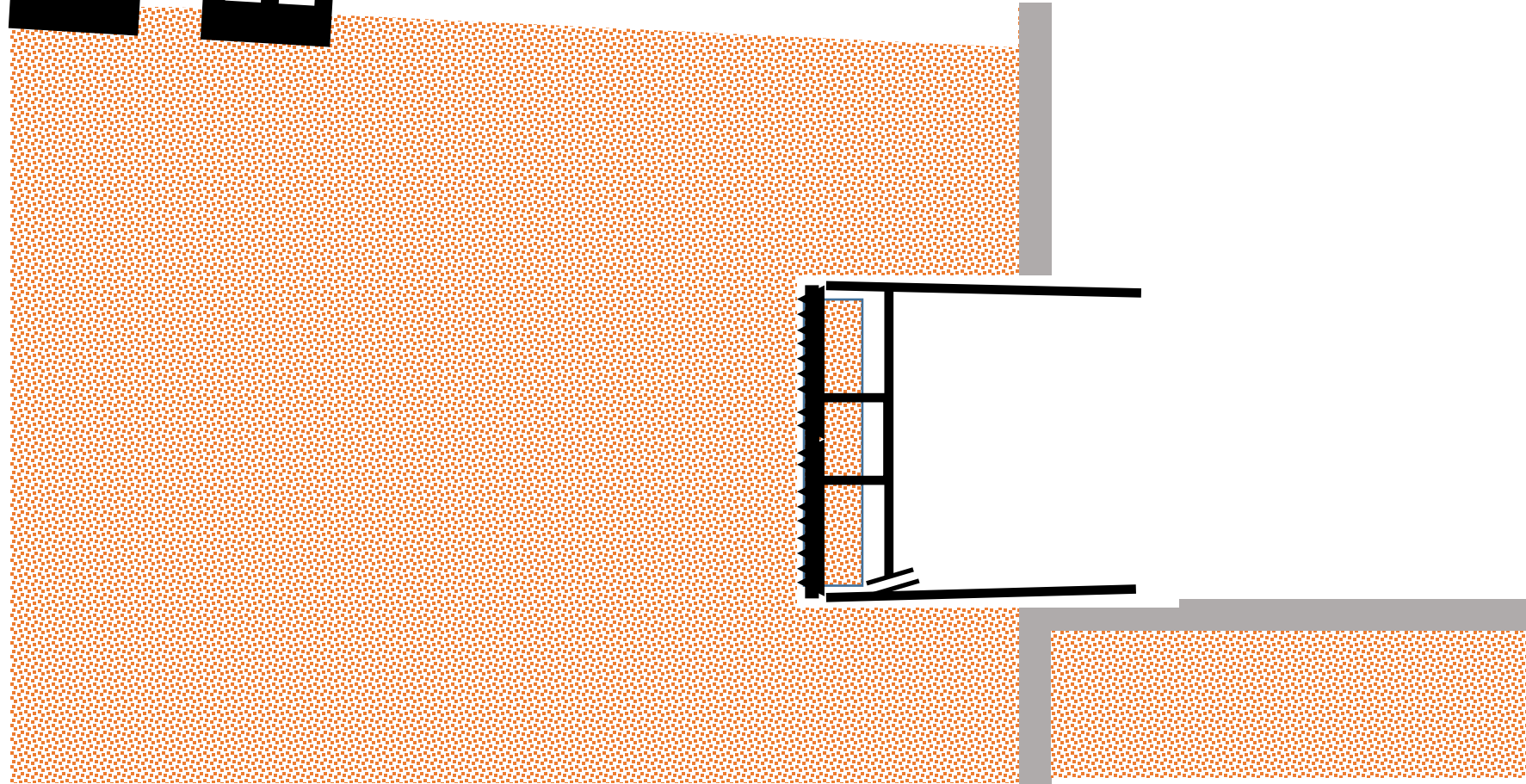


Les risques: Phénomène de « renard »





Problématique: tassements en surface



Objet

1. Les problématiques

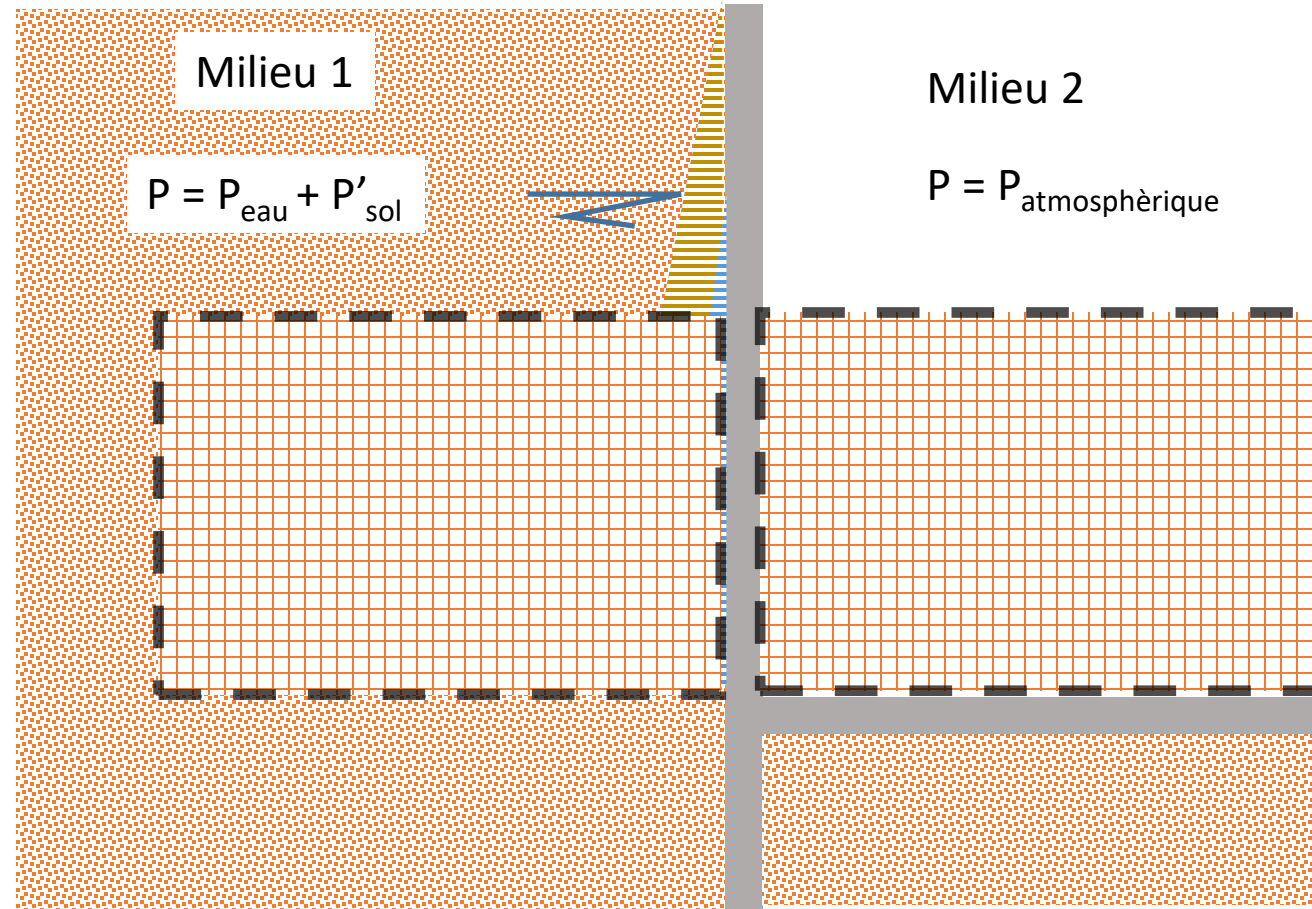
- 1.1 Jonction tunnel – ouvrage : état final
- 1.2 Le confinement du tunnelier
- 1.3 L'entrée en terre
- 1.4 La sortie de terre
- 1.5 Les risques

2. Les solutions techniques

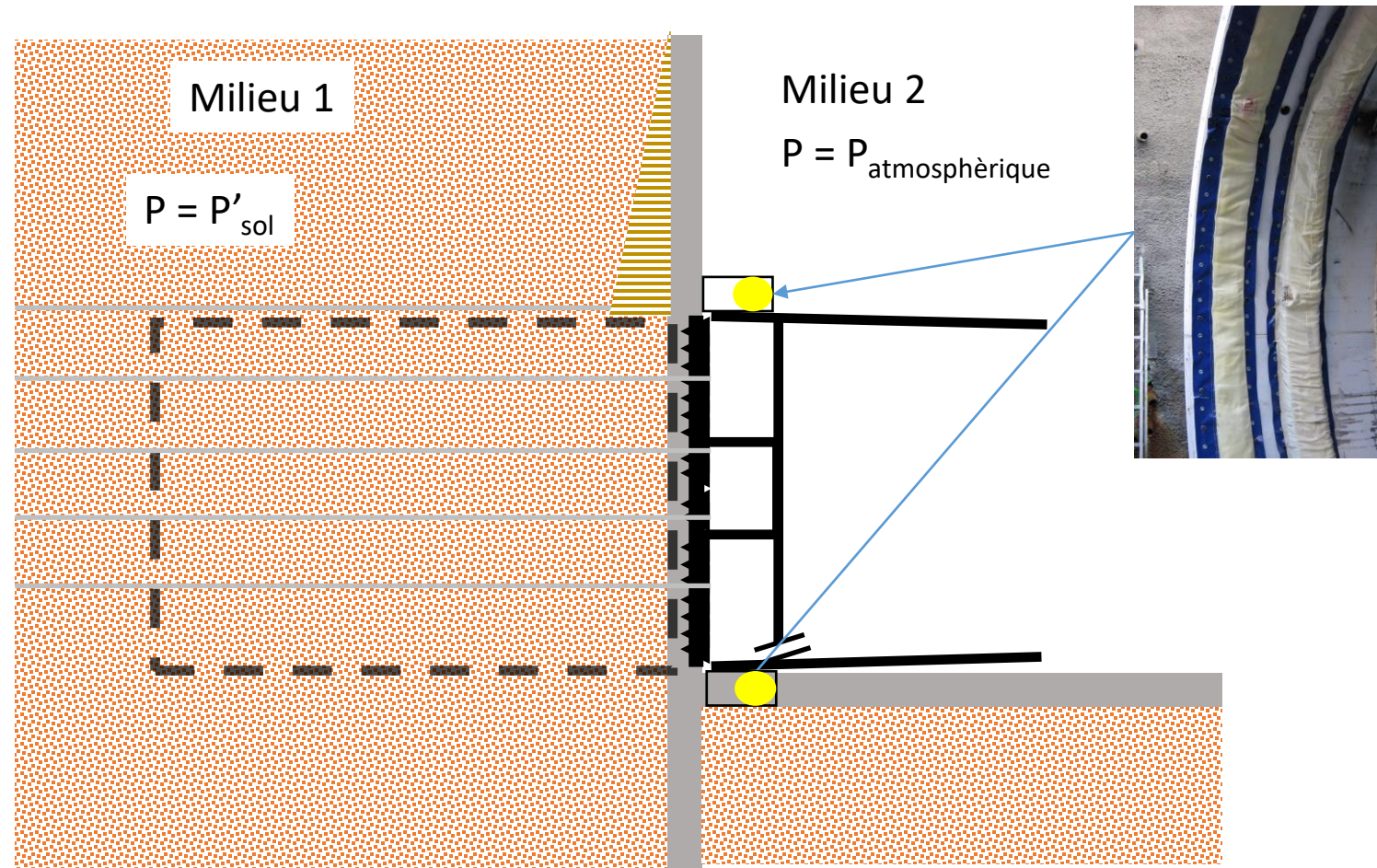
- 1.1 Le principe du sas
- 1.2 Le renforcement du terrain
- 1.3 Le traitement de terrain
- 1.4 Le sas-boite en paroi moulée
- 1.5 Les viroles seules
- 1.5 La cloche d'entrée en terre
- 1.6 La cloche e sortie de terre
- 1.7 La piscine de sortie
- 1.8 La boite pleine



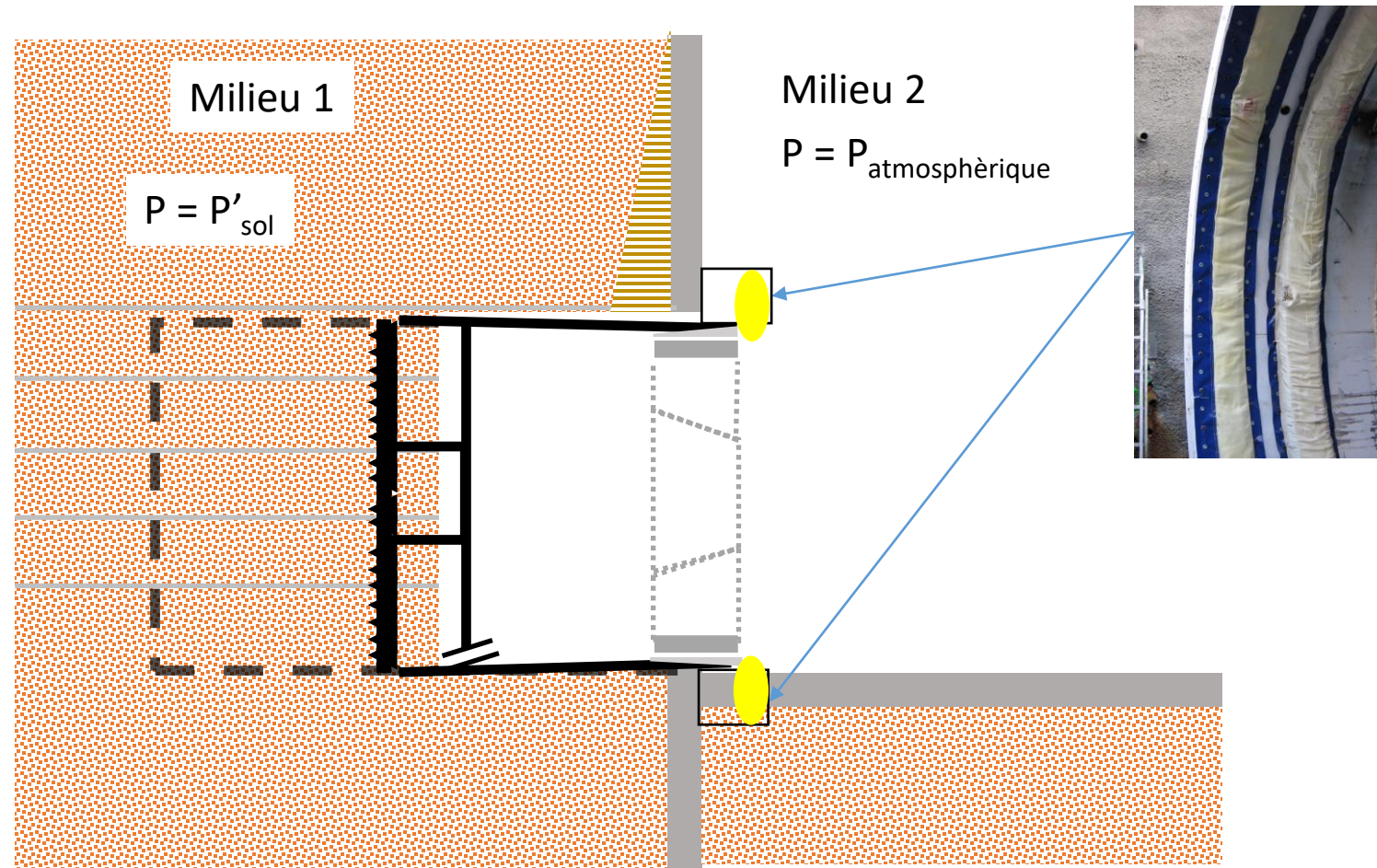
Solution technique: le principe du sas



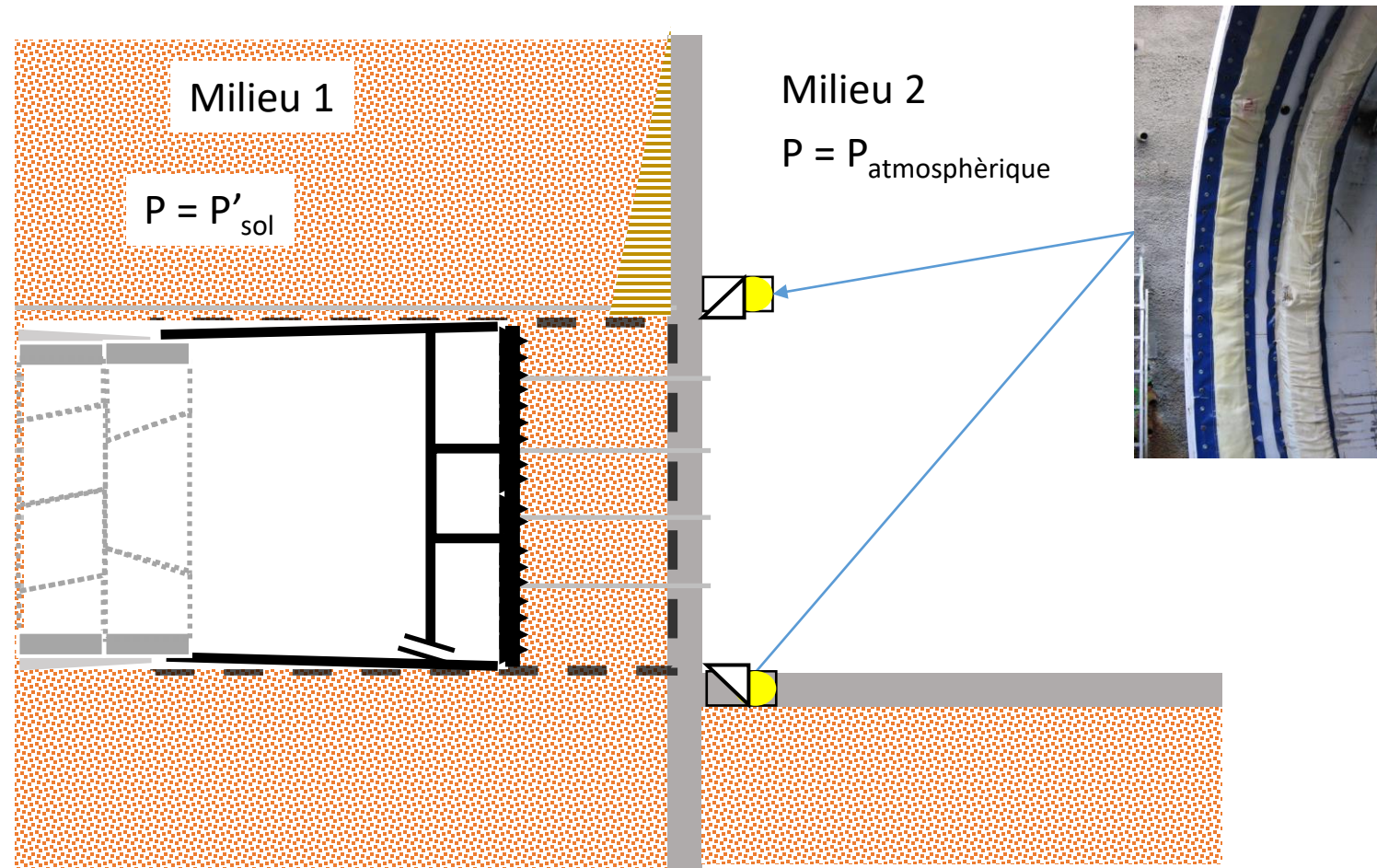
Solution technique: renforcement du terrain



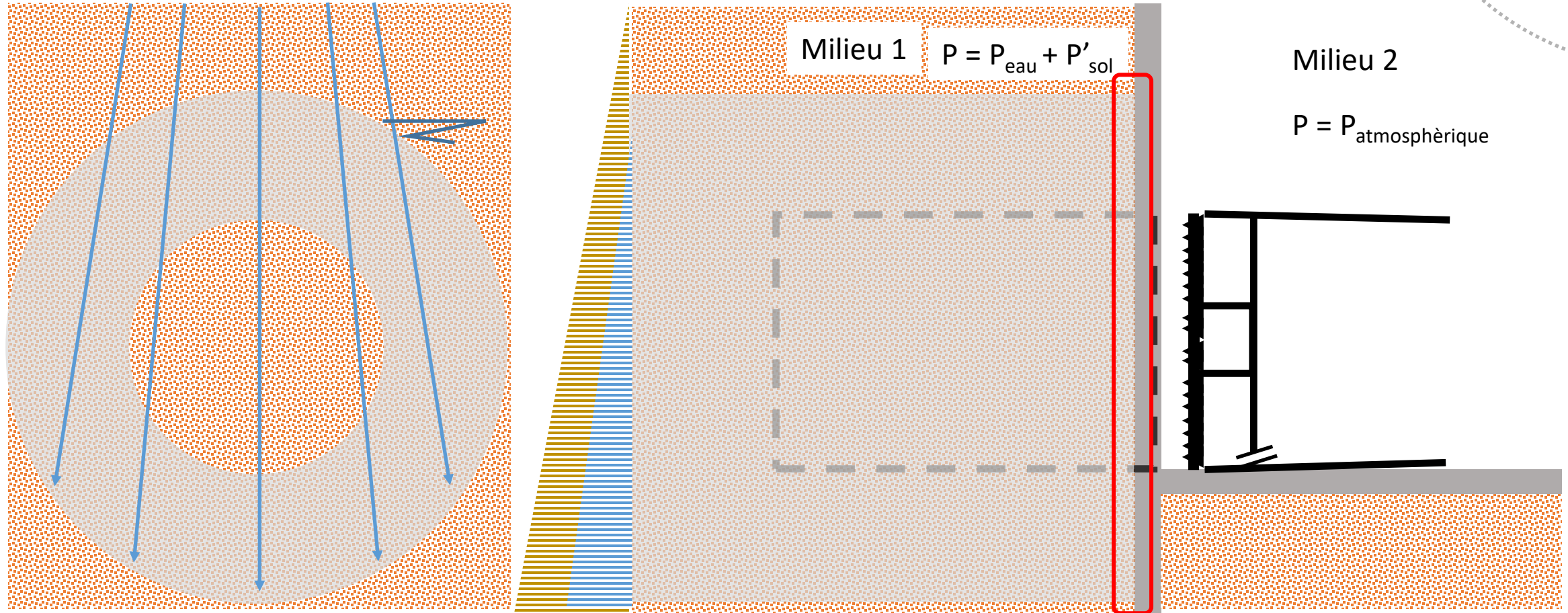
Solution technique: renforcement du terrain



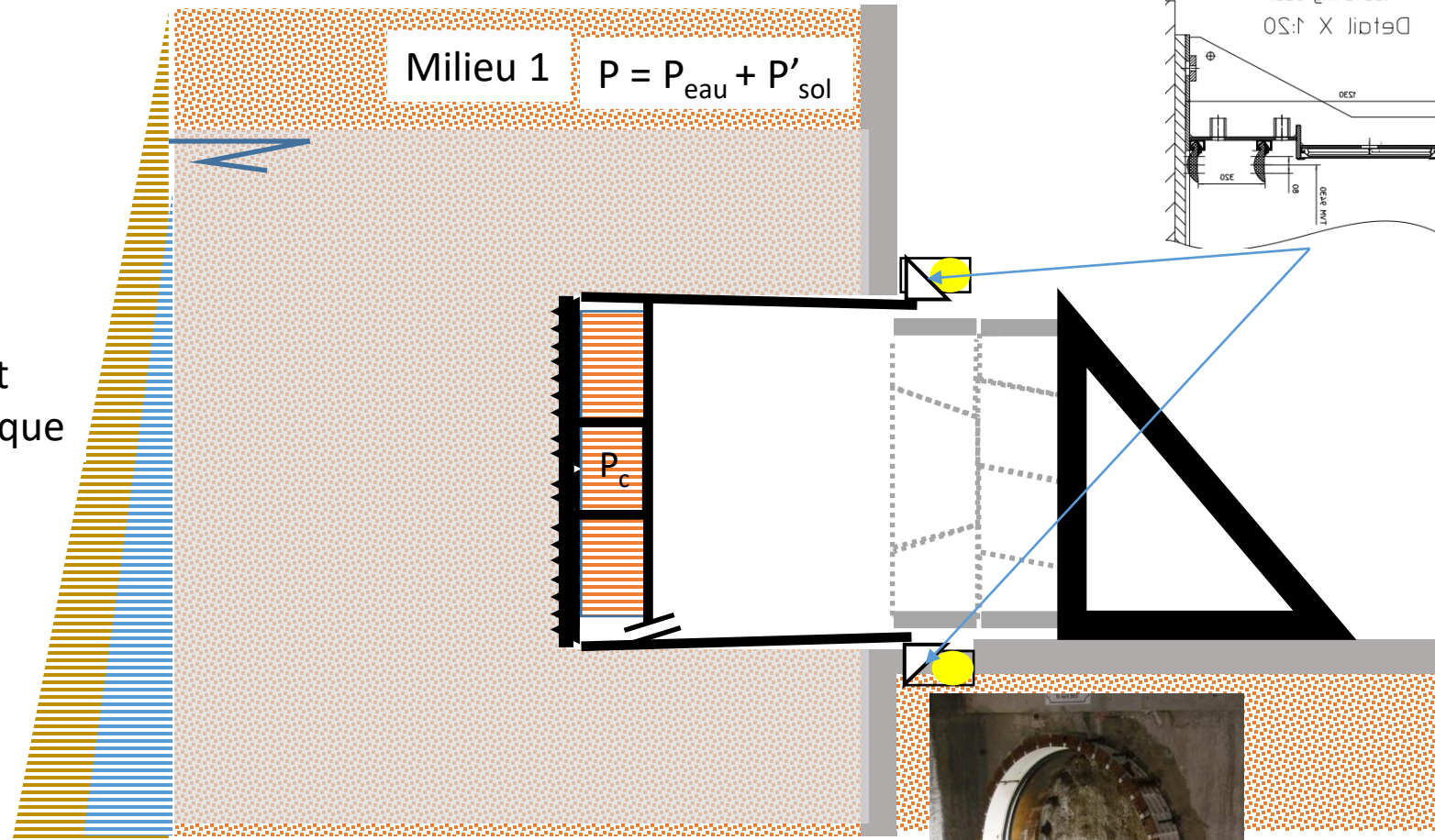
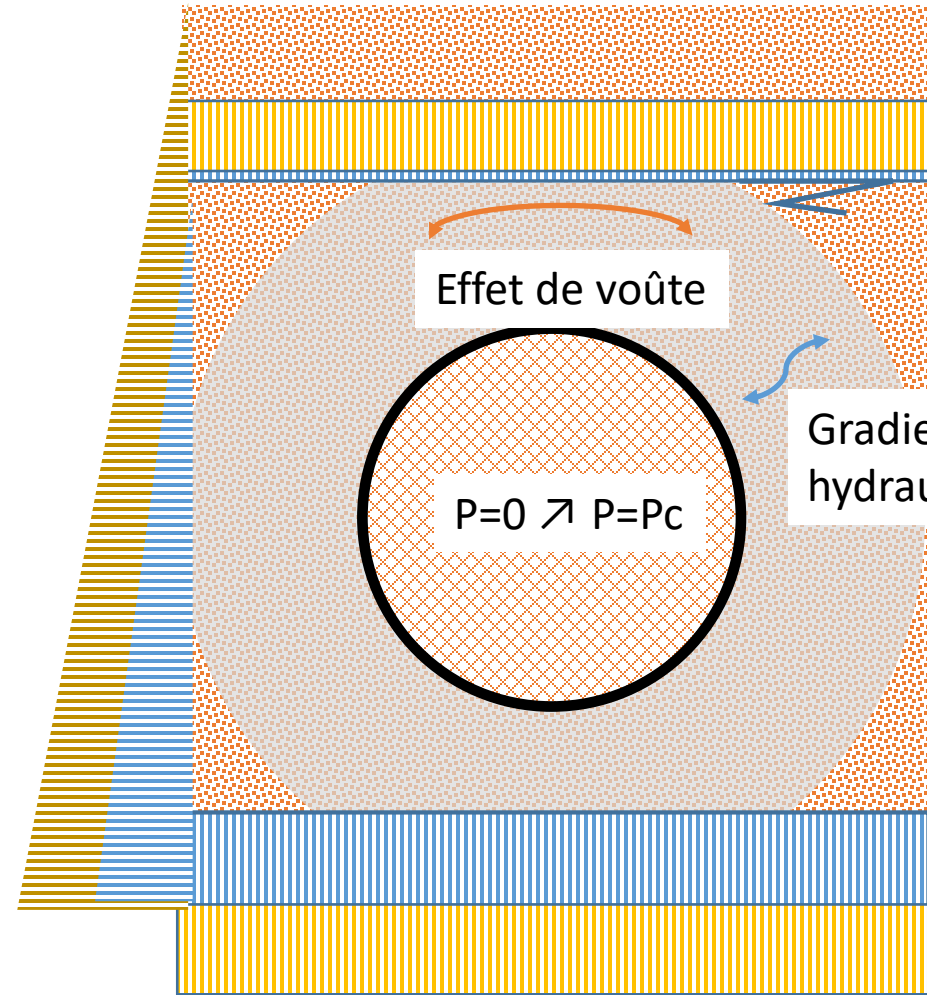
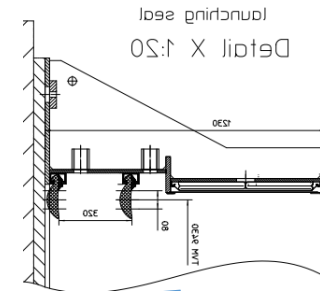
Solution technique: renforcement du terrain



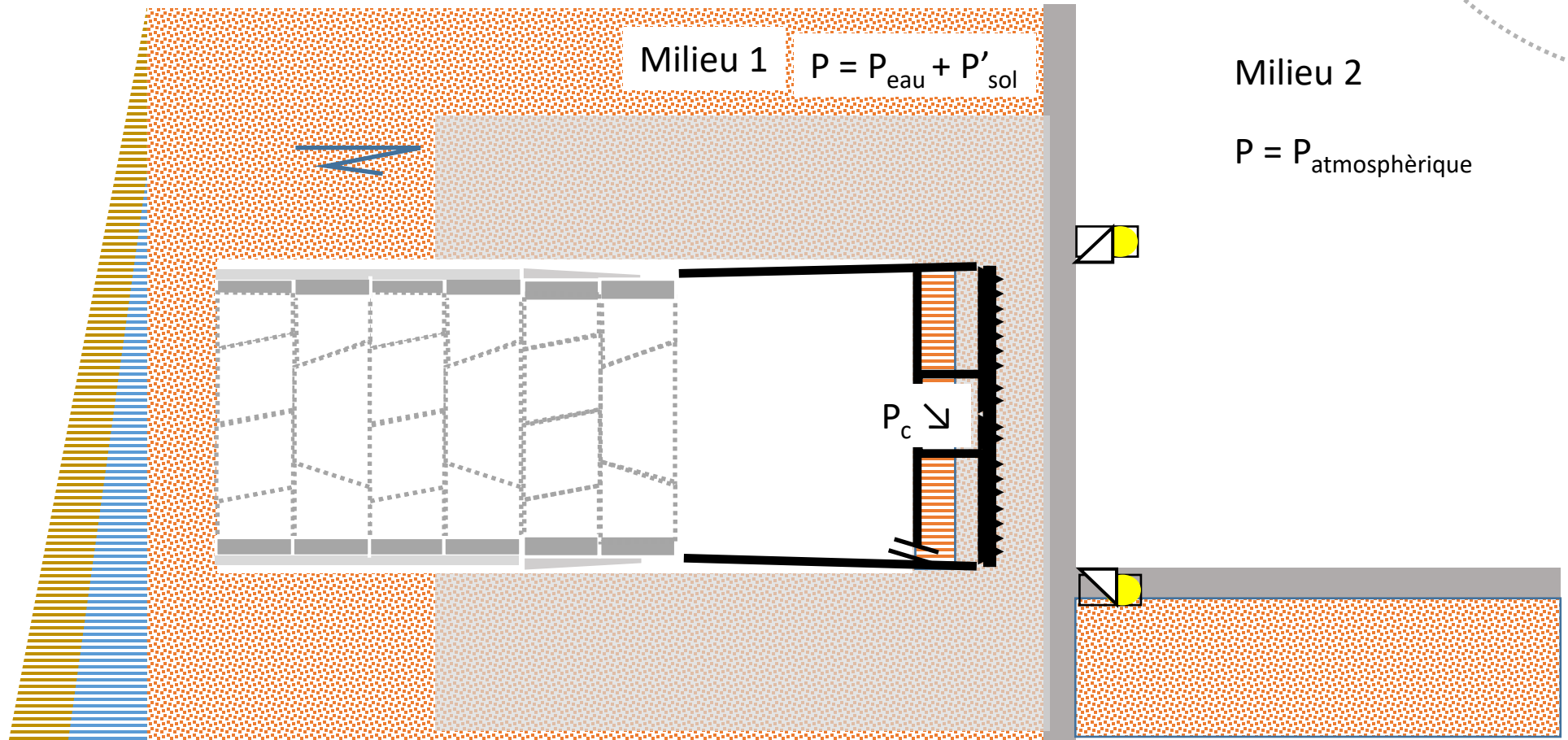
Solution technique: traitement du terrain



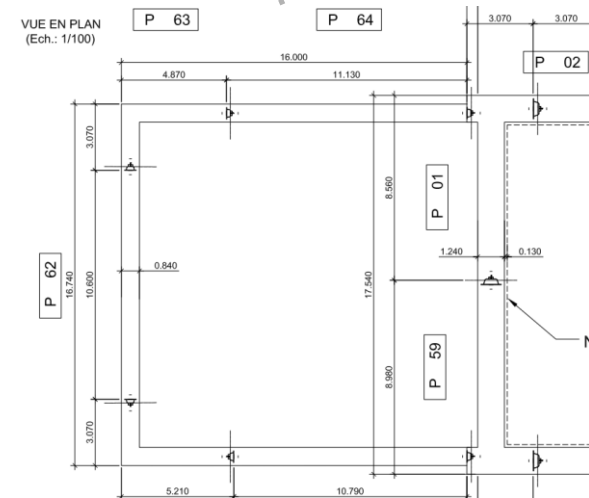
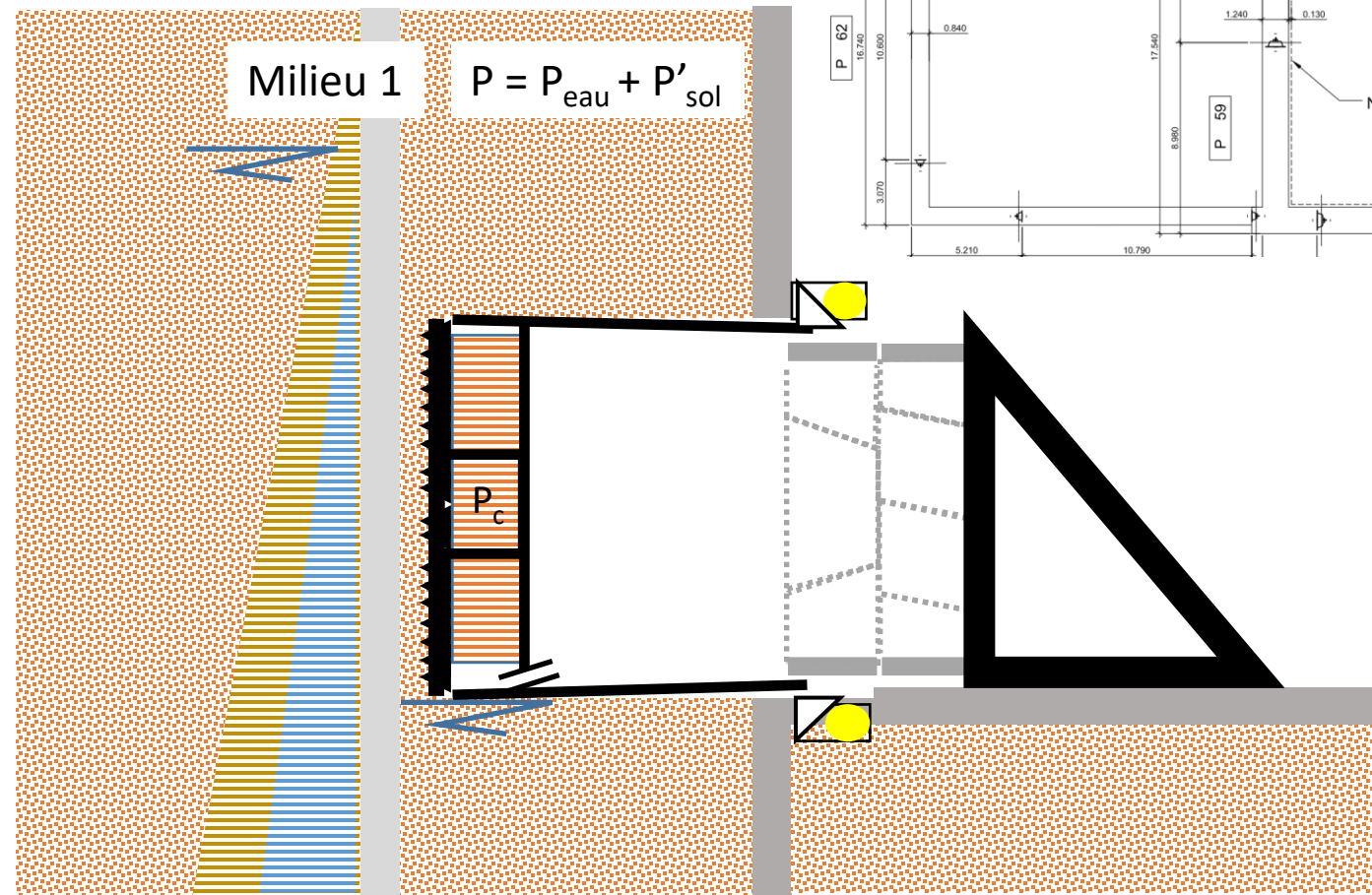
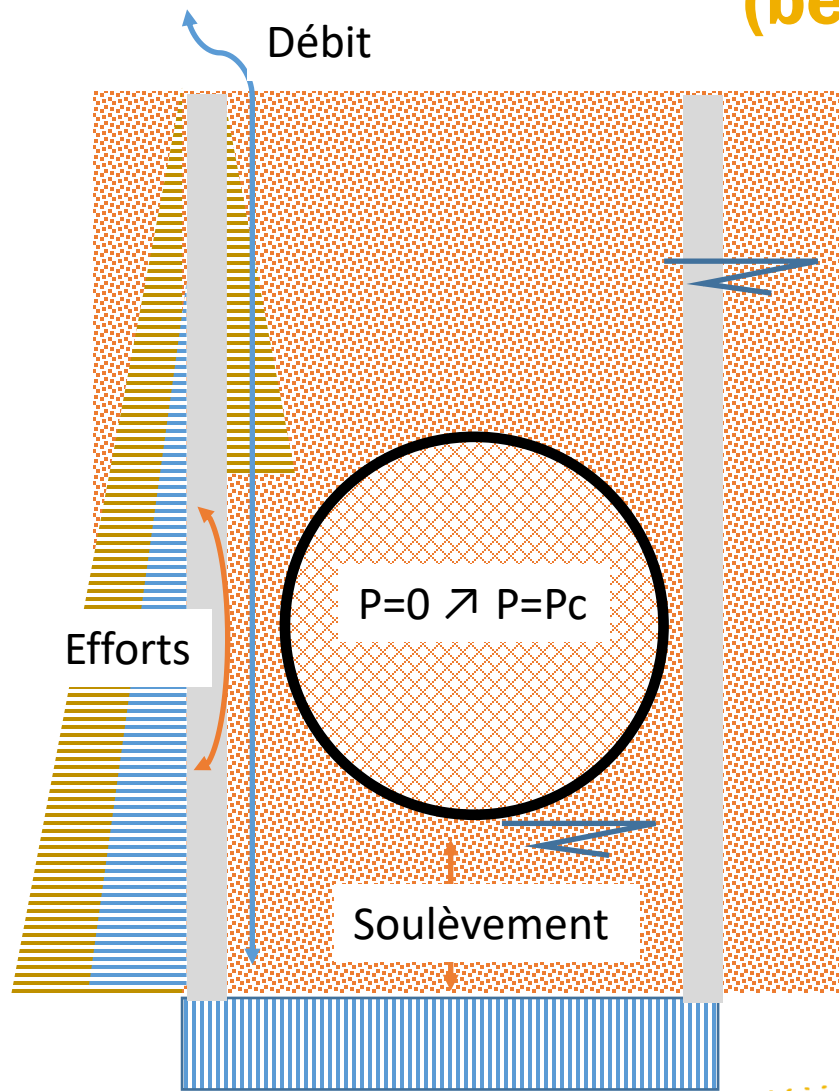
Solution technique: traitement du terrain



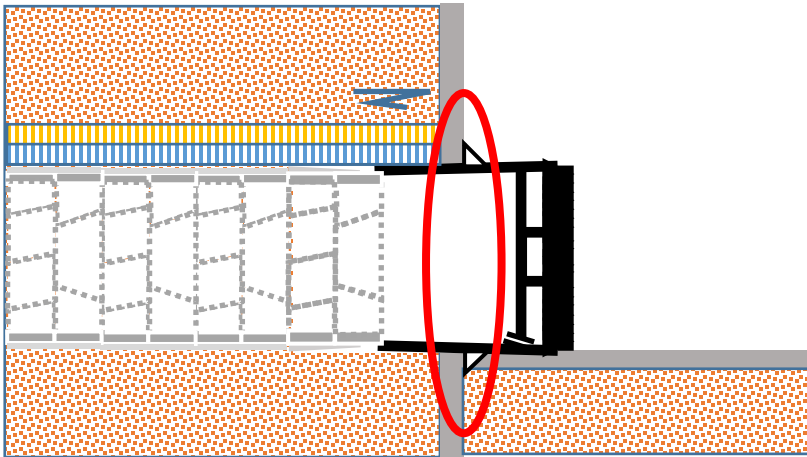
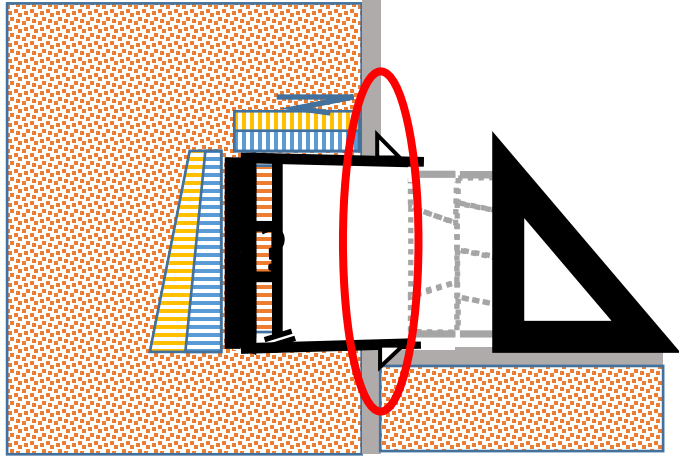
Solution technique: traitement du terrain



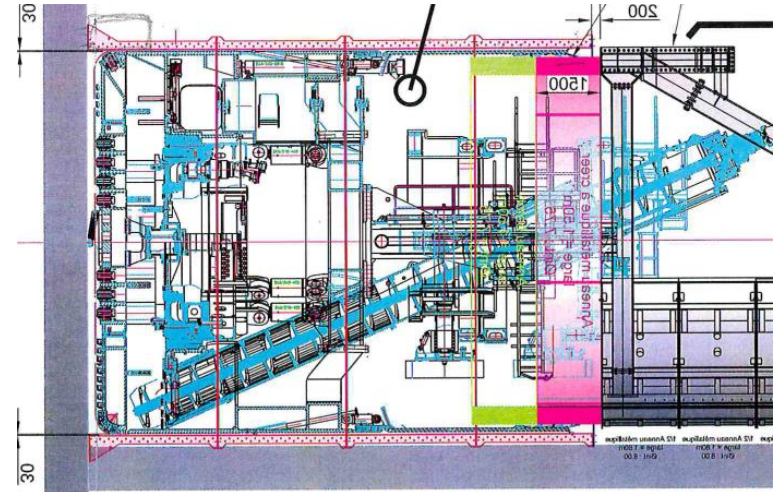
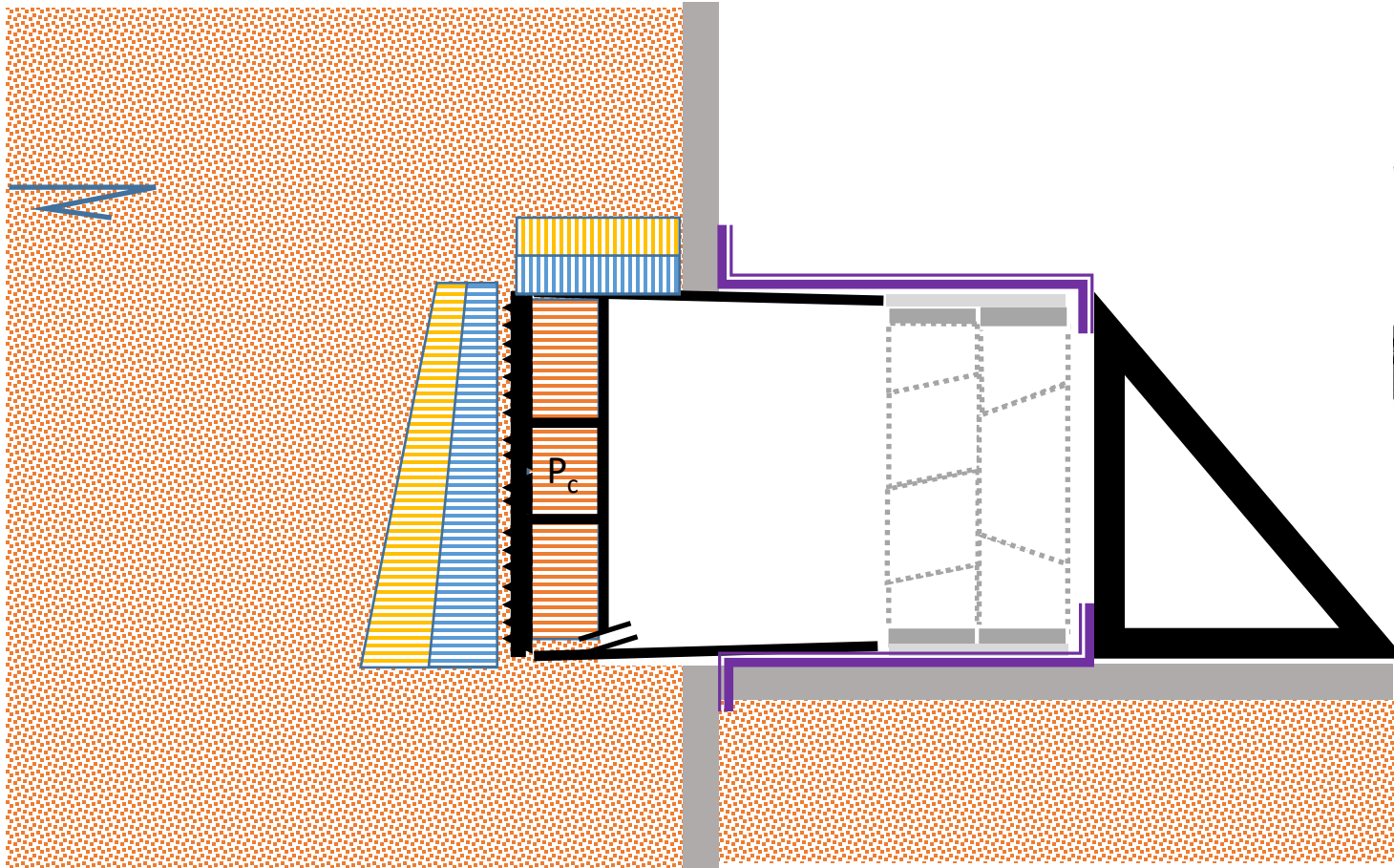
Solution technique: sas-boite en paroi moulée (béton plastique...)



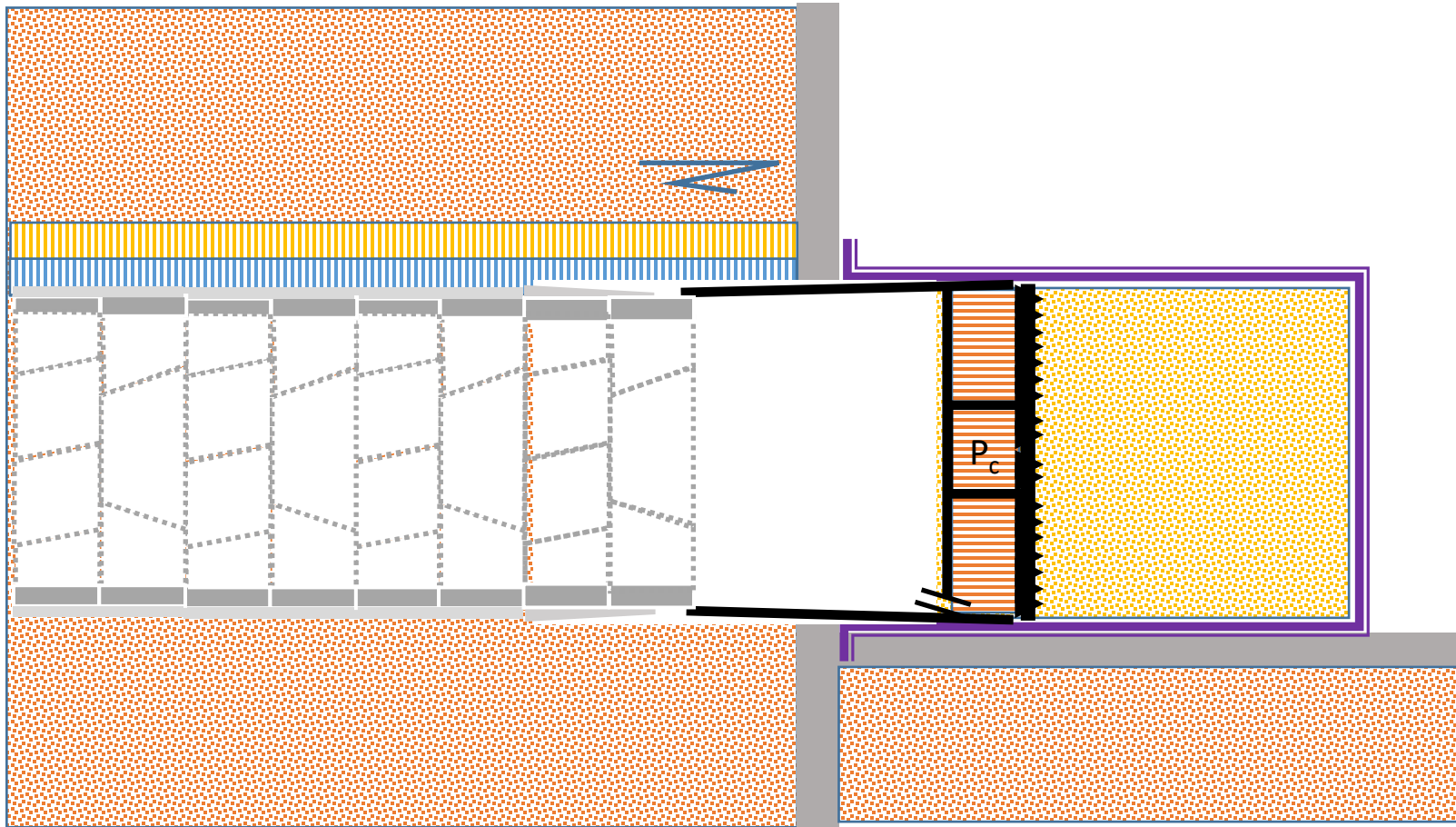
Solution technique: les viroles seules



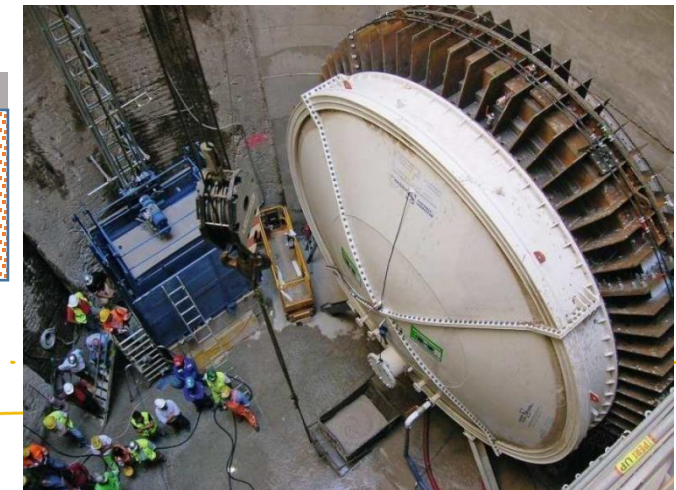
Solution technique: cloche d'entrée en terre



Solution technique: cloche de sortie de terre

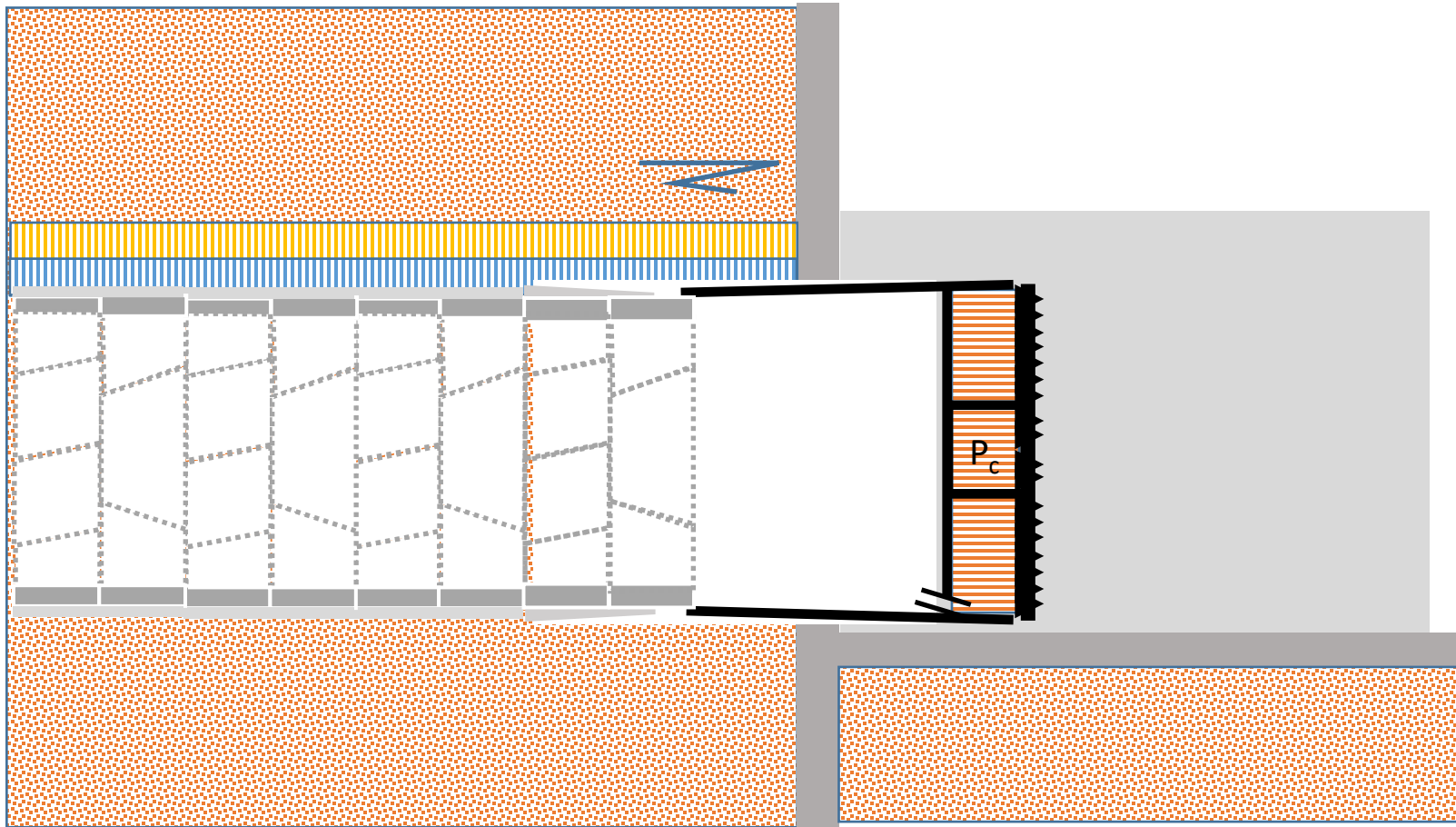


Nanning subway Line 1 (pictures courtesy of CRTG)
TBM SHIELD MACHINES BREAK IN AND BREAK OUT
N. Della Valle 1 P. G. de Haro, I. S. de Santa María Gatón
International Tunneling Symposium in Turkey – 2017-12-02



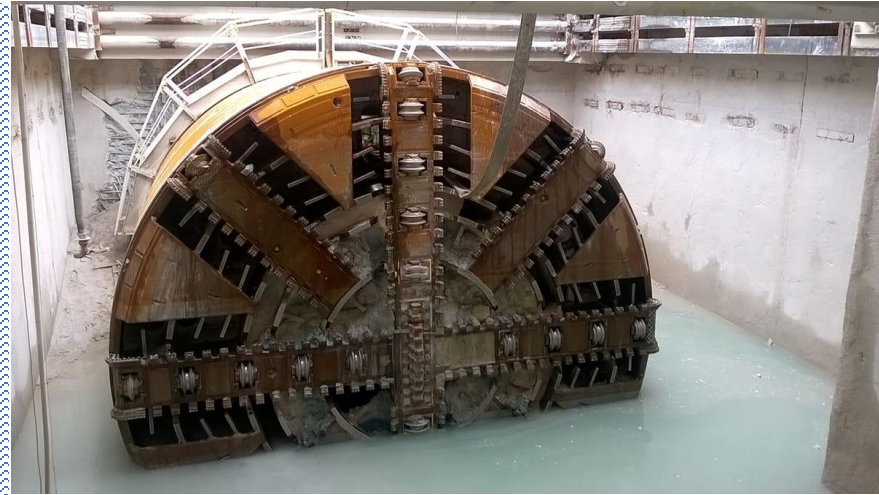
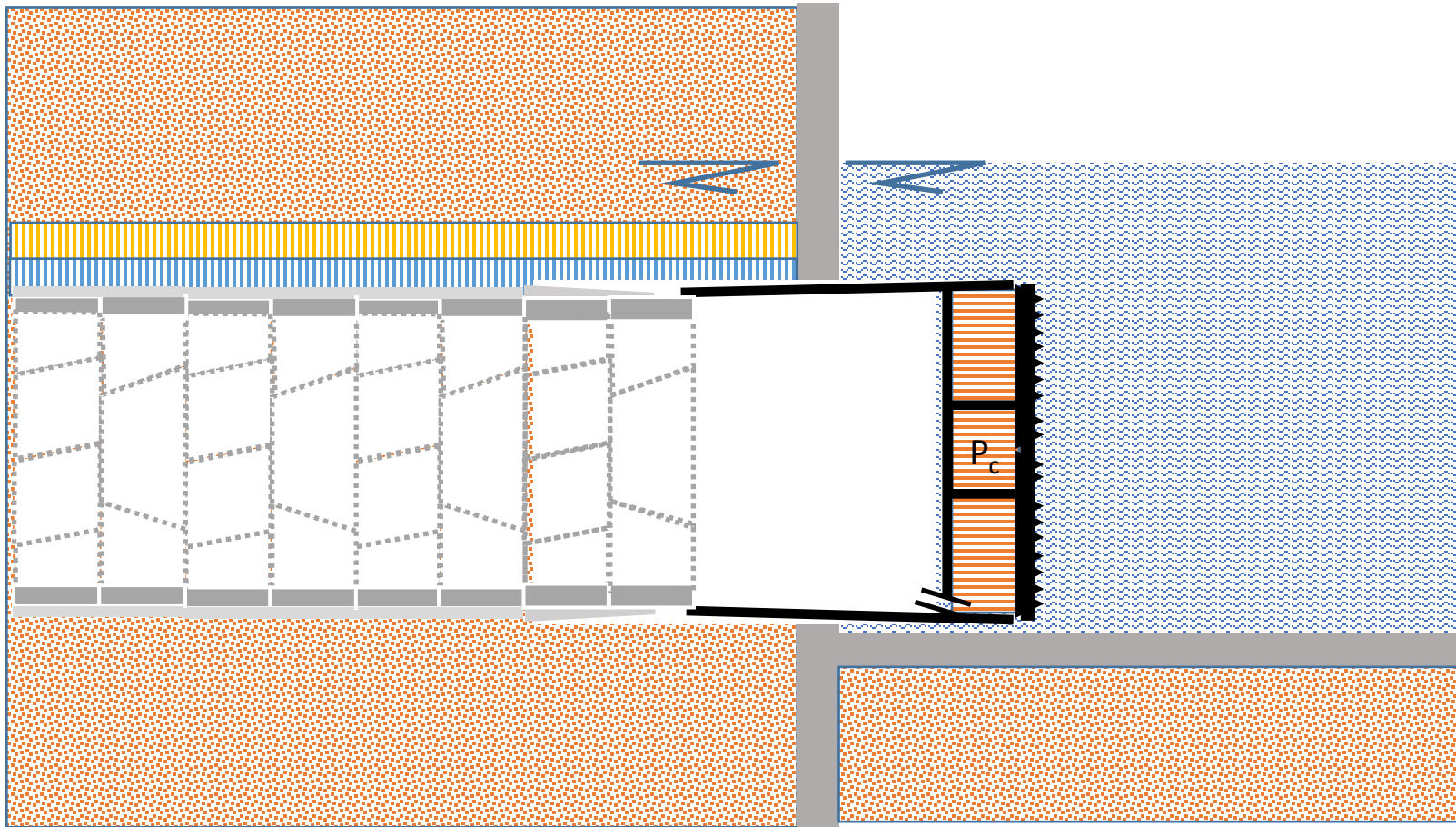
source : Herrenknecht

Solution technique: bloc de sortie de terre



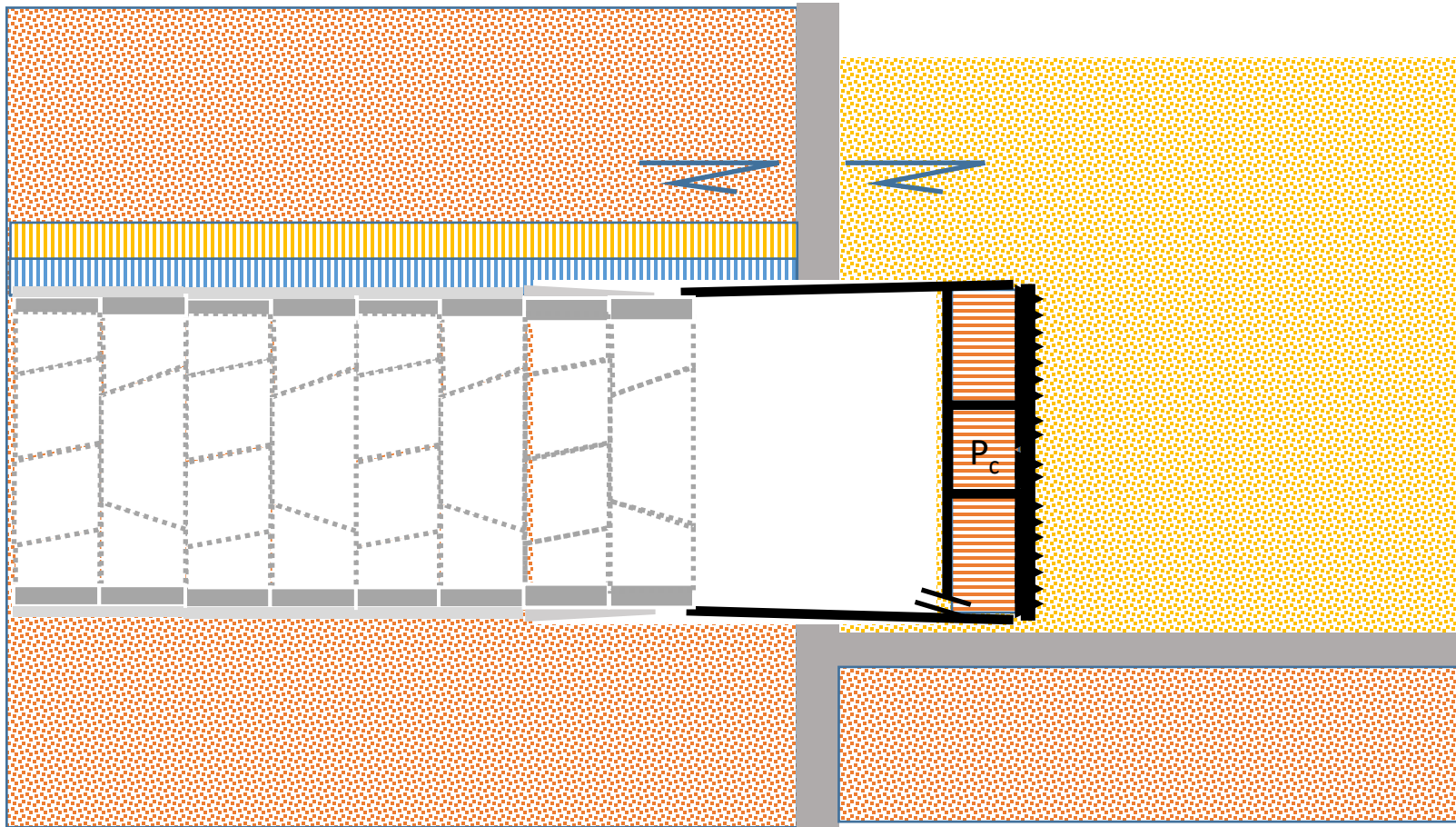
source : Amberg Engineering

Solution technique (sortie): « piscine »



Source : <https://www.prolongerligne14-mairie-saint-ouen.fr>

Solution technique (sortie): boîte pleine



source : Kombilösung, Karlsruhe

Objet

1. Les problématiques

- 1.1 Jonction tunnel – ouvrage : état final
- 1.2 Le confinement du tunnelier
- 1.3 L'entrée en terre
- 1.4 La sortie de terre
- 1.5 Les risques

2. Les solutions techniques

- 2.1 Le principe du sas
- 2.2 Le renforcement du terrain
- 2.3 Le traitement de terrain
- 2.4 Le sas-boite en paroi moulée
- 2.5 Les viroles seules
- 2.6 La cloche d'entrée en terre
- 2.7 La cloche e sortie de terre
- 2.8 La piscine de sortie
- 2.9 La boite pleine

3. Les critères de choix



Les critères de choix:

Critères géotechniques :

- ✓ Caractéristiques géomécaniques
- ✓ Diamètre, profondeur du tunnel
- ⇒ Poussée du terrain ?
- ⇒ Renforcement du terrain ?

Critères hydrogéologiques :

- ✓ Charge hydraulique
- ✓ Perméabilité
- ⇒ Pression d'eau?
- ⇒ Traitements de terrain ?

Les critères de choix:

Sensibilité du site:

- ✓ Avoisinants
 - ✓ Tassements admissibles
 - ✓ Aléas
- ⇒ Risques ?

Planning et phasage:

- ✓ Avancement des travaux : gares traversées, puits d'arrivée
- ✓ Phasage et délais de mise en œuvre des dispositifs
- ✓ Réutilisation (viroles, cloches...)

Objet

1. Les problématiques

- 1.1 Jonction tunnel – ouvrage : état final
- 1.2 Le confinement du tunnelier
- 1.3 L'entrée en terre
- 1.4 La sortie de terre
- 1.5 Les risques

2. Les solutions techniques

- 2.1 Le principe du sas
- 2.2 Le renforcement du terrain
- 2.3 Les traitement de terrain
- 2.4 Le sas-boite en paroi moulée
- 2.5 Les viroles seules
- 2.6 La cloche d'entrée en terre
- 2.7 La cloche e sortie de terre
- 2.8 La piscine de sortie
- 2.9 La boite pleine

3. Les critères de choix

4. Synthèse de projets récents



Synthèse de projets récents :

Projet	Tunnelier		Sortie de terre B_IN	Entrée en terre B_OUT	Géologie	Protondeur (m)	Pression hydro sous dalle (bar)	Entrée/sortie TBM	Remarques
		EPB = pres. de terre SS = pres. de boue							
GPE L17n-1	EPB	OA 3502 P		X	Sables argilo-gréseux (SB)	25	2	Cloche + paroi béton plastique en extrados tympan	
GPE L16-2	EPB	OA 02EO1						boite en paroi béton plastique en extrados tympan	
	EPB	OA 0202P		X	Marno-calcaires et sables argilo-gréseux (CSO + SB)	20	1,5	Jet grouting (11.5m SB) Injections (2.5m SO)	
		Gare Aulnay	X		Marno-calcaires et sables argilo-gréseux (CSO + SB)	20	2	Cloche	
				X				Cloche	
		Gare Sevrans-Beaudottes	X		Sables fins et marno-calcaire gypseux (SB + MC)	33	3	Cloche	
				X				Cloche	
		OA401P	X		Sables argilo-gréseux (SB)	30	2,8	Injections (3.5m CO) + Jet grouting (11.2m SB) Injections (3.5m CO) + Jet grouting (11.2m SB) et/ou option virole porte joint (confirmation en cours)	
				X					
		Gare Sevrans-Livry	X		Marno-calcaires et sables argilo-gréseux (CSO + SB)	23	2,3	Cloche	
				X				Cloche	
		OA 0501 P	X		Calcaires marneux	23	1,8	Injections (15.0m CO) + jet grouting (SB) confirmation en cours	
		OA 0603P		X	Sables argilo-gréseux (SB)	52	2,2	Cloche	
	EPB	Gare Clichy-Montfermeil	X		Marnes calcaires + marnes argileuses (MP+MA)	28	0	Buiflex	
				X				Virole porte joint	
		OA 0503P	X		Marnes gypseuses (MFL)	35	0	Buiflex	
				X				Buiflex	
		OA 0501P	X		Marno-calcaires (SO)	23	1,8	Injections (15.0m CO)	
GPE L16-1	EPB	Gare Bourget-RER						jet grouting (SB) - confirmation en cours	
		OA 34EO1						boite en paroi béton plastique en extrados tympan boite en paroi béton plastique en extrados tympan	
GPE L15s-3	EPB	OAP13 Ile de Monsieur		X	Craie saine (Cs)	35	3	Injection 15x15x14 m³	Mauvais collage injection / paroi moulée = venues d'eau
		Gare Pont de Sèvres	X		Craie altérée (Ca1)	35	3	Gare non excavée massif en soil-mixing + jet-grouting	
				X				Gare non excavée massif en soil-mixing + jet-grouting	
		Gare Issy RER			Alluvions silto-sablo-graveleuses + craie altérée (AA + Ca1)	25	1,7	Injection 15x15x14 m³	Lentilles silteuses peu injectables
				X				Injection 15x15x14 m³	
		Gare Fort d'Issy - Vanves	X		Calcaire sableux + argile plastique (Cg + AP)	20	1,1	dalle injectée 15x3x14 m3 dalle injectée 15x3x14 m3	Montée en pression et désordres en paroi moulée
GPE L14s-2	EPB	OA Jean Prouvé		X	Argiles - marnes calcaires - marnes argileuses (AV + MP + MA)	25	0	Virole double joint + buiflex Voute parapluie	Mise en pression à 50 kPa dans la virole
GPE L14n-1	EPB	Station Pont Cardinet		X	Marno-calcaires et sables argilo-gréseux (CSO + SB)	22	1,4	Cloche	
		Station Porte de Clichy		X	Sables argilo-gréseux (SB)	30	2,7	Cloche	
			X			30	2,7	Bouchon jet-grouting Virole	
GPE L14n-2	EPB	Puits Glarner		X	Marno-calcaires et sables argilo-gréseux (CSO + SB)	25	1,8	Cloche	
Eole	SS	Puits Gambetta		X	Calcaire - calcaire sablo-argileux (CG)	30	1,5	Injection 14 x 14 x 15 m3 Virole double joint + buiflex	
		Puits Gouraud	X		Argile sableuse - sable	40	3,5	Puits remblayé et immergé - sable + mortier Murs masques + voussoirs scellés	
				X				Puits remblayé et immergé - sable + mortier Murs masques + voussoirs scellés	
Lyon Métro B	SS	Puits Gerland		X	Alluvions sablo-graveleuses	18	1,5	Injection L=14 m + parois au coulis rideau de tympan en jet-grouting	
Dubai Metro				X			3,5	Virole	Traitement de terrain par injection inefficaces 10 Rematragés - tests d'étanchéité de Virole à 5 bars

Synthèse de projets récents :

Bilan des dispositifs E/S Terre

■ Cloche

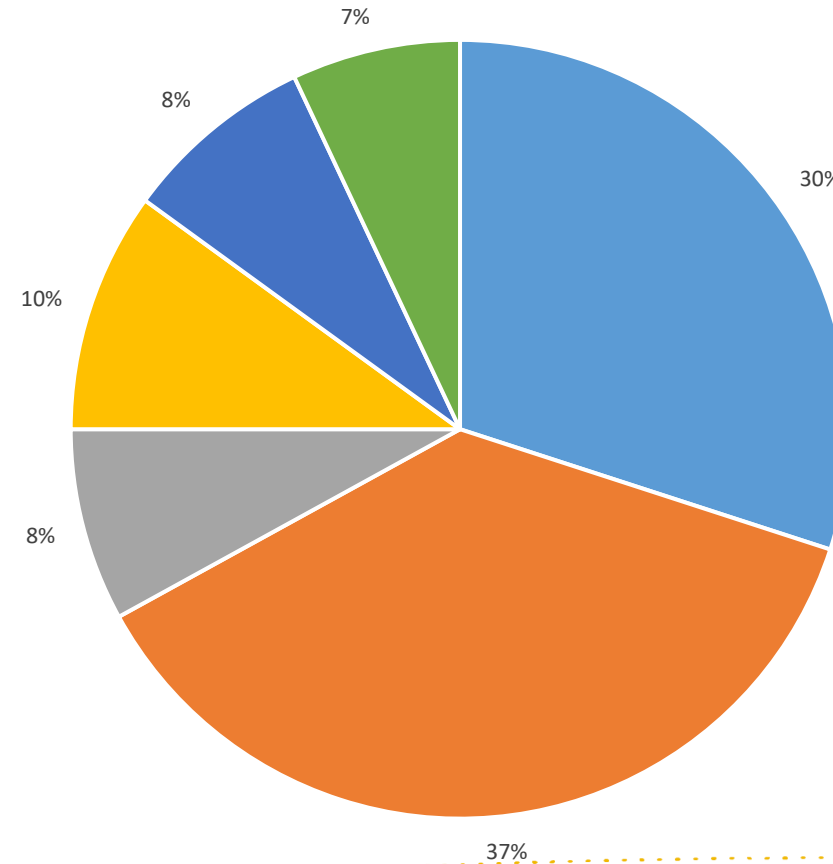
■ Bouchon de terrain traité L=L_{tun}

■ Boite en paroi moulée

■ Puits non excavé

■ Joint gonflable seul

■ Virole porte-joints seule



**Merci à tous les contributeurs
des sociétés Terrasol, Lombardi, Systra, GEOS
Sweco, Amberg**

Merci de votre attention