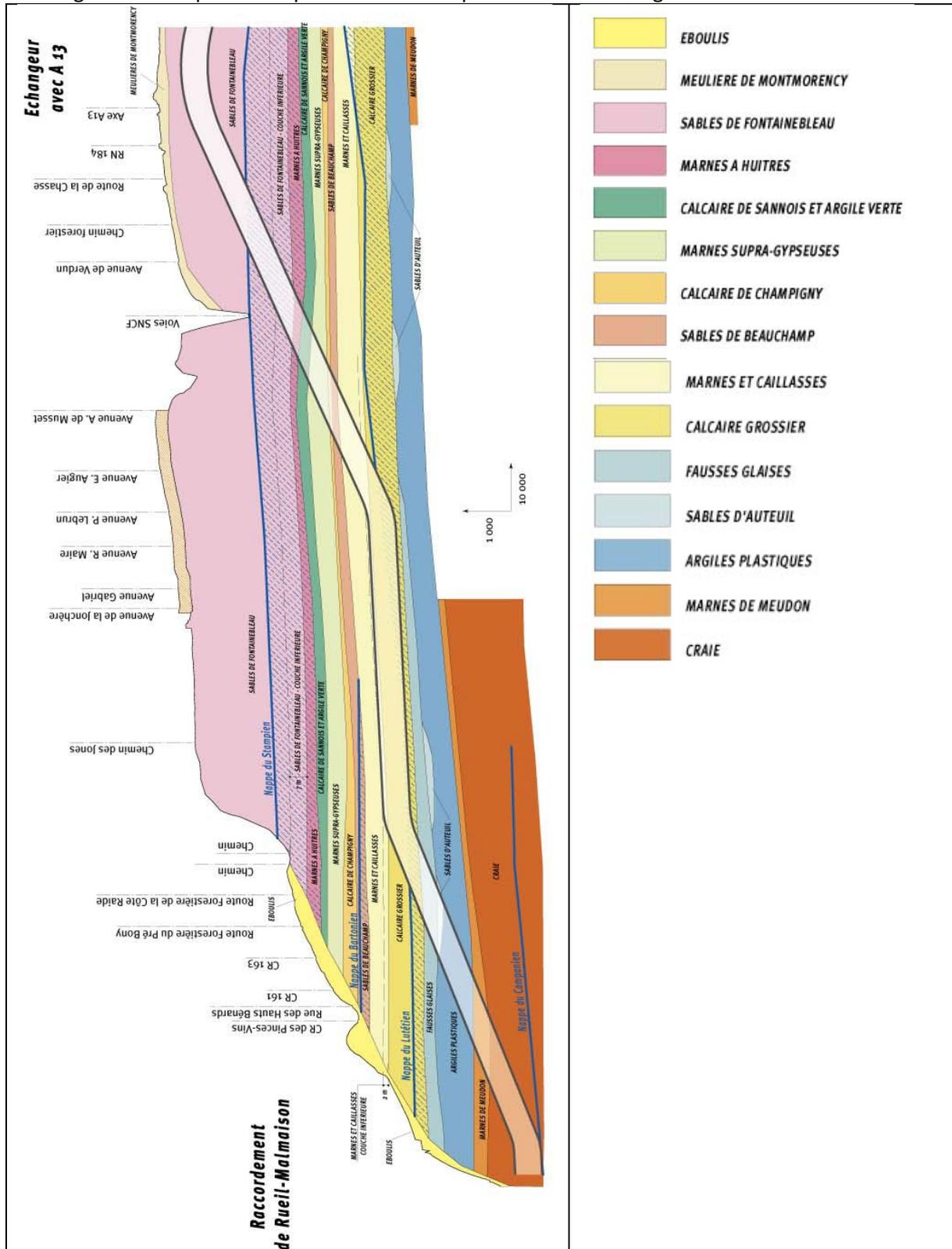
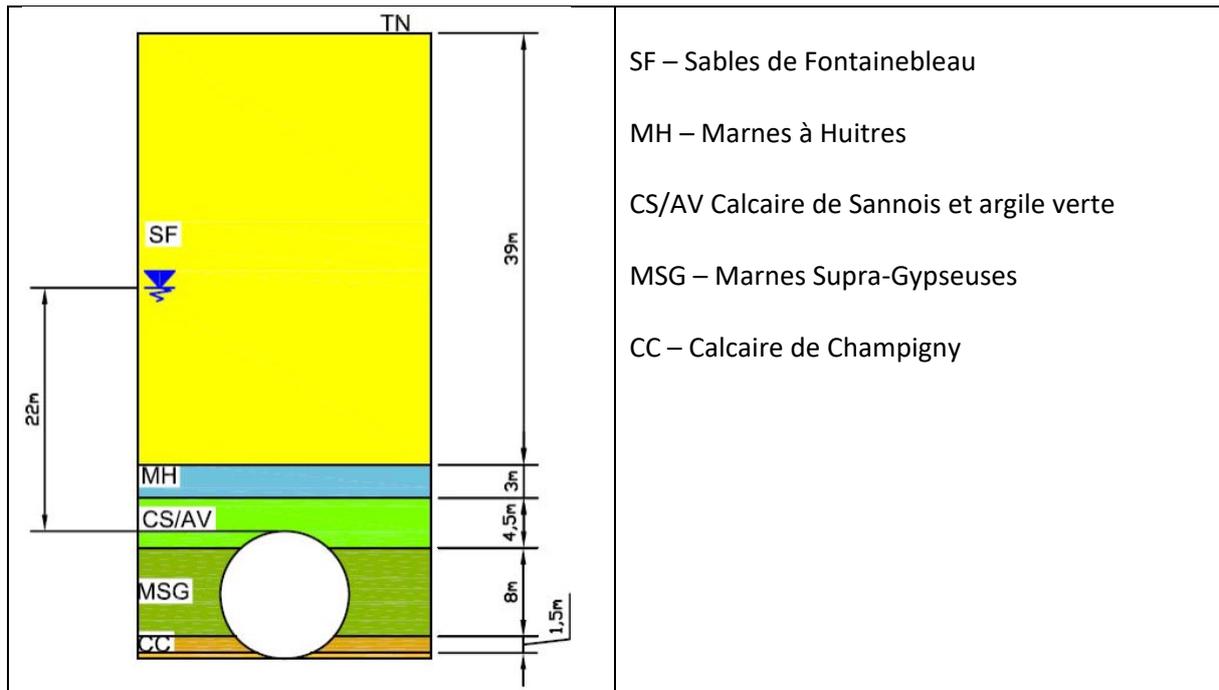


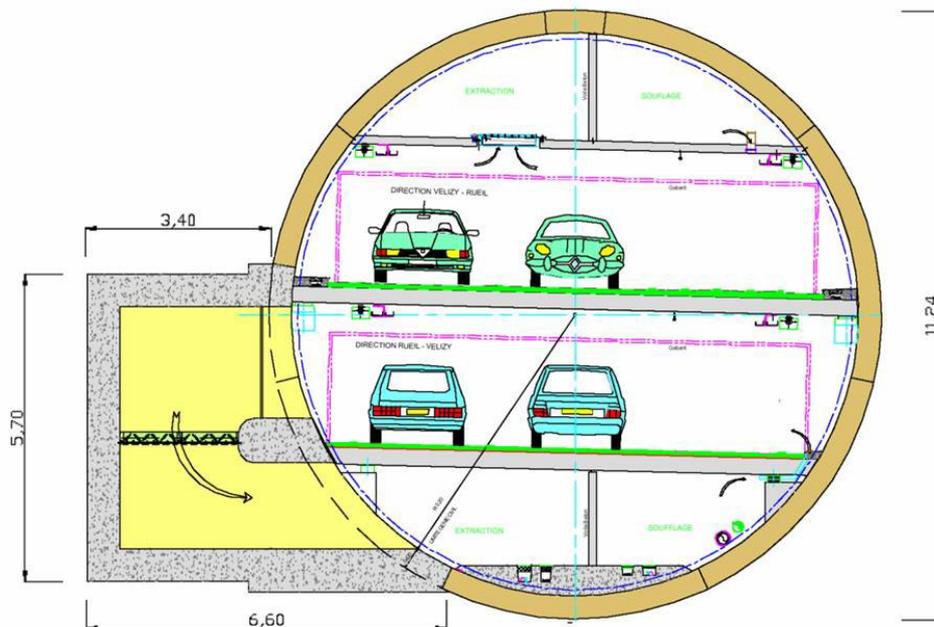
TP2 : Ouvrages Souterrains

Dimensionnement du soutènement des tunnels d'A86. Le profil longitudinal du tunnel est présenté sur la figure 1 alors qu'une coupe transversale représentative sur la figure 2.





La section-type du tunnel est indiquée ci-dessous (Dans ce qui suivra on considèrera que l'ouvrage principal et on fera l'abstraction des niches)



Les essais de caractérisation des couches géologique sont résumés sur le tableau ci-dessous (d'après [1])

FORMATION	C	Φ	E_o	C'	Φ'	E_d	K_o	ν_o/ν'	γ_h	Rc	Essai Cerchar Dureté/Hardness (Cerchar test)	Abrasivité
Sables de Fontainebleau/ <i>Fontainebleau Sandstone</i>	0	35	50 +200 σ'_{vo}	0	35	idem E0	0,4/0,6	0,25	19,1	x	x	x
MH/CS/AV	150/300	0	75/150	30	25	20/40	0,6/1,1	0,3/0,5	18,0/19,7	0,3à 15,5 <i>0.3to 15.5</i>	6à70 <i>6to 70</i>	0,1à0,9 <i>0.1to0.9</i>
Marnes Supragypseuses / <i>Supra-Gypsum Marl</i>	180/400	0	90/200	0	30	20/40	0,7/1	0,3/0,5	18,5	60	16à50 <i>16to 50</i>	0,1à0,4 <i>0.1to0.4</i>
Calcaire de Champigny/ <i>Champigny Limestone</i>	200	30	300	200	30	200	0,5	0,3	23,7	2à 130	2à200 <i>2to 200</i>	0,1à2,3 <i>0.1to2.3</i>
Sables de Beauchamp/ <i>Beauchamp Sand</i>	0	35	50/250	0	35	50/250	0,5	0,3	23,2	0,6 à 60	13à68 <i>13to 68</i>	0,7à 1,4 <i>0.7to1.4</i>
Marnes et Caillasses / <i>Marl and Loam</i>	100/200	25	150/300	75/150	30	100/200	0,6	0,3	24,0	0,1 à 30	3à200 <i>3to 200</i>	0,1à2,0 <i>0.1to2.0</i>
Calcaire Grossier / <i>Coarse Limestone</i>	200/490	39/44	1600	200/490	39/44	600/1200	0,5	0,3	21,1	0,3à 37	3à54 <i>3to 54</i>	0,1à 1,9 <i>0.1to1.9</i>
FG/SA	0	35	200/250	0	35	200/250	0,4/0,5	0,25	19,2	x	x	x
Argiles Plastiques / <i>Plastic Clay</i>	200/390	0	140/250	100	9	35/60	0,8/1,1	0,4/0,5	19,1	x	x	x
Marnes et Calcaire de Meudon / <i>Meudon Marl and limestone</i>	200	25	350	150	30	250	0,6	0,3	21,8	0,3à 5,4 <i>0.3to 5.4</i>	6à 8 <i>6to 8</i>	0,1
Craie / <i>Chalk</i>	Rc=2MPa		450	Rc=2MPa		250	0,5	0,3	19,6	1,1 à 3,1 <i>1.1to 3.1</i>	2à 7 à très élevée <i>2to 7 veryhigh</i>	0,1

γ_h (kN/m³) : poids volumique humide / γ_h (kN/m³): unit weight of saturated soil

K_o : coefficient de poussée des terres au repos / K_o : thrust coefficient of at-rest earth pressure

C (kPa) : cohésion à court terme, C' (kPa) : cohésion à long terme / C (kPa): undrained cohesion, C' (kPa): drained cohesion

Φ (°) : angle de frottement interne à court terme, Φ' (°) : angle de frottement interne à long terme / Φ (°) undrained internal angle of friction, Φ' (°): drained angle of friction

Rc : résistance à la compression simple / unconfined compressive strength

ν_o : coefficient de Poisson à court terme, ν' : Coefficient de Poisson à long terme / ν_o : undrained Poisson's ratio, ν' : Drained Poisson's ratio

E_o (MPa) : module de déformabilité instantané, E_d : module de déformabilité différé / E_o (MPa): undrained deformation modulus, E_d : drained deformation modulus

σ'_{vo} : contrainte moyenne au point considéré équivalent à la contrainte due au poids des terres min/max / mean stress at the point deemed to be equivalent to the stress due to the max/min soil load

x : Absence de donnée / No data

MH/CS/AV Marnes à Huîtres, Calcaire de Sannois, Argiles Vertes ; FG/SA : Fausses Glaises/Sables d'Auteuil / Oyster Marl, Sannois Limestone, Green Clay; FG/SA: Fausse Glaises/Auteuil Sand

1. Construire un modèle plane conforme à la coupe géologique et à la section indiquée, sans soutènement.
 - a. Estimer les déplacements à la paroi du tunnel aux différents points (0°, 45°, 90° par rapport à l'horizontal)
 - b. Estimer les déplacements à la surface. Comparer ces déplacements avec les calculs analytiques
 - a. On répétera les calculs en incluant cette fois-ci un revêtement. En prenant comme base un béton B30 estimer l'épaisseur du soutènement. Estimer la charge sur le revêtement et le tassement à la surface.

2. Considérons ensuite la courbe de déconfinement du tunnel pour un milieu homogène avec des propriétés moyenné.
 - a. Construire un modèle en axisymétrie : axe vertical du modèle coïncidant avec l'axe du tunnel, son frontière droite à 10 R, et une longueur totale de 20R.
La modélisation consiste à simuler un creusement progressif en désactivant de façon successive des tranches de tunnel chacune égale à 2 R. Tracer les déplacements et les contraintes dans la direction radiale à la paroi du massif au cours de creusement pour une distance de front de taille $-6R < x < 6R$
 - b. Dédire la pression critique, puis proposer différentes solutions de soutènement de maintien du massif dans le domaine élastique. En prenant comme base un béton B30 estimer l'épaisseur du soutènement pour chaque solution

Formulaire : Solution d Kirsh pour un trou circulaire en déformation plan

Contraintes	Déplacements
$\sigma_{rr} = \frac{p}{2} \left[(1+k) \left(1 - \frac{a^2}{r^2} \right) - (1-k) \left(1 - 4 \frac{a^2}{r^2} + 3 \frac{a^4}{r^4} \right) \cos 2\theta \right]$	$u_r = -\frac{pa^2}{4Gr} \left[(1+K) - (1-K) \left\{ 4(1-\nu) - \frac{a^2}{r^2} \right\} \cos 2\theta \right]$
$\sigma_{\theta\theta} = \frac{p}{2} \left[(1+k) \left(1 + \frac{a^2}{r^2} \right) + (1-k) \left(1 + 3 \frac{a^4}{r^4} \right) \cos 2\theta \right]$	$u_\theta = -\frac{pa^2}{4Gr} \left[(1-K) \left\{ 2(1-2\nu) + \frac{a^2}{r^2} \right\} \sin 2\theta \right]$
$\sigma_{r\theta} = \frac{p}{2} \left[(1-k) \left(1 + 2 \frac{a^2}{r^2} - 3 \frac{a^4}{r^4} \right) \sin 2\theta \right]$	

Concentration des contraintes pour un trou elliptique

$$K = \frac{(1 - k^2)(1 - M) + 2k(1 + M) - (1 - M)(1 + k)^2 \cos(2\alpha)}{(1 + k^2) - (1 - k^2) \cos(2\alpha)}$$

$k = b_v/a_h$ rapport des demie-axes

$M = S_h/S_v$ rapport des contraintes

[1] Decker I. (2009) Avancement d'un tunnelier mixte en région parisienne : retour d'expérience du duplex de l'A86, mémoire d'ingénieur CNAM Spécialité Construction option Géotechnique soutenu le 18 décembre 2009

