

# ENTPE 2015 /2016

## CONCEPTION TECHNIQUE DES INFRASTRUCTURES ROUTIERES ET FERROVIAIRES

### TEST N° 1 – Énoncé

#### Partie « Route » (12 pts)

NOM : RAIMBAULT Prénom : Jérôme Groupe : 6 .

*Equipe 12*

- Toutes les questions sont indépendantes.
- Les notes prises en cours sont autorisées ainsi que les corrigés des TD.

Note test /10	<u>8</u>	Note TD / 2	<u>1,25</u>	Total / 12	<u>9,25</u>
---------------	----------	-------------	-------------	------------	-------------

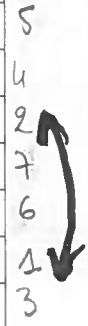
Note	Barème	Questions
	1,00	1. Études
	0,50	a) Quelle est l'étape préalable indispensable au lancement d'une procédure d'expropriation. Expliciter votre réponse.
<u>0,50</u>		<p>L'étape préalable est la prescription du projet comme utilité publique -</p> <p>Il faut que le projet soit reconnu d'utilité publique pour passer à des procédures d'expropriation. En effet le préfet acte alors la nécessité des travaux et l'arrêté constitue la base juridique à la procédure d'expropriation.</p>

0,50

b) Parmi les étapes citées ci-après, quelles sont celles qui précèdent la DUP et celles qui la suivent. Expliciter votre réponse en numérotant les étapes par ordre chronologique.

0,30

Étapes	Avant DUP	Après DUP
Travaux		5
Études de projet		4
Études d'opportunité	2	
Bilan		7
Mise en service		6
Études préalables	1	
Études d'avant-projet	3	



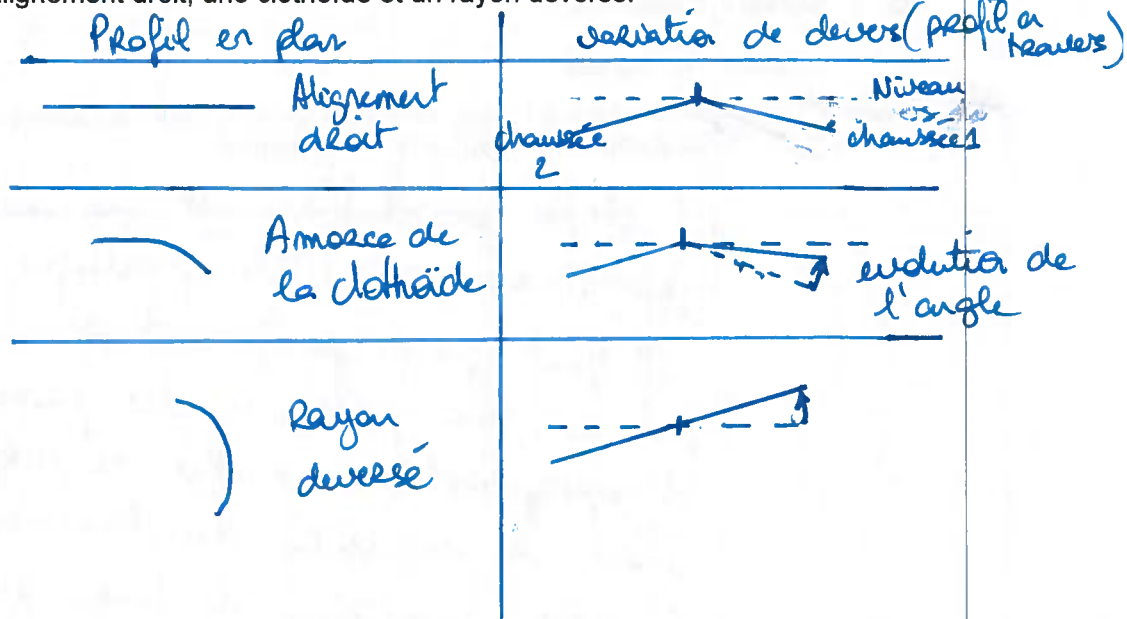
2,00

2. Tracé en plan

1,00

a) À l'aide d'un schéma, expliquer comment varie le devers entre un alignement droit, une clothoïde et un rayon déversé.

1,00



1,00

b) Citer les 3 fonctions d'une clothoïde.

0,75

les fonctions de la clothoïde sont :

- de permettre le raccordement entre un alignement droit et une courbe
- d'assurer la variation de devers en l'introduisant progressivement.
- elle sert de confort pour l'usage en lui permettant d'appliquer un mouvement constant sur le volant du véhicule dans la courbe.

--	--	--

1,00	<b>3. Profil en long</b>	<p>En vous aidant de la page 68 ci-jointe extraite de l'ARP, lister les écarts aux règles de conception du profil en long joint en annexe 2 par rapport à la catégorie de route R80.</p> <p>Pour les routes R80 on a une déclivité maximale de 6%, un rayon minimale en angle saillant de 3000 m et en angle creux de 2200 m. Ainsi on a les écarts suivants :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- <math>R = 1000 \text{ m} &lt; R_{\text{min}}, R = 3000 \text{ m}</math>, ①</li> <li>- <math>P = 6,50\% &gt; 6\%</math> ② <u>sur</u></li> </ul> <p>① → situé entre les bandes 21 à 31 /          ② → situé entre les bandes 31 à 35 /          manque 2 parts</p>
------	--------------------------	--

9,50

1,00	<b>4. Visibilité en carrefour plan</b>	<p>L'intersection en T d'une voie secondaire sur une route principale pose un problème de visibilité. Le gestionnaire de la voie souhaite le régler en implantant un régime de priorité par STOP ou Cédez le Passage.</p>
0,60	a) Représenter schématiquement les conditions de visibilité à respecter pour les usagers de la route secondaire au voisinage immédiat de l'intersection en fonction des 2 régimes de priorité.	<p>The diagram shows a T-junction where a secondary road (B) crosses a primary road (A) at a right angle. The primary road is labeled 'voies' and 'voie principale'. The secondary road is labeled 'voie secondaire'. A 'Triangle de visibilité' is drawn with red lines, indicating the required sight triangles for drivers on the secondary road. A sign 'STOP ou C.D.P.' is placed on the secondary road. A point 'A' is marked at the start of the primary road, and a point 'B' is marked at the start of the secondary road.</p>

9,15

0,40	b)	<p>Préciser la longueur de visibilité requise de la voie secondaire sur la voie prioritaire dans le cas du STOP et dans le cas du Cédez-le-Passage sachant que la <math>V_{85}</math> sur la voie prioritaire est de 90 km/h. <math>V_{85} = 90 \text{ km/h} = 25 \text{ m/s}</math></p> <p>La longueur de visibilité requise :</p> <p>1) Pour le <u>stop</u> : <math>D_{\min} = 6 V_{85} = 6 \times 25 = 150 \text{ m}</math>  <math>D_{\max} = 8 V_{85} = 8 \times 25 = 200 \text{ m}</math> oui</p> <p>donc la longueur sera comprise entre <u>200 et 150 m</u></p> <p>2) Pour le <u>Cédez-le passage</u> : <math>D_{\min} = 15 V_{85} = 15 \times 25 = 375 \text{ m}</math>  <math>D_{\max} = 20 V_{85} = 20 \times 25 = 500 \text{ m}</math></p> <p>donc la longueur sera comprise entre <u>375 et 500 m</u>.</p> <p>(Remarque = la valeur maximale est à chaque fois celle préférable).</p>
1,00	5.	<p><b>Visibilité sur obstacle en profil en long</b></p> <p>a) En vous aidant des pages 76, 77 et 128 ci-jointes extraites de l'ARP, expliquer pourquoi les conditions de visibilité sur obstacle en profil en long dans les conditions désignées ci-après ne sont pas respectées ?</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <math>V_{85} = 90 \text{ km/h}</math></li> <li>• Rayon en angle saillant <math>R = 3\,000 \text{ m}</math></li> <li>• Tracé en plan en courbe</li> </ul> <p>on a <math>R = \frac{0,5 d^2}{[h^{0,5} + x^{0,5}]^2}</math> <math>h = 1 \text{ m}</math> (point d'observation)  <math>x = 0,35 \text{ m}</math> (point observé).</p> <p>et pour <math>V_{85}</math> on a <math>d = 151 \text{ m}</math> (en courbe).</p> <p>alors <math>R = \frac{0,5 \times 151^2}{[1^{0,5} + 0,35^{0,5}]^2} = 4\,500 \text{ m}</math>.</p> <p>or ici <u><math>R = 3\,000 \text{ m} &lt; 4\,500 \text{ m}</math></u></p> <p>donc les conditions de visibilité ne sont pas respectées. oui</p>
0,50	b)	<p>Que proposez-vous pour remédier à cette situation?</p> <p>Pour remédier à cette situation il faut abaisser la vitesse à <u><math>V = 80 \text{ km/h}</math></u> (panneau de signalisation) le long de la courbe</p> <p>on a ainsi <u><math>R = 2\,890 \text{ m}</math></u> (en effet <math>d = 121 \text{ m}</math>)</p> <p>et <math>R = 3\,000 \text{ m} &gt; R = 2\,890 \text{ m}</math> produit.</p>

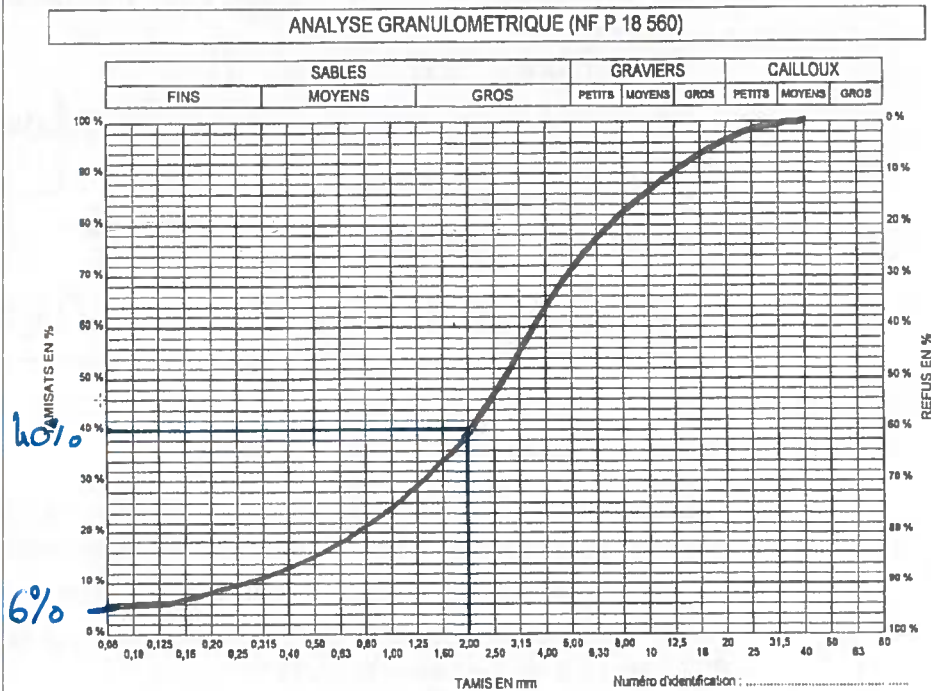
1,00 6. Identification des sols (GTR)

Un projet de déviation d'agglomération nécessite la réalisation de terrassements en déblais. Les terrains rencontrés ont fait l'objet d'essais de laboratoire.

2 sols ont été identifiés.

Les résultats des essais sont les suivants :

Sol 1



- Valeur au bleu VBS : 2,5
- Los Angeles : 38
- Micro Deval humide MDE : 27
- $W_{nat}$  (%) : 13,2
- $W_{OPN}$  (%) : 11

Sol 2

- $D_{max} \leq 50$  mm
- Passant à 80 microns > 35 %
- $I_p = 18$
- $1,1 W_{OPN} \leq W_n < 1,3 W_{OPN}$
- $0,9 < I_c \leq 1,05$

Donnez la classification GTR complète de ces 2 sols en fonction des résultats.

Pour le sol 1 :

le passant à 80  $\mu m = 0,08$  mm est à 6 %  
 le passant à 2 mm est à 40 %

Donc on est dans une classe  $D_2$ ,  $B_3$  ou  $B_4$ .

<p style="text-align: center;">(0,75)</p>		<p>OR <math>V_{BS} = 2,5</math> donc la classe est B4.</p> <p>on a <math>\frac{W_N}{W_{OPN}} = \frac{13,2}{11} = 1,2</math> donc l'état hydrique est h</p> <p>Alors pour le <u>sol 1</u> → <u>B4h</u> - <small>oui. Quid de LA et MDE?</small></p> <p><u>Pour le sol 2:</u></p> <p><math>D_{max} \leq 50 \text{ mm}</math> et passant à <math>00 \mu\text{m} \geq 35\%</math>.</p> <p>la classe est donc A.</p> <p><math>I_p = 18 \Rightarrow</math> on a donc la classe A2</p> <p>et <math>1,1 W_{OPN} \leq W_N \leq 1,3 W_{OPN}</math> } la classe hydrique est h</p> <p><math>0,9 &lt; I_c \leq 1,5</math></p> <p>Alors pour le <u>sol 2</u> → <u>A2h</u>.</p>
<p style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);">manif solution</p> <p style="text-align: center;">(0,75)</p>	<p>1,00</p>	<p><b>7. Détermination de la couche de forme</b></p> <p>Dans le cadre de ce même projet de déviation, le concepteur envisage d'utiliser un matériau D31 pour réaliser la couche de forme.</p> <p>On supposera que la mise en œuvre se fait par temps sec (pas de pluie).</p> <p>Quelle est l'épaisseur préconisée en considérant que la classe de PST est PST3 et la classe de l'arase est AR1 ?</p> <p>Quelle est la classe de plate-forme ainsi obtenue ?</p> <p>Pour ces conditions on a deux solutions d'épaisseur =</p> <p>solution n°1: élimination de la fraction grossière empêchant le réglage correct de la plate-forme</p> <p>Alors <u><math>e = 0,3 \text{ m}</math></u>.</p> <p>solution n°2: élimination de la fraction grossière + arrosage + traitement avec liant hydraulique + application d'un enduit de cure</p> <p>Alors <u><math>e = 0,35 \text{ m}</math></u>.</p> <p>Pour ces deux solutions la classe de plate-forme est <u>PF2</u>.</p>

2,00 8. Compactage

Un matériau de type A2 (classement GTR), disponible sur chantier, est utilisé en remblai pour être compacté en couche de 25 cm d'épaisseur.

L'énergie de compactage demandée est « moyenne », et on a le choix entre 3 compacteurs de type V1, V2 et P2.

0,50 a) Lequel proposez-vous d'utiliser (expliciter votre réponse) ?

Pour un matériau A2 avec  $e = 0,25 \text{ m}$

Pour V1 : le compacteur ne convient pas

Pour P2 : en énergie moyenne, le compacteur sera utilisé pour des couches  $e = 0,35 \text{ m}$

Ainsi V2 sera le compacteur à choisir car il est adapté pour  $e = 0,25 \text{ m}$

vous avez lu ça on... est pr P3

0,10

1,50 b) En une journée, le compacteur – d'une largeur de 2,20 m – a compacté 2 800 m<sup>3</sup>. Il a parcouru dans cette journée 18 km.

Le compactage est-il suffisant (expliciter votre réponse) ?

on a  $S = 2,2 \times 18000 = 39600 \text{ m}^2$

Ainsi  $\frac{Q}{S} = \frac{2800}{39600} = 0,071 \text{ m}$

or pour le choix V2,  $Q/S$  préconisé est de 0,040 m

Ainsi le nombre de passage est insuffisant, il faut un compactage plus important.

Remarque : pour respecter  $\frac{Q}{S} = 0,040 \text{ m}$  par  $Q = 2800 \text{ m}^3$ .

on trouve  $S = \frac{2800}{0,040} = 70000 \text{ m}^2$

soit un parcours de  $d = \frac{70000}{2,2} = 3,18 \cdot 10^4 \text{ m}$

soit  $d = 31,8 \text{ km}$

1,50 avec le Q/S du V2 (démarche ok, m si erreur de compacteur)





13<sup>J</sup>/<sub>20</sub>

ENTPE 2015 /2016  
**CONCEPTION TECHNIQUE DES  
INFRASTRUCTURES ROUTIERES ET FERROVIAIRES**  
TEST N° 1 du 23/11/2015  
Partie « Ferroviaire » (8 pts)

NOM : RAIMBAULT

Prénom : Sézane

Groupe : 6  
Equipe 12

**Nota important :**

On arrondira dans le résultat final les vitesses (km/h) à la dizaine inférieure et la longueur (m) des éléments géométriques à la dizaine supérieure.

Il sera tenu compte dans la note finale de la présentation des copies (clarté des explications, unités précisées, arrondis correctement effectués, orthographe).

**Questions** ( 10 pts ) ( répondre succinctement mais avec précision)

Q1 - Pourquoi introduit-on un dévers dans les tracés ferroviaires?

5  
0  
On introduit un dévers pour centrer <sup>partiellement</sup> l'accélération centrifuge qu'implique le mouvement lors d'un virage.

Q2 - Pourquoi faut-il limiter la valeur du dévers ? Quelle est cette limite ?

5  
0  
Sur les voies de faibles rayons, un dévers trop important déstabilise la zone guidante d'un bogie ou d'un véhicule.

Le déstabilisation est amplifiée par le gauchage de la voie et par l'angle de braquage rail-raie.

Il y a un risque de déraillement par manque de la raie sur le rail extérieur lorsqu'un véhicule circule en excès de dévers.



Q3 - A quoi correspond physiquement l'insuffisance de dévers ?

L'insuffisance de dévers correspond à la variation d'accélération.

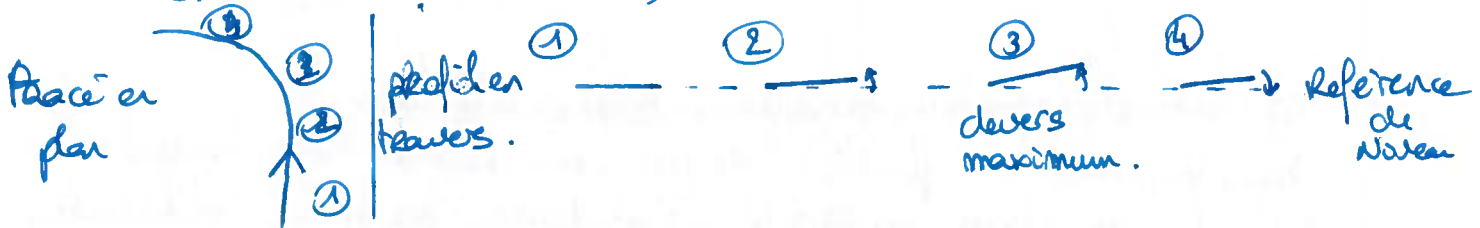
Q4 - Citer les principaux éléments géométriques utilisés en tracé en plan et en profil en long.

En tracé en plan = on a des éléments droits  
des clothoïdes  
des arcs de cercle

En tracé en long = on a des éléments droits (pente et rampe incluses)  
des ~~paraboles~~ arcs de cercles

Q5 - Décrire la corrélation entre la mise en dévers d'une voie ferrée et son tracé en plan.

Lorsqu'une courbe est amorcée par une clothoïde on a l'augmentation progressive du dévers  
En sortie de courbe, celle-ci diminue



Q6 - Quelle sont les différences fondamentales entre des voies principales et des voies de service?

Les voies principales sont établies pour la circulation des trains (fret ou train de voyageurs) alors que les voies de service sont présentes pour la réparation, le stockage des trains non-utilisés.

Q7 - Citer au moins 3 avantages du mode ferroviaire par rapport au mode routier.

Avantages du mode ferroviaire :

- accidentologie plus faible que pour le mode routier.
- vitesse en moyenne plus importante.
- Ne dépend pas du trafic routier (voies réservées)

0,5

Q8 - Quelle est la part du mode ferroviaire en France en volume de trafic voyageurs et fret ?

La part ferroviaire en France est d'environ 20%.

0,5

→ voyageurs ?  
→ fret ?

Q9 - Quand et comment a été constitué le réseau ferré français ?

Historiquement le réseau ferré est apparu lors de la révolution industrielle (milieu du 19<sup>ème</sup> siècle).

- 1<sup>ère</sup> ligne en France en 1827.
- en 1937 : la SNCF donc l'État reprend tout à sa charge

1

Q10 - Quels sont les différents types de trafic ferroviaire en France et quelle est leur évolution globale sur les 30 dernières années ?

Les différents types de trafic sont :

- la circulation des trains voyageurs avec les trains de catégories II ou III.
- la circulation des marchandises, or parle de fret ferroviaire (catégorie I).

0,5

5/10

Sur les 30 dernières années les trafics ont augmenté.

non!! pas le fret!

### Exercice 1 (5 pts)

Déterminer la vitesse maximale admissible dans une courbe de rayon  $R = 400$  m avec la valeur normale d'insuffisance de dévers pour des trains de catégorie 3.

La vitesse maximale des trains de fret est de  $V = 60$  km/h

Attention, dans ce cas la limitation de la valeur du dévers en faible rayon est applicable.

Le gauchisme admis est de 2 mm/m.

\* soit  $R = 400$  m et  $d_p = 160$  mm. d'après les tables

\* or on a  $I = \frac{11,8 V^2}{R} - d_p = 11,8 \frac{V^2}{R} - d_p$ .

\* et dévers maximum tel que  $d_p = \frac{R - 100}{2} = \frac{400 - 100}{2} = 150$  mm

$$\text{Alors } 11,8 \frac{V^2}{R} = I + d_p = 150 + 160 = 310 \text{ mm}$$

(5/5) et  $V = \sqrt{\frac{R \times 310}{11,8}} = \sqrt{\frac{400 \times 310}{11,8}} = 102,5$  km/h

Alors la vitesse maximale admise est accordée à 100 km/h

### Exercice 2 (5 pts)

On examine une courbe de rayon 700 m avec un dévers réel de 150 mm =  $d_p$ .

Déterminer la longueur minimale des raccords progressifs nécessaires pour une vitesse de 130 km/h, avec les valeurs maximales normales.

Le calcul doit porter d'une part sur la variation de dévers et d'autre part sur la variation d'insuffisance de dévers.

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{soit } R = 700 \text{ m et } d_p = 150 \text{ mm, } V = 130 \text{ km/h.} \\ \text{soit } I = \frac{11,8 V^2}{R} - d_p = \frac{11,8 \cdot 130^2}{700} - 150 = 134,9 \text{ mm} \end{array} \right.$$

1) Calcul de la variation de dévers :  
dans les conditions limites on a

$$\frac{\Delta d_p}{\Delta L_{RP}} = \frac{180}{V}$$

$$\text{Alors } \Delta L_{RP} = \frac{\Delta d_p \cdot V}{180} = \frac{150 \times 130}{180} = 108 \text{ m}$$

il faut calculer  $L_{RP}$  avec cette formule...

on arrondi à  $\Delta L_{RP} = 110$  m.

2) Calcul de la variation d'insuffisance de dévers :  
dans les conditions précédentes on a

$$\frac{\Delta I}{\Delta t} = \frac{I \cdot V}{L_{RP} \cdot 3,6}$$

le calcul

(3/5) soit  $\frac{\Delta I}{\Delta t} = \frac{134,9 \times 130}{110 \times 3,6} = 51 \text{ mm/s} < 75 \text{ mm/s}$ .

variation d'insuffisance maximale conseillée

Donc la longueur minimale de raccordement sera de  $L_{RP} = 110$  m<sup>4</sup>

# COURBES - FORMULES ET NORMES

Dévers d'équilibre ou dévers théorique

$$dv = 11.8 \times \frac{V^2}{R}$$

## Normes d'insuffisance de dévers

(Insuffisance de dévers = dévers théorique – dévers pratique si valeur positive)

Catégories de circulations	Valeur limite normale	Valeur limite exceptionnelle
Catégorie I	110	130
Catégorie II	150	160
Catégorie III	160	180

## Normes d'excès de dévers

(Insuffisance de dévers = – (dévers théorique – dévers pratique) si valeur positive)

L'excès de dévers est limité à **110 mm** pour tout type de train à sa vitesse commerciale. Il peut être exceptionnellement de 130 mm.

## Limitation de la valeur du dévers

Dévers maximum nominal : 160 mm

Pente relative des rails (gauche g)	Dévers maximum	Rayon maximum d'application
$g \leq 2 \text{ mm/m}$	$\frac{R - 100}{2}$	420 m
$2 < g \leq 3 \text{ mm/m}$	$\frac{R - 150}{2}$	470 m
$3 < g \leq 4 \text{ mm/m}$	$\frac{R - 250}{3}$	730 m

# RACCORDEMENTS - FORMULES ET NORMES

## Les raccords entre alignements et courbes

$$\frac{\Delta I}{\Delta t} = \frac{I \times V}{L_{RP} \times 3.6}$$

$\frac{\Delta I}{\Delta t}$  est la variation d'insuffisance de dévers (en mm/s)

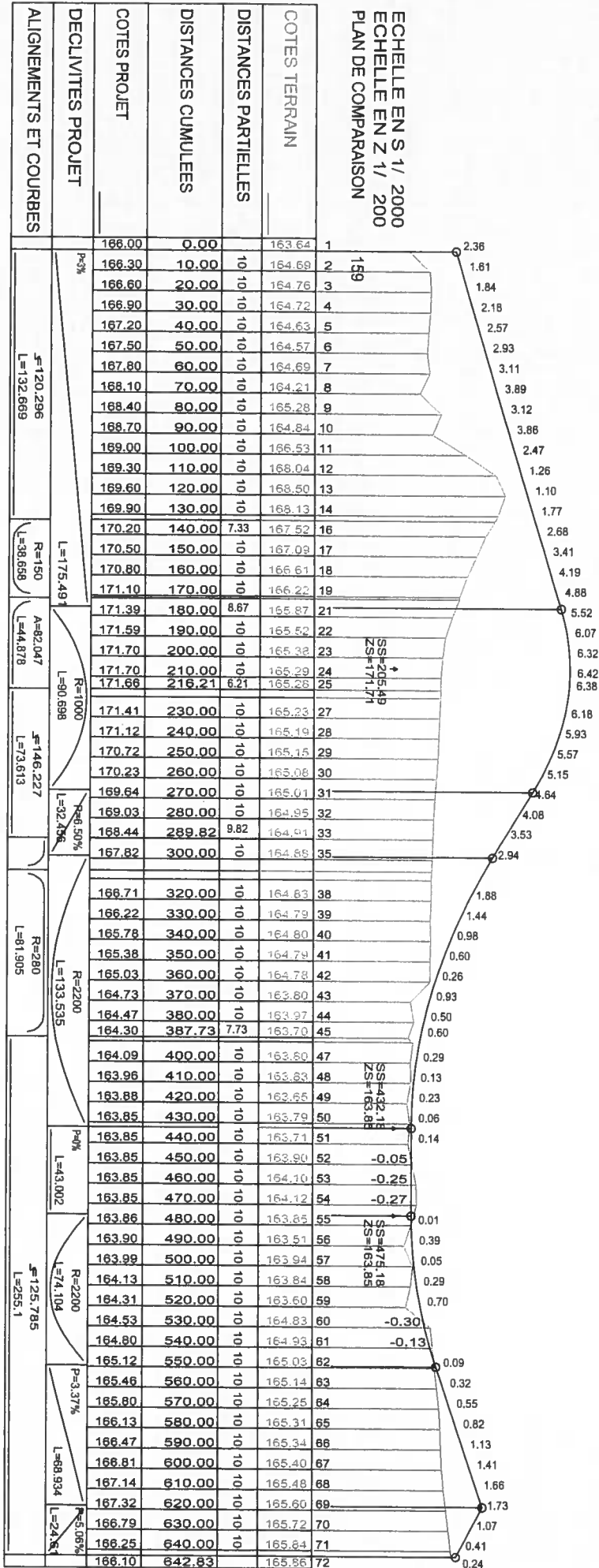
I est l'insuffisance de dévers en pleine courbe

V est la vitesse du train (en km/h)

$L_{RP}$  est la longueur d'application de la variation d'insuffisance (en m)

	Variation de dévers (mm/m)	Variation d'insuffisance de dévers (mm/s)
Maximum conseillé	-	55 mm/s
Maximum normal	180/V	75 mm/s
Maximum exceptionnel	216/V	90 mm/s

ECHELLE EN S 1/ 2000  
 ECHELLE EN Z 1/ 200  
 PLAN DE COMPARAISON







## TRACÉ EN PLAN ET PROFIL EN LONG



La variation du dévers est linéaire le long du raccordement progressif.

Cependant, la nécessité d'un bon ruissellement des eaux de surface peut dans certaines conditions (pente longitudinale proche de 0 %, et clothoïde de longueur supérieure à  $14 \times |d_1 - d_0|$ ) conduire à limiter l'ensemble de la zone de variation de dévers à  $14 \times |d_1 - d_0|$ ; cette variation n'intervenant alors que sur la partie terminale de la clothoïde lorsque celle-ci est d'une longueur supérieure ( $d_0$  et  $d_1$  représentent, en % et en valeur algébrique, la pente transversale initiale, et le dévers de la courbe).

### 3.2. Profil en long

#### a) Caractéristiques géométriques

Le profil en long est composé d'éléments rectilignes caractérisés par leur déclivité (pente ou rampe), et des raccordements circulaires (ou paraboliques) caractérisés par leur rayon.

Pour des raisons de confort dynamique et de confort visuel notamment, les paramètres géométriques du profil en long doivent respecter les caractéristiques limites résumées dans le tableau ci-après :

CATÉGORIE de ROUTE	R 60	T 60 et R 80	T 100
Déclivité maximale	7 % (1)	6 %	5 %
Rayon minimal en angle saillant (en m)	1500	3000	6000
Rayon minimal en angle rentrant (en m)	1500	2200	3000

En angle saillant, ces valeurs minimales ne suffisent pas toujours à assurer les conditions de visibilité de sécurité, qui dépendent des vitesses pratiquées, et doivent être prises en compte conformément aux indications du chapitre 4 ; ces conditions peuvent conduire à adopter, en angle saillant, des rayons supérieurs à ceux qui sont préconisés ci-dessus.

Par exemple, sur une route appartenant à la catégorie R60, où la vitesse pratiquée  $V_{85}$  sera souvent de l'ordre de 90 km/h, l'exigence de visibilité (voir le point 4.2.b) et l'annexe 3 : "Visibilité") conduit à utiliser un rayon en angle saillant d'environ 3 300 m.

(1) Des valeurs de pente supérieures à 6 % sont susceptibles de poser problème de sécurité, notamment si la longueur de la pente est importante.

## 4.2. Exigences de visibilité

La distance de visibilité nécessaire dépend généralement de la vitesse pratiquée, du temps de réaction, variable selon le type d'événement (plus ou moins grande probabilité, etc.) et selon le type de réaction (au volant, aux pédales, etc.), et de la distance nécessaire à la manoeuvre (freinage, modification de trajectoire, démarrage, etc.).

La vitesse  $V_{85}$  à prendre en compte peut être légitimement écrêtée au niveau de la limitation de vitesse (90 km/h dans le cas général) sauf pour ce qui est du calcul de la visibilité au niveau des accès et carrefours.

### a) Visibilité sur un virage

Le conducteur doit disposer à l'approche du virage d'une visibilité telle qu'il puisse percevoir le virage et modifier son comportement (trajectoire, éventuellement vitesse) à temps.

La distance nécessaire peut être estimée dans les cas courants à une distance correspondant à 3 secondes parcourues à la vitesse  $V_{85}$  pratiquée en amont du virage (au point considéré), soit  $3 \times V_{85}$  si  $V_{85}$  est exprimée en m/s (1).

*Point d'observation* : hauteur 1 m, situé à 2 m du bord droit de la chaussée.

*Point observé* : hauteur 0 m, situé sur l'axe de la chaussée, au début de la partie circulaire du virage.

### b) Visibilité sur un obstacle situé sur la chaussée

La probabilité de présence sur la chaussée d'un obstacle inerte de faible épaisseur susceptible de poser un problème de sécurité est très réduite.

Un événement un peu plus probable est la présence d'un véhicule arrêté (accident, retenue de trafic, etc.) ou, encore davantage, la présence d'un piéton.

Il est donc nécessaire d'assurer la visibilité à une distance permettant au conducteur de s'arrêter avant un "obstacle" de cette nature, en chaque point du tracé ; dans ce cas, la distance de visibilité doit être supérieure à la distance d'arrêt.

*Point d'observation* : hauteur 1 m, situé à 2 m du bord droit de la chaussée.

*Point observé* : hauteur 0,35 m (feux arrière d'un véhicule), situé sur l'axe de la voie de circulation concernée (ou pour simplifier lors de calculs manuels, à 2 m du bord droit de la chaussée). Toutefois pour les routes exposées à des chutes de pierres fréquentes, on peut envisager de réduire cette hauteur à 0,15 m.

---

(1) Dans le cas de petits rayons ( $R < 120$  m), cette condition n'est pas toujours suffisante et il faut alors également vérifier que la distance de visibilité est supérieure à  $1,5 \times V_{85} + (V_{85}^2 - V_{85}'^2) / 6$ . La notation  $V_{85}$  exprime la vitesse avant le virage (au point considéré) et  $V_{85}'$  la vitesse dans le virage (en m/s).

## VISIBILITÉ

La distance d'arrêt  $d$  est composée de la distance de freinage (distance parcourue pendant l'action de freinage qui fait passer la vitesse de  $V_{85}$  à 0 dans des conditions conventionnelles de chaussée mouillée) augmentée de la distance parcourue pendant le temps de réaction (pris égal à 2 secondes dans le cas d'une réaction de freinage devant un obstacle inattendu).

En courbe, la distance de freinage est majorée de 25 %.

La distance d'arrêt en fonction des vitesses  $V_{85}$  est donnée par le tableau suivant :

$V_{85}$ (en km/h)	20	30	40	50	60	70	80	90	100
$d$ (en a.d.) (en m)	15	25	35	50	65	85	105	130	160
$d$ (en courbe) (en m)	15,5	26,5	40	55	72	95	121	151	187

Dans l'intérieur des courbes, si les dégagements latéraux souhaitables pour assurer la visibilité à la distance d'arrêt conduisent à des coûts démesurés, on cherchera à obtenir une distance de visibilité correspondant à la distance d'arrêt en ligne droite.

Par ailleurs, si les dégagements latéraux souhaitables pour assurer la visibilité à la distance d'arrêt conduisent à des terrassements démesurés, on peut envisager de réduire ces dégagements à une valeur en aucun cas inférieure à 3 m, comptée à partir du bord de la chaussée, et assurant une visibilité permettant une manoeuvre d'évitement latéral de l'obstacle (la distance de visibilité correspond alors à  $3,5 \times V_{85}$ , la vitesse  $V_{85}$  étant exprimée en m/s).

Dans le cas ci-dessus, il est indispensable de prévoir un accotement revêtu encourageant fortement la circulation hors chaussée des usagers non motorisés et offrant aux autres une possibilité d'arrêt, de façon à limiter la probabilité de présence de piétons ou de véhicules arrêtés (ou très lents) sur la chaussée.

Dans tous les cas, lorsque la visibilité correspondant à la distance d'arrêt en courbe n'est pas offerte, il convient de prévoir une réduction locale de la vitesse limite autorisée.

### c) Visibilité dans un carrefour plan ordinaire ou dans un accès

L'usager de la route non prioritaire ou de l'accès doit disposer du temps nécessaire pour s'informer de la présence d'un autre usager sur la route prioritaire, décider de sa manoeuvre, démarrer et réaliser sa manoeuvre de traversée, avant qu'un véhicule prioritaire initialement masqué ne survienne.

Il est nécessaire pour cela qu'il voit à une distance correspondant à 8 secondes (de préférence, sinon 6 s constitue un minimum impératif) à la vitesse  $V_{85}$  pratiquée sur la route principale. Soit  $8 \times V_{85}$ , ou à défaut  $6 \times V_{85}$ , la vitesse  $V_{85}$  étant exprimée en m/s.

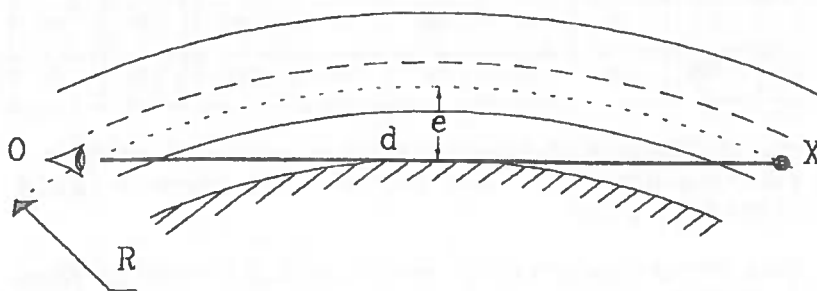
Sur une route à 3 voies, ou à deux fois deux voies comportant un aménagement central (d'une largeur n'excédant pas 5 ou 6 m), ces valeurs sont à porter respectivement à 9 et 7 secondes).

*Point d'observation* : hauteur 1 m, situé sur la route secondaire en retrait de 4 m par rapport au bord de la chaussée principale.

*Point observé* : hauteur 1 m, situé sur la route principale sur l'axe de la voie concernée (voie de gauche par rapport au sens de circulation si la route principale est bidirectionnelle avec autorisation de dépasser).

c) Distance de visibilité en fonction des masques latéraux et des masques du profil en long ( dans les cas simples)

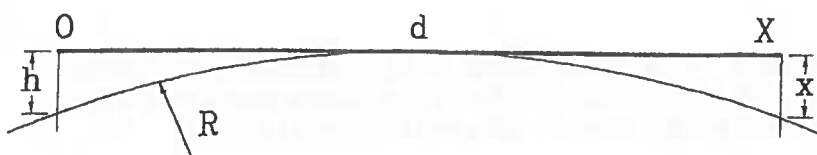
• Masques latéraux



R, e, et  $OX = d$  sont liés par la relation :  $e = d^2 / 8R$

R : rayon de la trajectoire  
 e : dégagement latéral  
 d : distance de visibilité

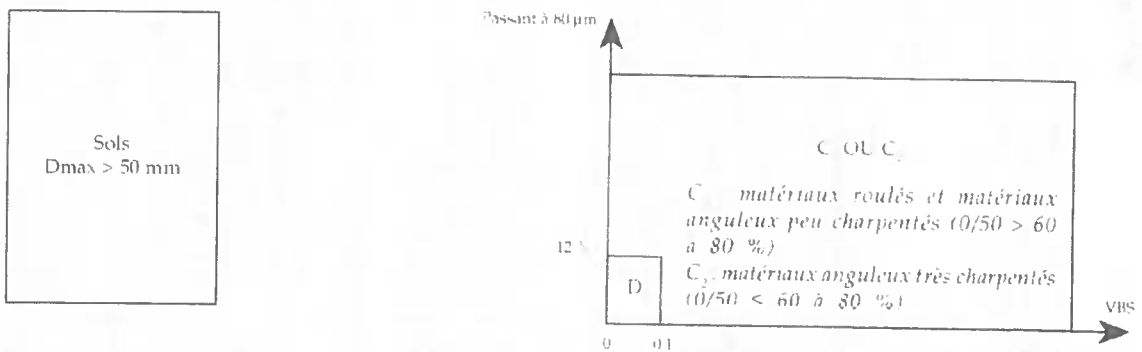
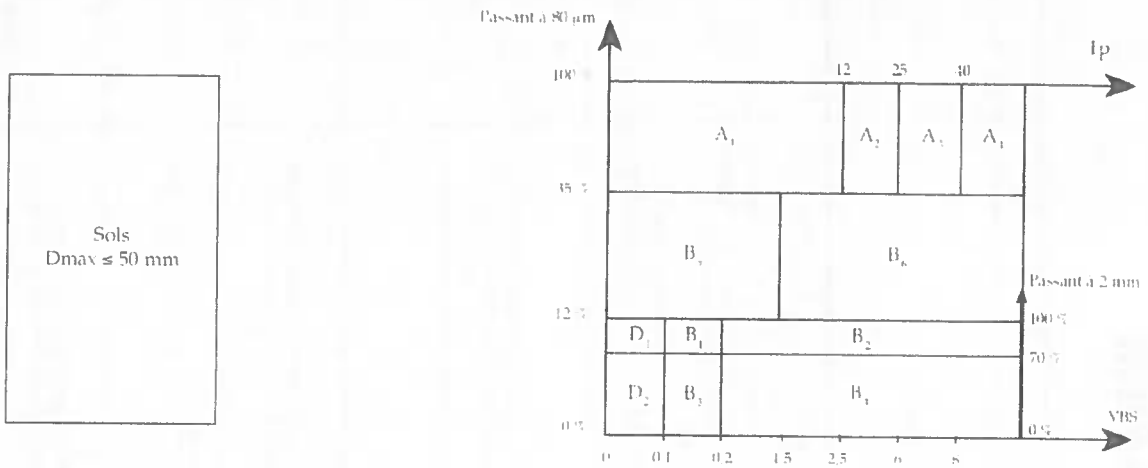
• Masques du profil en long



R, h, x et  $OX = d$  sont liés par la relation :  $R = 0,5 d^2 / (h^{0,5} + x^{0,5})^2$

R : rayon du profil en long  
 h : hauteur du point d'observation  
 x : hauteur du point observé  
 d : distance de visibilité

Tableau synoptique de la classification des matériaux selon leur nature



Matériaux rocheux	Roches sédimentaires	Roches carbonatées	Craies	R <sub>1</sub>
			Calcaires	R <sub>2</sub>
		Roches argileuses	Marnes, argilites, pélites ...	R <sub>3</sub>
		Roches siliceuses	Grès, poudingues, brèches ...	R <sub>4</sub>
	Roches salines	Sel gemme, gypse	R <sub>5</sub>	
	Roches magmatiques et métamorphiques	Granites, basaltes, andésites, gneiss, schistes métamorphiques et ardoisiers ...	R <sub>6</sub>	
Matériaux particuliers	Sols organiques et sous-produits industriels			F

# SOLS FINS

## Classe A

Classement selon la nature			Classement selon l'état hydrique			
Paramètres de nature Premier niveau de classification	Classe	Paramètres de nature Deuxième niveau de classification	Sous classe fonction de la nature	Caractères principaux	Paramètres et valeurs de seuils retenus	Sous-classe
D <sub>max</sub> ≤ 50mm et tamisat à 80µm > 35 %	A  <b>sols fins</b>	VBS ≤ 2,5 ou I <sub>p</sub> ≤ 12	A <sub>1</sub>  Limos peu plastiques, loess, silt alluvionnaires, sables fins peu plastiques, arènes peu plastiques.	Ces sols changent brutalement de consistance pour de faibles variations de teneur en eau, en particulier lorsque leur w <sub>c</sub> est proche de w <sub>cl</sub> . Le temps de réaction aux variations de l'environnement hydrique et climatique est relativement court, mais la perméabilité pouvant varier dans de larges limites selon la granulométrie, la plasticité et la compacité, le temps de réaction peut tout de même varier assez largement. Dans le cas de ces sols fins peu plastiques, il est souvent préférable de les identifier par la valeur de bleu de méthylène VBS, compte tenu de l'imprécision attachée à la mesure de l'Ip.	$IPI \leq 3$ ou $w_c \geq 1,25 w_{c(TH)}$  $3 < IPI \leq 8$ ou $1,10 w_{c(TH)} \leq w_c < 1,25 w_{c(TH)}$  $8 < IPI \leq 25$ ou $0,9 w_{c(TH)} \leq w_c < 1,10 w_{c(TH)}$  $0,7 w_{c(TH)} \leq w_c < 0,9 w_{c(TH)}$  $w_c < 0,7 w_{c(TH)}$	A <sub>1,th</sub>  A <sub>1,h</sub>  A <sub>1,m</sub>  A <sub>1,s</sub>  A <sub>1,ts</sub>
		12 < I <sub>p</sub> ≤ 25 ou 2,5 < VBS ≤ 6	A <sub>2</sub>  Sables fins argileux, limons, argiles et marnes peu plastiques, arènes.	Le caractère moyen des sols de cette sous-classe fait qu'ils se prêtent à l'emploi de la plus large gamme d'outils de terrassement (si la teneur en eau n'est pas trop élevée). Dès que l'Ip atteint des valeurs ≥ 12, il constitue le critère d'identification le mieux adapté.	$IPI \leq 2$ ou $Ic \leq 0,9$ ou $w_c \leq 1,3 w_{c(50)}$  $2 < IPI \leq 5$ ou $0,9 < Ic \leq 1,05$ ou $1,1 w_{c(50)} \leq w_c < 1,3 w_{c(50)}$  $5 < IPI \leq 15$ ou $1,05 < Ic \leq 1,2$ ou $0,9 w_{c(50)} \leq w_c < 1,1 w_{c(50)}$  $1,2 < Ic \leq 1,4$ ou $0,7 w_{c(50)} \leq w_c < 0,9 w_{c(50)}$  $Ic > 1,4$ ou $w_c < 0,7 w_{c(50)}$	A <sub>2,th</sub>  A <sub>2,h</sub>  A <sub>2,m</sub>  A <sub>2,s</sub>  A <sub>2,ts</sub>
		25 < I <sub>p</sub> ≤ 40 ou 6 < VBS ≤ 8	A <sub>3</sub>  Argiles et argiles marneuses, limons très plastiques...	Ces sols sont très cohérents à teneur en eau moyenne et faible, et collants ou glissants à l'état humide, d'où difficulté de mise en œuvre sur chantier (et de manipulation en laboratoire). Leur perméabilité très réduite rend leurs variations de teneur en eau très lentes, en place. Une augmentation de teneur en eau assez importante est nécessaire pour changer notablement leur consistance.	$IPI \leq 1$ ou $Ic \leq 0,8$ ou $w_c \geq 1,4 w_{c(TH)}$  $1 < IPI \leq 3$ ou $0,8 < Ic \leq 1$ ou $1,2 w_{c(TH)} \leq w_c < 1,4 w_{c(TH)}$  $3 < IPI \leq 10$ ou $1 < Ic \leq 1,15$ ou $0,9 w_{c(TH)} \leq w_c < 1,2 w_{c(TH)}$  $1,15 < Ic \leq 1,3$ ou $0,7 w_{c(TH)} \leq w_c < 0,9 w_{c(TH)}$  $Ic > 1,3$ ou $w_c < 0,7 w_{c(TH)}$	A <sub>3,th</sub>  A <sub>3,h</sub>  A <sub>3,m</sub>  A <sub>3,s</sub>  A <sub>3,ts</sub>
		I <sub>p</sub> > 40 ou VBS > 8	A <sub>4</sub>  Argiles et argiles marneuses, très plastiques.	Ces sols sont très cohérents et presque imperméables s'ils changent de teneur en eau, c'est extrêmement lentement et avec d'importants retrais ou gonflements. Leur emploi en remblai ou en couche de forme n'est normalement pas envisagé mais il peut éventuellement être décidé à l'appui d'une étude spécifique s'appuyant notamment sur des essais en vraie grandeur.	Valeurs seuils des paramètres d'état, à définir à l'appui d'une étude spécifique	A <sub>4,th</sub>  A <sub>4,h</sub>  A <sub>4,m</sub>  A <sub>4,s</sub>

Les paramètres inscrits en **caractères gras** sont ceux dont le choix est à privilégier.

# Classe B

# SOLS SABLEUX ET GRAVELEUX AVEC FINES



Classement selon la nature			Classement selon l'état hydrique		Classement selon le comportement		
Paramètres de nature Premier niveau de classification	Paramètres de nature Deuxième niveau de classification	Sous-classe fonction de la nature	Caractères principaux	Paramètres et valeurs de seuils retenus	Sous-classe	Sous-classe	
<b>B</b> D <sub>max</sub> ≤ 50 mm et tamisat à 80 µm ≤ 35%	- tamisat à 80 µm ≤ 12% - tamisat à 2 mm > 70% - 0,1 < <b>VBS</b> ≤ 0,2 ou LS > 35	B <sub>1</sub> Sables silteux...	Matériaux sableux généralement insensibles à l'eau. Mais, dans certains cas (extraction dans la nappe...), cette insensibilité devra être confirmée (étude complémentaire, planche d'essais...)  Leur emploi en couche de forme nécessite, par ailleurs, la mesure de leur résistance mécanique (friabilité des sables FS)	FS ≤ 60  FS > 60	B <sub>1,1</sub>  B <sub>1,2</sub>	B <sub>1,1</sub>  B <sub>1,2</sub>	
	- tamisat à 80 µm ≤ 12% - tamisat à 2 mm > 70% - <b>VBS</b> > 0,2 ou ES ≤ 35	B <sub>2</sub> Sables argileux (peu argileux).	La plasticité de leurs fines rend ces sols sensibles à l'eau. Leur temps de réaction aux variations de l'environnement hydrique et climatique est court, tout en pouvant varier assez largement (fonction de perméabilité) Lorsqu'ils sont extraits dans la nappe et mis en dépôt provisoire, ils conservent un état hydrique "humide" à "très humide", il est assez peu probable, en climat océanique, que leur état hydrique puisse s'améliorer jusqu'à devenir "moyen" Leur emploi en couche de forme sans traitement avec des LH nécessite, par ailleurs, la mesure de leur résistance mécanique (friabilité des sables FS).	$IPI \leq 4$ ou $w_n \geq 1,25 w_{opt}$  $4 < IPI \leq 8$ ou $1,10 w_{opt} \leq w_n < 1,25 w_{opt}$  $0,9 w_{opt} \leq w_n < 1,10 w_{opt}$  $0,5 w_{opt} \leq w_n < 0,9 w_{opt}$  $w_n < 0,5 w_{opt}$	FS ≤ 60 FS > 60  FS ≤ 60 FS > 60  FS ≤ 60 FS > 60  FS ≤ 60 FS > 60	B <sub>2,1h</sub> B <sub>2,1l</sub>  B <sub>2,h</sub>  B <sub>2,m</sub>  B <sub>2,s</sub>  B <sub>2,1s</sub> B <sub>2,2s</sub>	B <sub>2,1h</sub> B <sub>2,1l</sub>  B <sub>2,h</sub>  B <sub>2,m</sub> B <sub>2,2m</sub>  B <sub>2,s</sub> B <sub>2,2s</sub>  B <sub>2,1s</sub> B <sub>2,2s</sub>
	- tamisat à 80 µm ≤ 12% - tamisat à 2 mm ≤ 70% - 0,1 < <b>VBS</b> ≤ 0,2 ou LS > 25	B <sub>3</sub> Graves silteuses...	Matériaux graveleux généralement insensibles à l'eau. Mais, dans certains cas (extraction dans la nappe...), cette insensibilité devra être confirmée (étude complémentaire, planche d'essai...)  Leur emploi en couche de forme sans traitement avec des LH nécessite, par ailleurs, la mesure de leur résistance mécanique (Los Angeles, LA, et Micro Deval en présence d'eau, MDE)	LA ≤ 45 et MDE ≤ 45  LA > 45 ou MDE > 45	B <sub>3,1</sub>  B <sub>3,2</sub>	B <sub>3,1</sub>  B <sub>3,2</sub>	B <sub>3,1</sub>  B <sub>3,2</sub>

Les paramètres inscrits en caractères gras sont ceux dont le choix est à privilégier.

## Classe B (suite)

# SOLS SABLEUX ET GRAVELEUX AVEC FINES (suite)



Classement selon la nature			Classement selon l'état hydrique		Classement selon le comportement			
Paramètres de nature Premier niveau de classification	Paramètres de nature Deuxième niveau de classification	Sous classe fonction de la nature	Caractères principaux	Paramètres et valeurs de seuils retenus	Sous-classe	Sous-classe		
<b>B</b> Sols sableux et graveleux avec fines D <sub>max</sub> ≤ 50 mm et : - amaisai à 80 µm ≤ 35% - amaisai à 60 µm ≤ 12% - amaisai à 2 mm ≤ 70% - VBS > 0,2 ou LS ≤ 25		B <sub>1</sub> Graves argileuses (peu argileuses)	La plasticité de leurs fines rend ces sols sensibles à l'eau. Ils sont plus graveleux que les sols B <sub>2</sub> et leur fraction sableuse est plus faible. Pour cette raison, ils sont en général perméables. Ils réagissent assez rapidement aux variations de l'environnement hydrique et climatique (humidification - séchage). Lorsqu'ils sont extraits dans la nappe, il est assez peu probable, en climat océanique, que leur état hydrique puisse s'améliorer jusqu'à devenir "moyen". Leur emploi en couche de forme sans traitement avec des LH nécessite, par ailleurs, la mesure de leur résistance mécanique (Los Angeles, LA, et/ou Micro Deval en présence d'eau, MDE)	$IPI \leq 7$ ou $w_n \geq 1,25 w_{OFT}$	B <sub>4</sub> lh	B <sub>4</sub> lh		
				$7 < IPI \leq 15$ ou $1,10 w_{OFT} \leq w_n < 1,25 w_{OFT}$	B <sub>4</sub> n	B <sub>4</sub> h		
				$0,9 w_{OFT} \leq w_n < 1,10 w_{OFT}$	B <sub>4</sub> m	B <sub>4</sub> h		
				$0,6 w_{OFT} \leq w_n < 0,9 w_{OFT}$	B <sub>4</sub> s	B <sub>4</sub> s		
				$w_n < 0,6 w_{OFT}$	B <sub>4</sub> is	B <sub>4</sub> s		
				$IPI \leq 5$ ou $w_n \geq 1,25 w_{OFT}$	B <sub>5</sub> lh	B <sub>4</sub> lh		
		B <sub>2</sub> Sables et graves fins siliceux...		B <sub>2</sub> Sables et graves fins siliceux...	La proportion de fines et la faible plasticité de ces dernières, rapprochent beaucoup le comportement de ces sols de celui des sols A <sub>1</sub> . Pour la même raison qu'indiquée à propos des sols A <sub>1</sub> , il y a lieu de préférer le critère VBS au critère Ip, pour l'identification des sols B <sub>2</sub> . Leur emploi en couche de forme sans traitement avec des LH nécessite de connaître leur résistance mécanique (Los Angeles, LA, et/ou Micro Deval en présence d'eau - MDE)	$5 < IPI \leq 12$ ou $1,10 w_{OFT} \leq w_n < 1,25 w_{OFT}$	B <sub>5</sub> h	B <sub>4</sub> h
						$12 < IPI \leq 30$ ou $0,9 w_{OFT} \leq w_n < 1,10 w_{OFT}$	B <sub>5</sub> m	B <sub>4</sub> h
						$0,6 w_{OFT} \leq w_n < 0,9 w_{OFT}$	B <sub>5</sub> s	B <sub>4</sub> m
						$w_n < 0,6 w_{OFT}$	B <sub>5</sub> is	B <sub>4</sub> s
						$IPI \leq 4$ ou $w_n \geq 1,3 w_{OFT}$ ou $Ic \leq 0,8$	B <sub>6</sub> lh	B <sub>4</sub> is
						$4 < IPI \leq 10$ ou $0,8 < Ic \leq 1$ ou $1,1 w_{OFT} \leq w_n < 1,3 w_{OFT}$	B <sub>6</sub> h	B <sub>4</sub> is
B <sub>3</sub> Sables et graves argileux à très argileux		B <sub>3</sub> Sables et graves argileux à très argileux	L'influence des fines est prépondérante, le comportement du sol se rapproche de celui du sol fin ayant même plasticité que les fines du sol avec toutefois une plus grande sensibilité à l'eau due à la présence de la fraction sableuse en plus grande quantité	$10 < IPI \leq 25$ ou $1 < Ic \leq 1,2$ ou $0,9 w_{OFT} \leq w_n < 1,1 w_{OFT}$	B <sub>6</sub> m	B <sub>6</sub> m		
				$0,7 w_{OFT} \leq w_n < 0,9 w_{OFT}$ ou $1,2 < Ic \leq 1,3$	B <sub>6</sub> s	B <sub>6</sub> m		
				$w_n < 0,7 w_{OFT}$ ou $Ic > 1,3$	B <sub>6</sub> is	B <sub>6</sub> is		

Les paramètres inscrits en caractères gras sont ceux dont le choix est à privilégier.



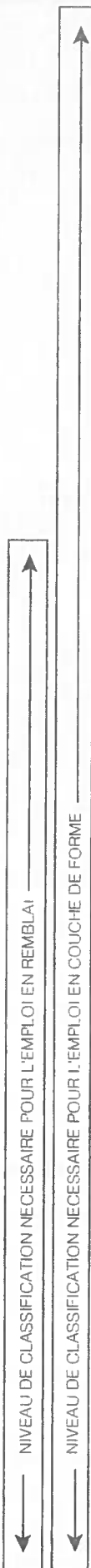
# Classe C

# SOLS COMPORTANT DES FINES ET DES GROS ELEMENTS

Classement selon la nature					Classement selon l'état hydrique et le comportement																																							
Paramètres de nature Premier niveau de classification	Classe	Paramètres de nature Deuxième niveau de classification	Sous-classe fonction de la nature	Caractères principaux																																								
<p><b>C</b></p> <p>Dmax &gt; 50mm et tamisat à 80 µm &gt; 12% ou si le tamisat à 80 µm ≤ 12% la VBS est &gt; 0,1</p> <p><b>Sols comportant des fines et des gros éléments</b></p>		<p>Matériaux anguleux dont la proportion de la fraction 0/50 mm dépasse 60 à 80% et Matériaux roulés La fraction 0/50 mm est un sol de la classe A</p>	<p>C<sub>1</sub>A<sub>1</sub></p> <p>Argiles à silex, argiles à meulière, éboulis, moraines, alluvions grossières...</p>	<p>Le comportement des sols de cette classe peut être assez justement apprécié par celui de leur fraction 0/50 mm</p> <p>L'évaluation de la proportion de la fraction 0/50 mm est cependant nécessaire dans le cas des sols constitués d'éléments anguleux. Celle-ci peut se faire visuellement par un géotechnicien expérimenté dès que le Dmax du sol dépasse 200 mm. L'identification des sols de cette classe doit être précisée à l'aide d'un double symbole de type C<sub>1</sub>(A<sub>1</sub>) ou C<sub>1</sub>(B<sub>1</sub>), A<sub>1</sub> ou B<sub>1</sub>, étant respectivement la classe de la fraction 0/50 mm du matériau considéré.</p> <p>On peut encore très utilement compléter cette identification en indiquant la valeur du Dmax présent dans le sol</p> <p>Ainsi, par exemple, un sol classe C<sub>1</sub>(A<sub>1</sub>) correspond à un sol roulé ou anguleux ayant plus de 60 à 80% d'éléments &lt; 50 mm, dont les plus gros éléments ont une dimension de 400 mm et dont la fraction 0/50 mm est de type A<sub>1</sub></p>	<p>Le sous-classement, en fonction de l'état hydrique des sols de cette classe, s'établit en considérant celui de leur fraction 0/50 mm qui peut être un sol de la classe A ou de la classe B</p> <p>Les différentes sous-classes composant la classe C sont</p> <table border="1"> <tr> <td>C<sub>1</sub>A<sub>1</sub></td> <td>C<sub>2</sub>A<sub>1</sub></td> <td>état</td> </tr> <tr> <td>C<sub>1</sub>A<sub>2</sub></td> <td>C<sub>2</sub>A<sub>2</sub></td> <td>th, h, m, s ou ls</td> </tr> <tr> <td>C<sub>1</sub>A<sub>3</sub></td> <td>C<sub>2</sub>A<sub>3</sub></td> <td></td> </tr> <tr> <td>C<sub>1</sub>A<sub>4</sub></td> <td>C<sub>2</sub>A<sub>4</sub></td> <td></td> </tr> <tr> <td>C<sub>1</sub>B<sub>11</sub></td> <td>C<sub>2</sub>B<sub>11</sub></td> <td rowspan="4">Matériaux généralement insensibles à l'état hydrique</td> </tr> <tr> <td>C<sub>1</sub>B<sub>12</sub></td> <td>C<sub>2</sub>B<sub>12</sub></td> </tr> <tr> <td>C<sub>1</sub>B<sub>31</sub></td> <td>C<sub>2</sub>B<sub>31</sub></td> </tr> <tr> <td>C<sub>1</sub>B<sub>32</sub></td> <td>C<sub>2</sub>B<sub>32</sub></td> </tr> <tr> <td>C<sub>1</sub>B<sub>21</sub></td> <td>C<sub>2</sub>B<sub>21</sub></td> <td rowspan="6">état</td> </tr> <tr> <td>C<sub>1</sub>B<sub>22</sub></td> <td>C<sub>2</sub>B<sub>22</sub></td> </tr> <tr> <td>C<sub>1</sub>B<sub>41</sub></td> <td>C<sub>2</sub>B<sub>41</sub></td> </tr> <tr> <td>C<sub>1</sub>B<sub>42</sub></td> <td>C<sub>2</sub>B<sub>42</sub></td> </tr> <tr> <td>C<sub>1</sub>B<sub>41</sub></td> <td>C<sub>2</sub>B<sub>41</sub></td> </tr> <tr> <td>C<sub>1</sub>B<sub>42</sub></td> <td>C<sub>2</sub>B<sub>42</sub></td> </tr> <tr> <td>C<sub>1</sub>B<sub>51</sub></td> <td>C<sub>2</sub>B<sub>51</sub></td> <td rowspan="2">lh, h, m, s ou ls</td> </tr> <tr> <td>C<sub>1</sub>B<sub>52</sub></td> <td>C<sub>2</sub>B<sub>52</sub></td> </tr> </table>	C <sub>1</sub> A <sub>1</sub>	C <sub>2</sub> A <sub>1</sub>	état	C <sub>1</sub> A <sub>2</sub>	C <sub>2</sub> A <sub>2</sub>	th, h, m, s ou ls	C <sub>1</sub> A <sub>3</sub>	C <sub>2</sub> A <sub>3</sub>		C <sub>1</sub> A <sub>4</sub>	C <sub>2</sub> A <sub>4</sub>		C <sub>1</sub> B <sub>11</sub>	C <sub>2</sub> B <sub>11</sub>	Matériaux généralement insensibles à l'état hydrique	C <sub>1</sub> B <sub>12</sub>	C <sub>2</sub> B <sub>12</sub>	C <sub>1</sub> B <sub>31</sub>	C <sub>2</sub> B <sub>31</sub>	C <sub>1</sub> B <sub>32</sub>	C <sub>2</sub> B <sub>32</sub>	C <sub>1</sub> B <sub>21</sub>	C <sub>2</sub> B <sub>21</sub>	état	C <sub>1</sub> B <sub>22</sub>	C <sub>2</sub> B <sub>22</sub>	C <sub>1</sub> B <sub>41</sub>	C <sub>2</sub> B <sub>41</sub>	C <sub>1</sub> B <sub>42</sub>	C <sub>2</sub> B <sub>42</sub>	C <sub>1</sub> B <sub>41</sub>	C <sub>2</sub> B <sub>41</sub>	C <sub>1</sub> B <sub>42</sub>	C <sub>2</sub> B <sub>42</sub>	C <sub>1</sub> B <sub>51</sub>	C <sub>2</sub> B <sub>51</sub>	lh, h, m, s ou ls	C <sub>1</sub> B <sub>52</sub>	C <sub>2</sub> B <sub>52</sub>
		C <sub>1</sub> A <sub>1</sub>	C <sub>2</sub> A <sub>1</sub>	état																																								
C <sub>1</sub> A <sub>2</sub>	C <sub>2</sub> A <sub>2</sub>	th, h, m, s ou ls																																										
C <sub>1</sub> A <sub>3</sub>	C <sub>2</sub> A <sub>3</sub>																																											
C <sub>1</sub> A <sub>4</sub>	C <sub>2</sub> A <sub>4</sub>																																											
C <sub>1</sub> B <sub>11</sub>	C <sub>2</sub> B <sub>11</sub>	Matériaux généralement insensibles à l'état hydrique																																										
C <sub>1</sub> B <sub>12</sub>	C <sub>2</sub> B <sub>12</sub>																																											
C <sub>1</sub> B <sub>31</sub>	C <sub>2</sub> B <sub>31</sub>																																											
C <sub>1</sub> B <sub>32</sub>	C <sub>2</sub> B <sub>32</sub>																																											
C <sub>1</sub> B <sub>21</sub>	C <sub>2</sub> B <sub>21</sub>	état																																										
C <sub>1</sub> B <sub>22</sub>	C <sub>2</sub> B <sub>22</sub>																																											
C <sub>1</sub> B <sub>41</sub>	C <sub>2</sub> B <sub>41</sub>																																											
C <sub>1</sub> B <sub>42</sub>	C <sub>2</sub> B <sub>42</sub>																																											
C <sub>1</sub> B <sub>41</sub>	C <sub>2</sub> B <sub>41</sub>																																											
C <sub>1</sub> B <sub>42</sub>	C <sub>2</sub> B <sub>42</sub>																																											
C <sub>1</sub> B <sub>51</sub>	C <sub>2</sub> B <sub>51</sub>	lh, h, m, s ou ls																																										
C <sub>1</sub> B <sub>52</sub>	C <sub>2</sub> B <sub>52</sub>																																											
		<p>Matériaux anguleux comportant une fraction 0/50 mm ≤ 60 à 80% La fraction 0/50 mm est un sol de la classe A.</p>	<p>C<sub>2</sub>A<sub>1</sub></p> <p>Argiles à silex, argiles à meulière, éboulis, biefs à silex</p>	<p>Le comportement des sols de cette classe dépend aussi de la fraction 50/D présente et ne peut plus être assimilé à celui de la seule fraction 0/50 mm</p> <p>L'importance de cette influence est toujours difficile à évaluer (fonction de la continuité granulométrique et de l'angularité des éléments grenus) en raison des difficultés pratiques qu'il y a à réaliser des essais de laboratoire sur ces matériaux</p> <p>Il est néanmoins utile, comme pour les C<sub>1</sub>, de préciser l'identification des sols de cette classe à l'aide d'un double symbole de type C<sub>2</sub>(A<sub>1</sub>) ou C<sub>2</sub>(B<sub>1</sub>), A<sub>1</sub> ou B<sub>1</sub>, étant respectivement la classe de la fraction 0/50 mm du matériau considéré</p> <p>De même cette identification pourra être très utilement complétée par l'indication du Dmax présent dans le sol (C<sub>1</sub> classe C<sub>1</sub>)</p> <p>Des essais en semi ou vraie grandeur seront souvent nécessaires pour caler l'interprétation des mesures réalisées sur la fraction 0/50 mm</p>																																								
		<p>Matériaux anguleux comportant une fraction 0/50 mm ≤ 60 à 80%. La fraction 0/50 mm est un sol de la classe B</p>	<p>C<sub>2</sub>B<sub>1</sub></p> <p>Argiles à silex, argiles à meulière, éboulis, biefs à silex...</p>																																									

# SOLS INSENSIBLES A L'EAU

## Classe D



Classement selon nature				Classement selon le comportement		
Paramètres de nature Premier niveau de classification	Classe	Paramètres de nature Deuxième niveau de classification	Sous-classe fonction de la nature	Caractères principaux	Valeurs seuils retenues	Sous-classe
VBS $\leq$ 0,1 et Tamisat à 80 $\mu$ m $\leq$ 12%	D	Dmax $\leq$ 50 mm et tamisat à 2 mm $>$ 70%	D <sub>1</sub>	Ces sols sont sans cohésion et perméables. Leur granulométrie, souvent mal graduée et de petit calibre, les rend très érodables et d'une "traficabilité" difficile.	FS $\leq$ 60	D <sub>1,1</sub>
			D	Ces sols sont sans cohésion et perméables. Après compactage ils sont d'autant moins érodables et d'autant plus aptes à supporter le trafic qu'ils sont bien gradués.	FS $>$ 60	D <sub>1</sub>
			D <sub>3</sub>	Matériaux sans cohésion et perméables, inadaptés au malaxage en vue d'un traitement répondant à une qualité "couche de forme". En partie supérieure des terrassements ils peuvent poser des problèmes de réglage, de traficabilité et d'exécution de tranchées diversées.	LA $\leq$ 45 et MDE $\leq$ 45	D <sub>3,1</sub>
Dmax $>$ 50 mm	D	Dmax $\leq$ 50 mm et tamisat à 2 mm $\leq$ 70%	D	Ces sols sont sans cohésion et perméables. Leur emploi en couche de forme sans traitement aux LH nécessite, par ailleurs, la mesure de leur résistance mécanique (Los Angeles, LA, et/ou micro Deval en présence d'eau, MDE) ou fragilité des sables (FS)	LA $>$ 45 ou MDE $>$ 45	D
			D <sub>3</sub>	Matériaux sans cohésion et perméables, inadaptés au malaxage en vue d'un traitement répondant à une qualité "couche de forme". En partie supérieure des terrassements ils peuvent poser des problèmes de réglage, de traficabilité et d'exécution de tranchées diversées.	LA $\leq$ 45 et MDE $\leq$ 45	D <sub>3,1</sub>
					LA $>$ 45 ou MDE $>$ 45	D <sub>3,2</sub>

## CONDITIONS D'UTILISATION DES MATERIAUX EN COUCHE DE FORME

**D<sub>31</sub>, D<sub>32</sub>**

Classe de sol	Observations générales	Situation météorologique	Conditions d'utilisation en couche de forme	Code GWTS	Epaisseur préconisée de la couche de forme e (en m.) et classe PF de la plate-forme support de chaussée					
					PST n° 1	PST n° 2	PST n° 3		PST n° 4	
					AR 1	AR 1	AR 1	AR 2	AR 2	
D <sub>31</sub>	Les sols de cette classe peuvent être utilisés en couche de forme - soit dans leur état naturel après avoir éliminé ou fragmenté les gros éléments empêchant un réglage correct de la plate-forme - soit traités avec un liant hydraulique. Le traitement n'est cependant possible que dans la mesure où un malaxage intime du sol avec le liant peut être réalisé avec des malaxeurs à outils animés (pulvimixers) ou en centrale.	++ OU +	pluie même forte	G Elimination de la fraction grossière empêchant un réglage correct de la plate-forme	3 0 0 0	e = 0.75 ou (2)	e = 0.5 ou (2)	e = 0.4 ou (2)	e = 0.3 ou (2)	(3)
		=	pas de pluie	Solution 1 : G Elimination de la fraction grossière empêchant un réglage correct de la plate-forme	3 0 0 0	e = 0.6 PF2	e = 0.4 PF2	e = 0.3 PF2	e = 0.2 PF2	
				Solution 2 : G Elimination de la fraction grossière empêchant le malaxage correct du sol avec le liant W Arrosage pour maintien de l'état hydr. du mélange sol + liant T Traitement avec un liant hydraulique S Application d'un enduit de cure éventuellement gravillonné	2 1 1 1					
D <sub>32</sub>	Par rapport aux sols de la classe D <sub>31</sub> précédente les sols de la D <sub>32</sub> sont constitués de granulats plus friables pouvant conduire sous l'action du trafic à la formation d'éléments fins sensibles à l'eau Pour les utiliser en couche de forme il est donc nécessaire de les traiter avec un liant hydraulique. Le traitement n'est cependant possible que dans la mesure où un malaxage intime du sol avec le liant peut être réalisé avec des malaxeurs à outils animés (pulvimixers) ou en centrale.	+	pluie faible	Situation météorologique ne permettant pas une maîtrise suffisante de l'état hydrique du mélange sol + liant	NON	(1)				
		= OU -	pas de pluie	G Elimination de la fraction grossière empêchant le malaxage correct du sol avec le liant W Arrosage pour maintien de l'état hydrique du mélange sol + liant T Traitement avec un liant hydraulique S Application d'un enduit de cure éventuellement gravillonné	2 1 1 1		e = 0.35 PF2	e = 0.35 PF2	e = 0.35 PF3	e = 0.35 PF3

(1) Sur cette PST, la mise en oeuvre d'un matériau traité répondant à une qualité "couche de forme" n'est pas réalisable. Procéder d'abord à un traitement selon une technique "remblai" et se rapporter alors au cas de PST n°4 si l'effet du traitement est durable et aux cas PST n°2 ou 3 s'il ne l'est pas

(2) Si intercalation d'un géotextile à l'interface PST-couche de forme

(3) Dans le cas de la PST n°4 une couche de forme conduisant à une PF2 peut se limiter à une couche de protection superficielle de quelques centimètres d'épaisseur de ce matériau. Celle-ci peut même être inutile si l'on a prévu la possibilité d'éliminer par rabotage les 5 à 10 cm supérieurs de la PST. Elle peut également être remplacée par un enduit de cure gravillonné ou éventuellement clouté appliqué directement sur l'arase terrassement



## TABLEAUX DE COMPACTAGE POUR L'UTILISATION DES MATERIAUX EN REMBLAI

**A<sub>1</sub>, C<sub>1</sub>, A<sub>1</sub> (\*)**

Compacteur		P1	P2	P3	V1	V2	V3		V4		V5		VP1	VP2	VP3	VP4	VP5	SP1	SP2	PQ3	PQ4	
Modalités																						
Energie de compactage faible	Q/S	0.080	0.120	0.180	0.055	0.085	0.125		0.165		0.205		0.055	0.085	0.165	0.205	0.265	0.070	0.100		0.065	
	e	0.30	0.45	0.60	0.25	0.35	0.30	0.50	0.35	0.65	0.40	0.80	0.25	0.30	0.30	0.35	0.40	0.25	0.40		0.20	
			(1)	(1)					(1)	(1)	(1)	(1)	(2)	(2)	(2)	(2)	(2)	(2)	(2)	0	(1)	
	V	5.0	5.0	5.0	2.0	2.5	4.0	2.5	5.0	2.5	5.0	2.5	2.0	3.0	4.0	5.0	5.0	8.0	8.0		1.0	
	Code 3	N	4	4	4	5	5	3	4	3	4	2	4	5	4	2	2	2	4	4		3
	Q/L	400	600	900	110	215	500	315	825	415	1025	515	110	255	660	1025	1325	560	800		65	
Energie de compactage moyenne	Q/S	0.045	0.065	0.095		0.040	0.065		0.085		0.100			0.040	0.085	0.100	0.130	0.040	0.070			
	e	0.25	0.35	0.45		0.25	0.30	0.40	0.30	0.50	0.30	0.60		0.25	0.30	0.30	0.30	0.20	0.30			
					0								0	(2)	(2)	(2)	(2)	(2)	(2)	0	0	
	V	5.0	5.0	5.0		2.0	2.5	2.0	3.5	2.0	4.0	2.0		2.0	2.5	3.5	4.0	8.0	8.0			
	Code 2	N	6	6	5		7	5	7	4	6	3	6		7	4	3	3	5	5		
	Q/L	225	325	475		80	165	130	300	170	400	200		80	215	350	520	320	560			
Energie de compactage intense	Q/S		0.035	0.050		0.025	0.040		0.050		0.065			0.025	0.050	0.065	0.085		0.035			
	e		0.20	0.30		0.20		0.30	0.30	0.40	0.30	0.45		0.20	0.30	0.30	0.30		0.25			
		0			0								0						0		0	0
	V		5.0	5.0		2.0		2.0	2.5	2.0	3.0	2.0		2.0	2.0	2.5	3.0		8.0			
	Code 1	N		6	6		8		8	6	8	5	7		8	6	5	4		8		
	Q/L		175	250		50		80	125	100	195	130		50	100	165	255		280			

Q/S (m)  
e (m)  
V (km/h)  
N -  
Q/L (m<sup>3</sup>/h m)

(\*) Imposer que D<sub>max</sub> < 2/3 de l'épaisseur de la couche compactée

(1) S'assurer de la traficabilité du compacteur

(2) Prévoir une opération annexe pour effacer les empreintes lorsqu'il y a risque de pluie en fin de journée (rabotage des centimètres supérieurs, ou emploi d'un autre type de compacteur si celui-ci apporte l'effet souhaité).

[ 0 ] compacteur ne convenant pas

## TABLEAUX DE COMPACTAGE POUR L'UTILISATION DES MATERIAUX EN REMBLAI

**A<sub>2</sub>, C<sub>1</sub>A<sub>2</sub> (\*)**

Compacteur		P1	P2	P3	V1	V2	V3		V4		V5		VP1	VP2	VP3	VP4	VP5	SP1	SP2	PQ3	PQ4
Modalités																					
Energie de compactage faible	Q/S	0.050	0.080	0.120	0.040	0.060	0.090		0.120		0.145		0.040	0.060	0.120	0.145	0.190	0.065	0.100		
	e	0.25	0.35	0.45	0.20	0.30	0.30	0.35	0.30	0.45	0.30	0.60	0.20	0.30	0.30	0.30	0.30	0.25	0.40		
	V	5.0	5.0	5.0	2.0	2.0	3.0	2.5	4.0	2.5	5.0	2.5	2.0	2.0	3.0	4.0	5.0	8.0	8.0	0	0
Code 3	N	5	5	4	5	5	4	4	3	4	3	5	5	5	3	3	2	4	4		
	Q/L	250	400	600	80	120	270	225	480	300	725	365	80	120	360	580	950	520	800		
Energie de compactage moyenne	Q/S	0.030	0.050	0.070		0.035	0.050		0.065		0.080			0.035	0.065	0.080	0.105	0.035	0.060		
	e	0.20	0.25	0.35		0.20		0.30	0.30	0.40	0.30	0.45		0.20	0.30	0.30	0.30	0.20	0.30		
	V	5.0	5.0	5.0	0	2.0		2.0	2.5	2.0	3.0	2.0		2.0	2.0	2.5	3.0	8.0	8.0	0	0
Code 2	N	7	5	5		6		6	5	7	4	6		6	5	4	3	6	5		
	Q/L	150	250	350		70		100	165	130	240	160		70	130	200	315	280	480		
Energie de compactage intense	Q/S		0.030	0.040			0.035		0.045		0.055				0.045	0.055	0.070		0.030		
	e		0.20	0.30				0.25		0.35	0.30	0.40			0.25	0.30	0.30		0.20		
	V	0	5.0	5.0	0	0		2.0		2.0	2.5	2.0			2.0	2.0	2.5		8.0		
Code 1	N		7	8				8		8	6	8			6	6	5		7		
	Q/L		150	200				70		90	140	110			90	110	175		240		

Q/S (m)  
 e (m)  
 V (km/h)  
 N -  
 Q/L (m<sup>3</sup>/h m)

(\*) Impose que Dmax < 2/3 de l'épaisseur de la couche compactée

(2) Prévoir une opération annexe pour effacer les empreintes lorsqu'il y a risque de pluie en fin de journée (rabotage des centimètres supérieurs, ou emploi d'un autre type de compacteur si celui-ci apporte l'effet souhaité)

0 compacteur ne convenant pas