

### 1. Les objectifs de densification

Deux critères permettent de qualifier la qualité de compactage d'une couche donnée :

- la masse volumique sèche moyenne sur l'épaisseur compactée ( $\rho_{dm}$ ),
- la masse volumique sèche en fond de couche ( $\rho_{dfc}$ ),

La masse volumique en fond de couche est par définition celle existant à la cote 4 cm au dessus de l'interface avec la couche sous-jacente, mesurée sur une tranche de 8 cm d'épaisseur.

Soit :

- $\rho_{dOPN}$  : masse volumique sèche à l'Optimum Proctor Normal.
- $\rho_{dOPM}$  : masse volumique sèche à l'Optimum Proctor Modifié

Les objectifs de densification des couches sont définis par ordre d'exigence croissante comme suit :

Objectif	$\rho_{dm}$	$\rho_{dfc}$
q4	95 % $\rho_{dOPN}$	92 % $\rho_{dOPN}$
q3	98,5 % $\rho_{dOPN}$	96 % $\rho_{dOPN}$
q2	97 % $\rho_{dOPM}$	95 % $\rho_{dOPM}$

### 2. Les objectifs sous voiries – Guide technique : Réalisation de remblais et des couches de forme – LCPC SETRA - 1992

Couche concernée	Objectif
Remblai	q4
Couche de forme	q3

Ces valeurs relatives en référence aux masses volumiques ne sont pas à considérer comme des prescriptions, elles constituent seulement des repères.

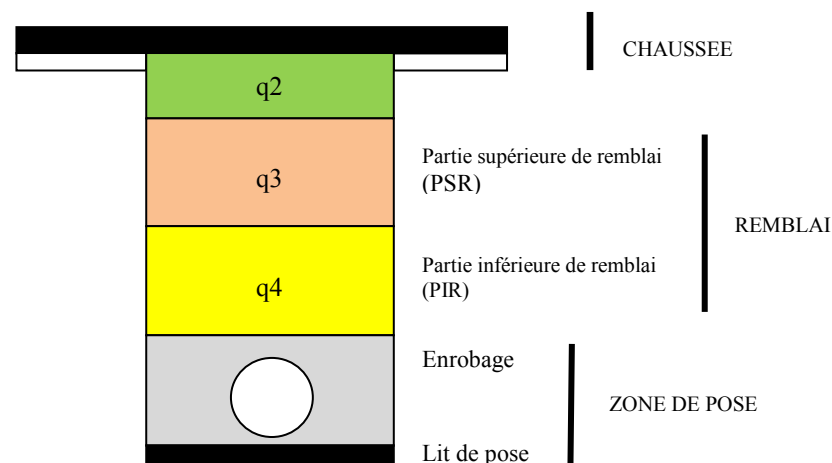
En effet, la référence Proctor n'est pas pertinente pour de nombreux matériaux pour lesquels il y a impossibilité factuelle de mesurer précisément les masses volumiques compte tenu de la granulométrie des matériaux.

Les modalités pratiques de compactage sont traduites dans les tableaux de l'annexe 4 du guide GTR 92 à partir du couple matériel - matériaux, en distinguant les remblais et les couches de forme.

### 3. Les objectifs pour les tranchées - Guide technique : Remblayage des tranchées et réfection des chaussées – LCPC SETRA - 1994

Les objectifs sont directement fonction de la position de la tranchée. On distingue 4 cas : sous chaussée – sous trottoir – sous accotement – sous espace vert.

#### Type I : tranchées sous chaussées



Les normes d'essai XP P 94-063 et XP P 94-105 sur le contrôle du compactage donnent la méthode de vérification des critères d'acceptation des remblais en comblement de tranchée.

Le pénétromètre dynamique permet d'évaluer les épaisseurs de couches et de vérifier que l'objectif de densification visé est atteint par rapport à un catalogue de cas. Le catalogue de cas est l'ensemble des valeurs des droites limites et de référence résultant de l'étalonnage d'un appareil par rapport aux différentes classes de sols de la norme NF P 11-300.

L'identification, selon la norme NF P 11-300 des matériaux effectivement mis en oeuvre est obligatoire, et notamment l'état hydrique des matériaux (états th, h, m, s ou ts).

L'état hydrique est celui au moment du contrôle, pour les sols ayant une sous classe d'état (c'est à dire les sols sensibles à l'eau). Ce paramètre est fondamental car un sol peut avoir été compacté à l'état hydrique moyen et être à l'état hydrique humide le jour du contrôle de compactage. Il convient donc à l'organisme de contrôle de mesurer, au moment des essais, l'état hydrique des matériaux contrôlés.

L'exploitation des résultats est faite à partir des pénétrogrammes et des valeurs  $D_L$  et  $D_R$  successivement concernées, dans le but de vérifier que le résultat du compactage est conforme à celui attendu et, dans le cas contraire, de situer le niveau de gravité de l'anomalie rencontrée.

Les anomalies de type 1 à 4 introduites dans les normes relatives au contrôle du compactage servent à définir les critères d'acceptation de l'ouvrage au vu des résultats d'essais.

Les compacteurs pris en compte dans le GTR 92 ont une largeur de compactage supérieure ou égale à 1,3 m. Ils peuvent être divisés en six familles classées selon leur efficacité.

### 1. Les compacteurs à pneus (Pi)



Le classement est fait selon la charge par roue CR :

- P1 : CR entre 25 et 40 kN
- P2 : CR entre 40 et 60 kN
- P3 : CR supérieure à 60 kN

Les compacteurs à pneus sont lestables pour atteindre la charge par roue maximale prévue par le constructeur.

### 2. Les compacteurs vibrants à cylindre lisse (Vi)

Il est défini 5 classes de compacteurs (V1 à V5)

Ils sont classés à partir du paramètre  $M1/L \times \sqrt{A0}$  Avec :

- M1 : masse totale s'appliquant sur la génératrice du cylindre (vibrant ou statique) en kg
- L : longueur de la génératrice du cylindre (vibrant ou statique) en cm
- A0 : amplitude théorique à vide calculable par  $A0 = 1000 \times (me/MO)$
- me : moment des excentriques de l'arbre à balourd (mkg)
- MO : masse de la partie vibrante sollicitée par l'arbre à balourd (kg).

Les compacteurs vibrants possèdent souvent plusieurs valeurs d'amplitude théoriques à vide. Un matériel donné peut donc être placé dans différentes classes.

Les compacteurs peuvent être monocylindre ou tandem.

Sont regroupés sous le type VMi tous les monocylindres vibrants, les tandems transversaux (cylindres disposés selon un seul essieu), ainsi que les tandems longitudinaux à un seul cylindre vibrant. Les tableaux (e ; Q/S) leur sont directement applicables.



Sont répertoriés VTi les tandems longitudinaux avec vibration sur chaque cylindre.

### 3. Les compacteurs mixtes



Ils sont constitués d'un cylindre vibrant et d'un train de pneus dont le nombre peut être considéré comme suffisant pour contribuer au compactage en recouvrant l'ensemble de la largeur de la génératrice du cylindre (intervalle entre les surfaces de contact  $\leq$  largeur d'un pneu)

On les considère comme la somme d'un compacteur vibrant monocylindre VMi et d'un compacteur à pneus Pj. Ces compacteurs sont désignés VMi-Pj.

### 4. Les compacteurs vibrants à pieds dameurs

Les compacteurs vibrants à pieds dameurs sont généralement des versions dérivées des compacteurs vibrants à cylindres lisses. Leur classification reprend les mêmes critères.

Il est défini 5 classes de compacteurs (VP1 à VP5)

### 5. Les compacteurs statiques à pieds dameurs

Le classement est fait selon la charge statique moyenne par unité de largeur du ou des cylindres à pieds (M1/L) :

- SP1 : M1/L entre 30 et 60 kg/cm
- SP2 : M1/L entre 60 et 90 kg/cm



### 6. Les plaques vibrantes (POi)

L'ensemble des plaques est classé PQ1 à PQ4 dans le Guide technique de compactage des Tranchées LCPC SETRA. Les plaques sont classées à partir de la pression statique sous la semelle (Mg/S) exprimée en kPa (Mg présente le poids de la plaque).

Les plus petites plaques ne sont pas prises en compte dans le Guide (PQ1-PQ2). Celles considérées sont :

- PQ3 : Mg/S entre 10 et 15 kPa
- PQ4 : Mg/S supérieure à 15 kPa

S est la surface de contact plaque/sol et non la surface hors tout. Pour les modèles équipés d'élargisseurs ; S varie et il convient d'en tenir compte pour la classification qui peut alors changer.



### 1. Document de référence

- Guide technique : Réalisation de remblais et des couches de forme – LCPC SETRA – 1992 (GTR 92)

### 2. Les paramètres définissant des modalités de compactage

- Q : volume de sol compacté pendant un temps donné (par jour ou par heure). Déterminé par mètre après compactage, ou évalué à partir du nombre d'engins de transport, de la charge moyenne, des coefficients de foisonnement et de contre-foisonnement et de la durée des cycles.
- D : distance parcourue en compactage. Mesurée sur le chantier au moyen d'un compteur kilométrique monté sur le compacteur
- L : largeur de compactage
- S : surface balayée par le compacteur pendant le même temps = D x L
- Q/S : nombre indiqué dans la partie supérieure de chaque case des tableaux de compactage (m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>). Lorsque la valeur de Q/S diminue, l'intensité de compactage exigée est plus grande.
- e : épaisseur maximale de la couche compactée
- V : vitesse de translation
- n : nombre de passes. Une passe est par définition un aller ou un retour de compacteur
- N : nombre d'applications de la charge n. N et n coïncident pour les compacteurs monocylindres et les compacteurs à pneus. Ce nombre N est égal au double de n dans le cas des rouleaux tandems.

### 3. Les tableaux de compactage

Les tableaux de compactage sont fournis dans de l'annexe 4 du fascicule II du guide GTR 92.

Ces tableaux, qui distinguent l'utilisation des matériaux en **remblais** de ceux utilisés en **couche de forme**, sont établis pour un matériau « **moyen** » à l'intérieur de la classe et la sous-classe correspondantes.

### 3.1 Exemple de tableau pour utilisation des matériaux en remblais (extrait)

Matériaux : B<sub>1</sub>, D<sub>1</sub>, C<sub>1</sub> B<sub>1</sub> (\*)

Compacteur Modalité		P1	P2	P3	V1	V2	V3		V4		V5	
		Q/S	0,06	0,090	0,120	0,055	0,085	0,135		0,180		0,225
Energie de compactage moyenne	e	0,35	0,45	0,65	0,35	0,50	0,30	0,80	0,45	1,10	0,55	1,35
	V	5,0	5,0	5,0	2,0	2,0	5,0	2,0	5,0	2,0	5,0	2,0
Code 2	N	6	5	6	7	6	3	6	3	7	3	6
	Q/L	300	450	600	110	170	675	270	900	360	1125	450

(1) S'assurer de la traficabilité du compacteur (\*) : impose que D<sub>max</sub> < 2/3 de l'épaisseur de la couche compactée

Pour une épaisseur inférieure à l'épaisseur maximale e, N est calculé par l'expression :

$$N = e \text{ réelle compactée} / (Q/S)$$

Le débit pratique attendu pour un compacteur, avec un rendement k, est donné par :

$$Q_{\text{prat}} = k \times (Q/L) \times L \times n/N \text{ avec } 0,5 \leq k \leq 0,75 \text{ suivant les chantiers.}$$

#### Application numérique :

- Sol : B<sub>1</sub> en remblai (q4) – Compacteur P1 – L = 2 m – k = 0,6 – N/n = 1

Q/S (m)	e (m)	V (km/h)	N	Q/L
0,06	0,35	5,0	6	300

$$Q_{\text{prat}} = 0,6 \times 300 \times 2 \times 1 = 360 \text{ m}^3/\text{h. Si } e \text{ réelle} = 0,3 \text{ m, } N = 0,3/0,06 = 5 \text{ applications de la charge}$$

### 3.2 Exemple de tableau pour utilisation des matériaux en couche de forme

Compacteur Matériau		P1	P2	P3	V1	V2	V3		V4		V5	
		Q/S		0,020	0,025		0,020	0,030		0,040		0,050
R <sub>22</sub> (*) - R <sub>23</sub> (*)	e		0,20	0,25		0,20	0,30		0,30	0,40	0,30	0,50
	V	0	5,0	5,0	0	2,0	2,0		2,5	2,0	3,0	2,0
R <sub>33</sub> (*)	N		10	10		10	10		8	10	6	10
R <sub>42</sub> (*)	Q/L		100	125		40	60		100	80	150	100
R <sub>62</sub> (*)												

0 : compacteur ne convenant pas - (\*) : impose que D<sub>max</sub> < 2/3 de l'épaisseur de la couche compactée.