

Essais PROCTOR (NF P 94-093)

1. BUT DE L'ESSAI

L'essai Proctor a pour but de déterminer la teneur en eau optimale pour un sol de remblai donné et des conditions de compactage fixées, qui conduit au meilleur compactage possible ou encore capacité portante maximale.

2. DEFINITIONS

Rappel :

V_{To1} : Volume total de l'échantillon,

V_a : Volume d'air contenu dans l'échantillon,

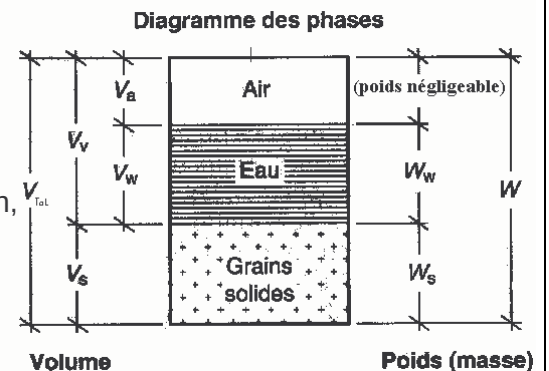
V_w : Volume d'eau contenu dans l'échantillon,

V_s : Volume des grains solides contenus dans l'échantillon,

W_a : Poids de l'air contenu dans l'échantillon ($W_a \approx 0$),

W_s : Poids des grains solide contenu dans l'échantillon,

W_w : Poids de l'eau contenu dans l'échantillon,



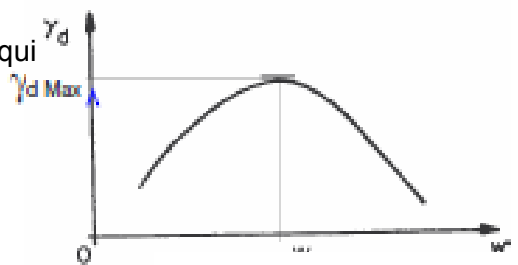
- **Poids volumique d'un sol sec (notation γ_d) :**
$$\gamma_d = \frac{W_s + W_a}{V_s + V_w + V_a} = \frac{W_s}{V}$$

- **Teneur en eau (notation ω) s'exprime en % :**
$$\omega = \frac{W_w}{W_s} \times 100$$

- **Energie de compactage** : $N \text{ (J/m}^3\text{)} = (\text{nombre de coups par couche}) \times (\text{Nombre de couches}) \times (\text{Masse de la dame}) \times (g) \times (\text{hauteur de chute de la dame}) / (\text{Volume utile du moule})$.

- **L'optimum Proctor** : est la teneur en eau w pour laquelle le sol atteint, pour une énergie de compactage donné, un γ_d maximal.

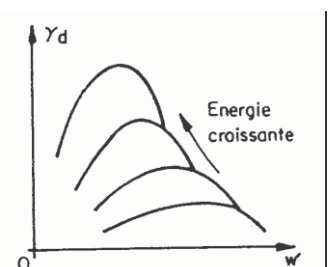
- **Diagramme PROCTOR simple** : C'est un diagramme qui comporte une courbe Proctor unique, donnant, pour une énergie de compactage donnée, W_{opt} et γ_{dMax} .



- **Diagramme PROCTOR complet** : En faisant varier le nombre de coups par couche, on peut déterminer plusieurs courbes Proctor simple, correspondantes à diverses énergies de compactage.

Les courbes trouvées sont toutes tangentes asymptotiquement à une hyperbole équilatère, qui correspond à un sol ne contenant plus d'air du tout ($\Leftrightarrow S_r = 1$), dont l'équation est :

$$\gamma_d = (S \cdot \gamma_s) / (S + \omega \cdot \gamma_s / \gamma_w).$$



2. PRINCIPE DE LA MÉTHODE

L'essai consiste à compacter dans un moule normalisé, à l'aide d'une dame normalisée, selon un processus bien défini, l'échantillon de sol à étudier et à mesurer sa teneur en eau et son poids spécifique sec après compactage.

L'essai est répété plusieurs fois de suite sur des échantillons portés à différents teneurs en eau. On définit ainsi plusieurs points d'une courbe ($\gamma_d ; \omega$) ; on trace cette courbe qui représente un maximum dont l'abscisse est la teneur en eau optimale et l'ordonnée la densité sèche optimale.

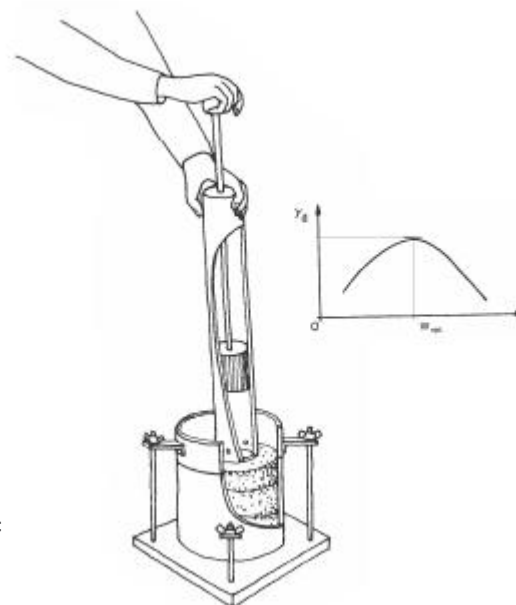
Pour ces essais on peut utiliser, selon la finesse des grains du sol, deux types de moules :

- **Le moule Proctor** $\phi_{\text{moule intérieur}} = 101,6 \text{ mm}$
 $H = 117 \text{ mm}$ (sans rehausse)

$V_{\text{moule proctor}} = 948 \text{ cm}^3$

- **Le moule CBR** $\phi_{\text{moule}} = 152 \text{ mm} / H = 152 \text{ mm}$

(sans rehausse) dont le disque d'espacement est de 25,4 mm d'épaisseur, soit une hauteur $H_{\text{utile}} = 126,6 \text{ mm}$, **$V_{\text{moule CBR}} = 2\,296 \text{ cm}^3$**



- Avec chacun de ces moules, on peut effectuer deux types d'essai (choix par rapport à l'énergie de compactage) :

- **L'essai PROCTOR NORMAL,**

- **L'essai PROCTOR MODIFIÉ.**

Le choix de l'intensité de compactage est fait en fonction de la surcharge que va subir l'ouvrage au cours de sa durée de vie :

— **Essai Proctor normal** : Résistance souhaitée relativement faible, du type remblai non ou peu chargé,

— **Essai Proctor modifié** : Forte résistance souhaitée, du type chaussée autoroutière

- Le tableau ci-dessous résume les conditions de chaque essai selon le moule retenu (norme NF P 94-093) :

	Masse de la dame (Kg)	Hauteur de chute (cm)	Nombre de coups par couche	Nombre de couches	Energie de compactage Kj/m^3
Essai Proctor	Normal 2,490	30,50	25 (<i>moule Proctor</i>)	3	587
			55 (<i>moule CBR</i>)	3	533
	Modifié 4,540	45,70	25 (<i>moule Proctor</i>)	5	2 680
			55 (<i>moule CBR</i>)	5	2 435

3. MATÉRIEL NÉCESSAIRE

- Moule CBR (éventuellement Proctor),
- Dame Proctor normal ou modifié,
- Règle à araser,
- Disque d'espacement,
- Bacs d'homogénéisation pour préparation du matériau,
- Tamis 5 et 20 mm (contrôle et écrêtage le cas échéant de l'échantillon),
- Truelle, spatule, pinceau, etc...
- Eprouvette graduée 150 ml environ,
- Petits récipients (mesures des teneurs en eau),
- Balance portée 20 kg, précision $\pm 5 \text{ g}$,
- Balance de précision 200 g, précision $\pm 0,1 \text{ g}$,
- Etuve $105^\circ\text{C} \pm 5^\circ\text{C}$,
- Burette à huile.

4. MODE OPERATOIRE

a/ Préparation des échantillons pour essais :

☞ Quantités à prélever :

- La réalisation de la courbe nécessitera au moins 5 essais (1 point (ω ; γ_d) par essai).
- 6 essais sont préférables. Pour 6 points de mesure, on prélèvera :
 - Moule PROCTOR : 15 kg,
 - Moule C.B.R. : 33 kg.

☞ Préparation de l'échantillon :

- Ecraser les mottes à la main ou au malaxeur, mais pas les éléments pierreux, et homogénéiser soigneusement le matériau (sa teneur en eau doit être homogène).
- Sécher le matériau à l'air ou à l'étuve (3 à 5 heure à 60°C), pour faciliter le tamisage et pour débiter l'essai avec une teneur en eau inférieure à la teneur en eau optimale Proctor (l'essai est fait à teneur en eau croissante).
- Ecrêter à 20 mm l'échantillon (le cas échéant).

☞ Détermination de la teneur en eau de départ :

L'expérience montre qu'il est bien d'avoir 2% de différence de teneur en eau environ entre chaque point (courbe harmonieuse). 4% est un maximum. Il est souhaitable de commencer les essais à une teneur en eau ω qui se situe environ à 4 ou 5% au-dessous de ω_{opt} . (ω_{opt} en générale entre 10 et 14 %).

b/ Préparation du matériel

Choix du moule :

Il dépend de la grosseur D des gros grains du sol :

- Si $D \leq 5 \text{ mm}$ (et seulement dans ce cas), le moule Proctor est autorisé, mais le moule CBR est conseillé,
- Si $5 < D \leq 20 \text{ mm}$, utiliser le moule CBR (sol conserver intact avec tous ses constituants),
- Si $D > 20 \text{ mm}$, mais $\text{refus} \leq 25 \%$, l'essai se fait dans le moule C.B.R., (sol écrêté à 20 mm),

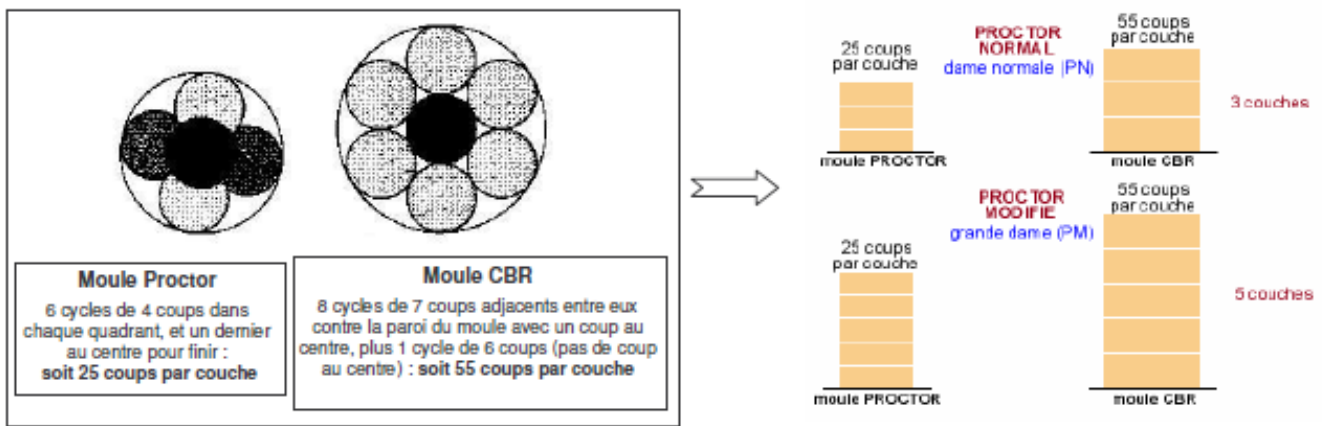
Rappel : $D > 20 \text{ mm}$, mais $\text{refus} > 25 \%$, l'essai Proctor ne peut être fait !

c/ Exécution de l'essai

Avant –propos :

Pour l'essai PROCTOR NORMAL, le remplissage est fait en 3 couches. Pour l'essai PROCTOR MODIFIE, le remplissage est fait en 5 couches.

L'ensemble de la surface doit être compactée pour chaque couche comme suit



Exécution de l'essai

1. Assembler moule + embase + disque d'espacement (si moule C.B.R.) + papier au fond du moule (facilite le démoulage) ; puis :
 - Peser l'ensemble : soit P_1 ,
 - Adapter la rehausse.
2. Introduire la 1ère couche et la compacter. Placer le moule sur un socle en béton d'au moins 100 kg , ou sur un plancher en béton de 25 cm d'épaisseur,
3. Recommencer l'opération pour chaque couche (3 pour énergie de compactage Normal ; 5 pour Modifiée). La quantité de matériau à utiliser, pour chaque couche, est approximativement :

MOULE	ESSAI PROCTOR MODIFIEE	ESSAI PROCTOR NORMAL
PROCTOR	400 g	650 g
C.B.R.	1 050 g	1 700 g

4. Après compactage de la dernière couche, enlever la rehausse. Le sol compacté doit dépasser du moule de 1 cm environ. Sinon, recommencer l'essai,
5. Araser soigneusement à partir du centre ; on veillera, au cours de l'arasement à ne pas créer de trous sur la surface arasé,
6. Peser l'ensemble juste arasé : soit P_2 .
7. Oter l'embase (et disque d'espacement si nécessaire) et prélever 2 prises sur l'échantillon, l'une en haut et l'autre en bas ; en déterminer la teneur en eau ω ; on prendra la moyenne des deux valeurs obtenues,
8. Augmenter de 2% la teneur en eau ω de votre échantillon de départ et recommencer 5 à 6 fois l'essai, après avoir à chaque fois bien nettoyer votre moule.

5. EXPRESSION DES RESULTATS

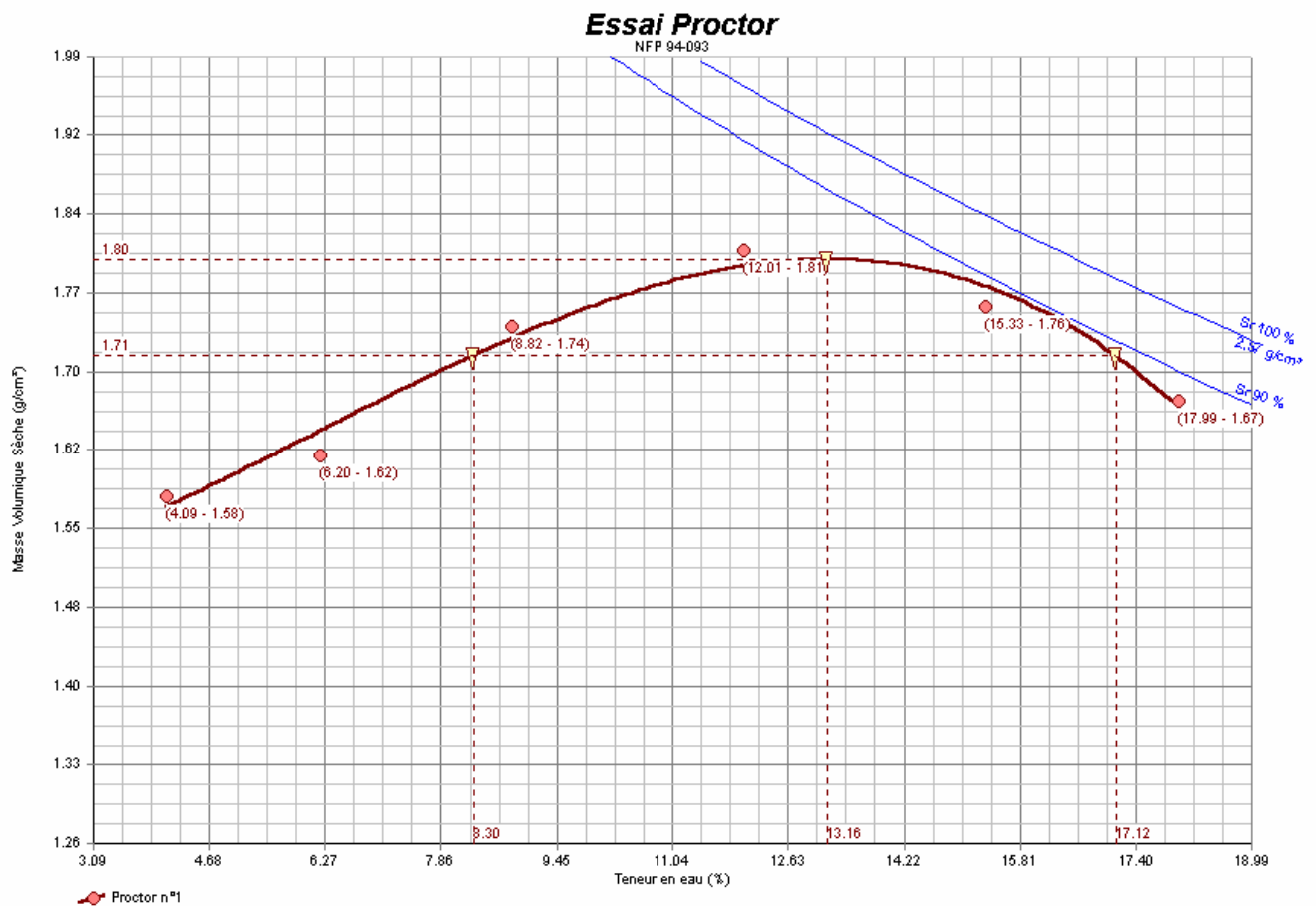
- Tracer la courbe $\gamma_d = f(\omega)$, avec pour points de la courbe les coordonnées suivantes pour chaque point :

- En abscisse : ω , teneur en eau (voir article 8 ci-avant),
- En ordonnée γ_d qui s'exprime :
$$\gamma_d = \frac{(P_2 - P_1)}{(1 + \omega)V_{moule}}$$

Les coordonnées de l'optimum Proctor se déduisent de la courbe. ; elles s'expriment :

- Pour γ_{dopt} en KN/m^3 avec 1 décimale,
- Pour ω_{opt} en % avec 1 décimale

EXEMPLE



RAPPORT D'ESSAI**ESSAI PROCTOR**

Norme		Type de moule		Les membres de l'équipe	
Date		TP №		1.....	2.....
Provenance		Niveau		3.....	4.....
Type d'essai		Groupe			

1. But :

.....

.....

.....

.....

2. Intérêt en génie civil :

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

4. Résultats :

	ESSAI 1		ESSAI 2		ESSAI 3		ESSAI 4		ESSAI 5		ESSAI 6	
Masse totale humide g												
Masse du moule g												
Masse nette humide g												
Volume du moule cm ²												
TENEUR EN EAU												
Repère essai	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
Masse totale humide (g)												
Masse totale sèche (g)												
Masse tare (g)												
Masse d'eau (g)												
Masse nette sèche (g)												
Teneur en eau (%)												
MASSES VOLUMIQUES												
Masse volumique apparente humide (g/cm ³)												
Masse volumique apparente sèche (g/cm ³)												

- Masse volumique maximale Proctor : g/cm^3
- Teneur en eau optimale Proctor : %
- Masse volumique des grains de sol = 2.7g/cm^3

[illegible]

This image shows a full page of white paper with horizontal dotted lines. The lines are evenly spaced and run across the width of the page, providing a guide for handwriting or typing. There are no margins, text, or other markings on the page.