

الحمد لله وحده نحمده ونشكره ونستعين به ونستغفره ونعوذ بالله
من شرور أنفسنا
ومن سيئات أعمالنا
من يهده الله فلا مضل له ومن يضلل فلا هادي له
أشهد أن لا إله إلا الله وحده لا شريك له
وأشهد أن محمدا عبده ورسوله
صلى الله عليه وسلم وعلى آله وصحبه أجمعين
ومن تبعهم بالإحسان إلى يوم الدين
ربنا لا علم لنا إلا ما علمتنا، إنك أنت العليم الخبير
ربنا لا فهم لنا إلا ما أفهمتنا، إنك أنت الجواد الكريم
ربي اشرح لي صدري ويسر لي أمري واحلل لي
... عقدة لساني يفقهوا قولي

أما بعد.

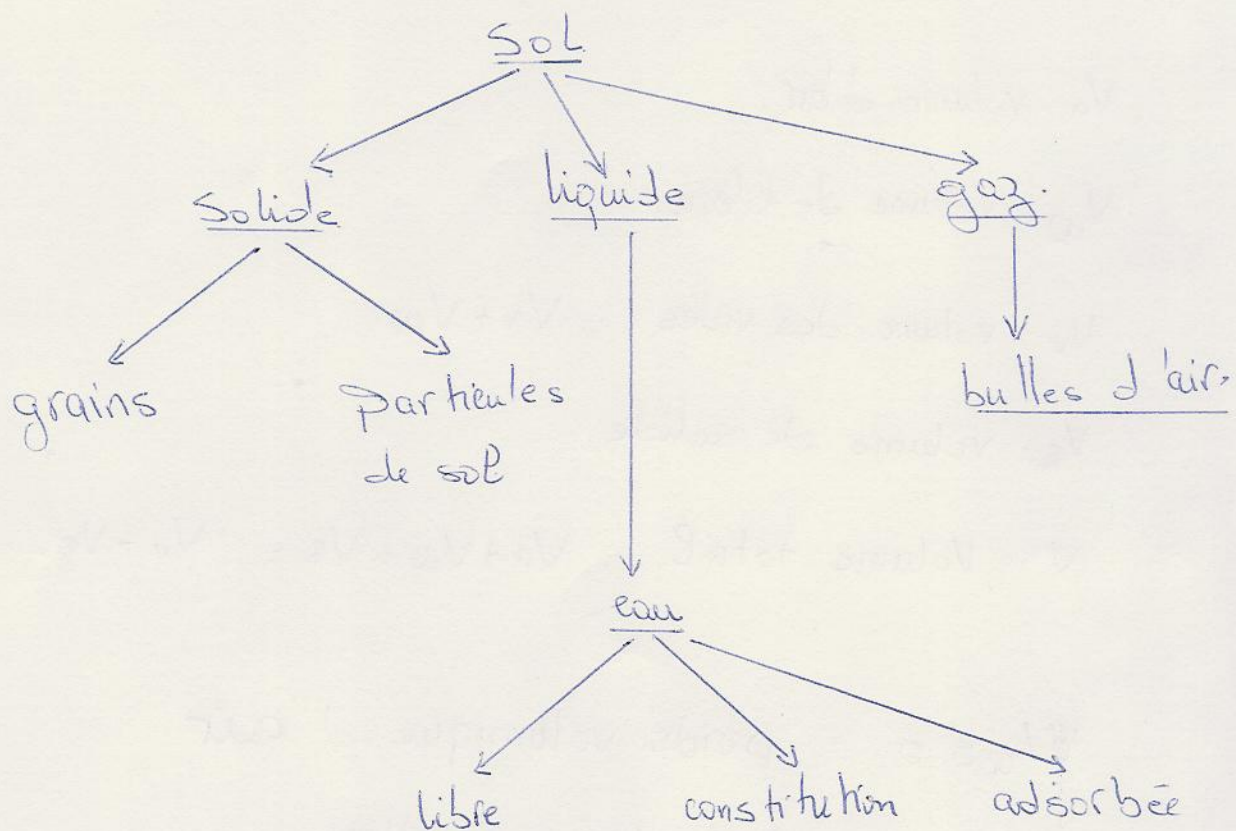
فإن أصدق الحديث كتاب الله تعالى وخير الهدي، هدي سيدنا
محمد صلى الله عليه وسلم تسليما
وشر الأمور محدثاتها وكل محدثة بدعة وكل بدعة ضلالة وكل
ضلالة في النار
فاللهم أجرنا وقنا عذابها برحمتك يا أرحم الراحمين

Résumé 3^{eu} année:

MDS:

1^{er} trimestre:

Constitutions et paramètres d'identification des sols:

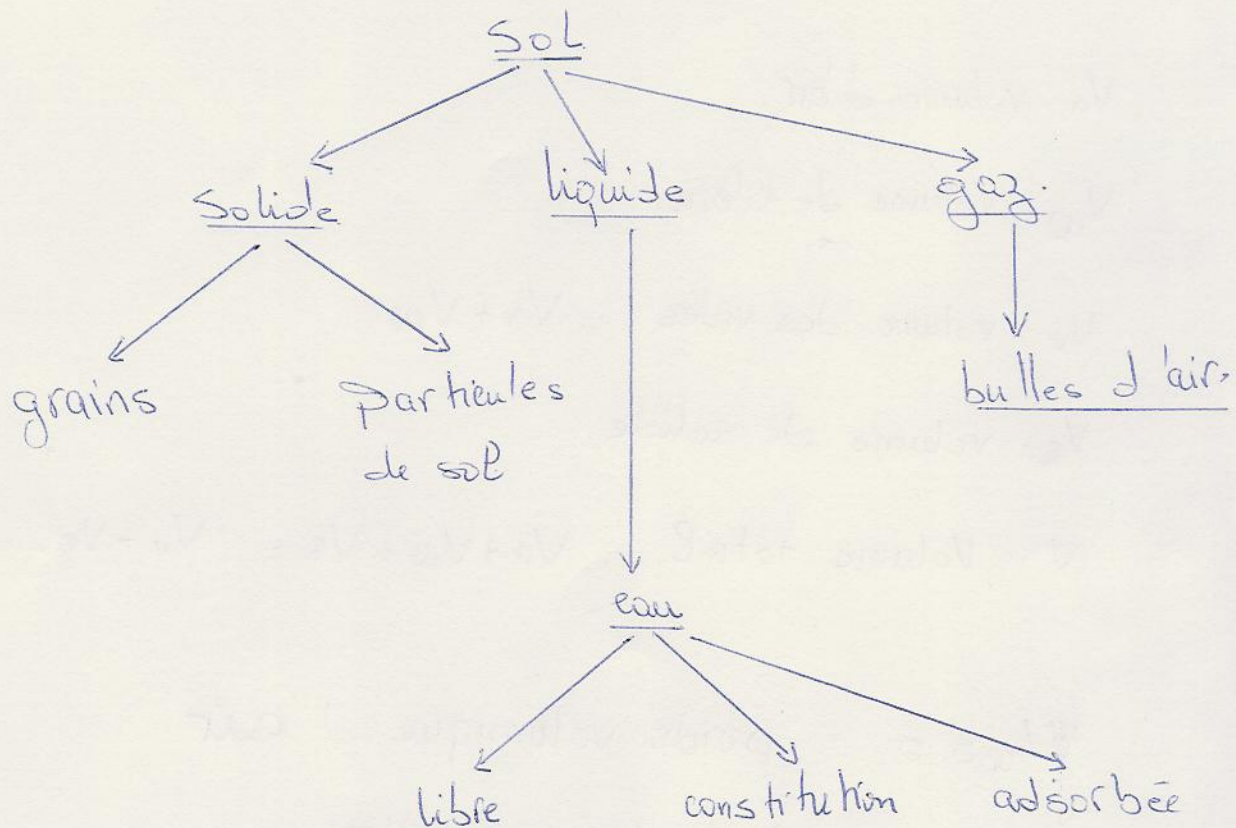


Résumé 3^{eu} année:

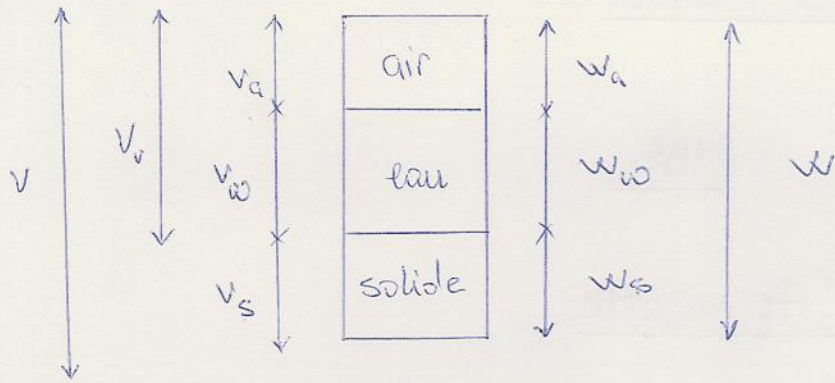
MDS:

1^{er} trimestre:

Constitutions et paramètres d'identification des sols:



2. Schema d'un volume élémentaire:



- Les symboles:

V_a : volume d'air.

V_w : volume de l'eau.

V_v : volume des vides = $V_a + V_w$

V_s : volume de solide.

V : Volume total = $V_a + V_w + V_s = V_v + V_s$.

$w_a = 0$ = poids volumique d'air

w_w : poids volumique d'eau

w_s : poids volumique des grains solide.

$w = w_w + w_s$: poids volumique total.

Remarque:

Dans le premier chapitre il faut maîtriser très bien les relations suivantes pour la démonstration des formules.

3. Les caractéristiques physiques:

3-1: Le poids spécifique total du sol: γ

$$\gamma = \frac{W}{V}$$

3-2: Le poids spécifique des grains solides: γ_s

$$\gamma_s = \frac{W_s}{V_s}$$

3-3: Le poids spécifique du sol sec: γ_d

$$\gamma_d = \frac{W_s}{V}$$

3-4: Le poids spécifique de l'eau: γ_w

$$\gamma_w = \frac{W_w}{V_w}$$

3-5: Le poids spécifique d'équilibre: γ'

$$\gamma' = \gamma - \gamma_w$$

3-6: Densité des grains: (G_s)

$$G_s = \frac{\gamma_s}{\gamma_w}$$

4- Les paramètres caractérisant l'état des sols:

4-1: Teneur en eau:

$$w = \frac{W_w}{W_s}$$

4-2: Indice des vides:

$$e = \frac{V_v}{V_s}$$

4-3: Porosité:

$$n = \frac{V_v}{V}$$

$$n < 1$$

4-4: Degré de saturation:

$$S = 0 \rightarrow \text{sol sec}$$

$$S = x \rightarrow \text{un peu d'eau avec de l'air.}$$

$$S = 100\% = 1 \rightarrow \text{sol saturé}$$

5: Relations entre les paramètres:

5-1: Volumes:

$$e = \frac{V_v}{V_s} \Rightarrow V_v = e V_s.$$

$$S = \frac{V_w}{V_v} \Rightarrow V_w = e S V_s.$$

$$V_a = V_v - V_w = e V_s - e S V_s = e(1-S) V_s.$$

$$V = V_s + V_v = e V_s + V_s = (1+e) V_s$$

5-2: Poids:

$$\gamma_w = \frac{W_w}{V_w} \Rightarrow W_w = e S V_s \gamma_s.$$

$$\gamma_s = \frac{W_s}{V_s} \Rightarrow W_s = G_s V_s \gamma_w.$$

$$W = W_w + W_s = (G_s + e G_s) V_s \gamma_w.$$

6: Identification des sols pulvérulents:

se fait par:

6-1: Tamissage % pour les grains du sol $> 80 \mu$.

6-2: Sédimentométrie % pour les grains du sol $< 80 \mu$.

7: Les coefficients:

$$C_c = \frac{D_{30}^2}{D_{10} \cdot D_{60}} \longrightarrow \text{coefficient de courbure.}$$

$$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} \longrightarrow \text{coefficient d'uniformité (Hazen).}$$

Si:

$C_u > 5 \longrightarrow$ granulométrie étalée.

$C_u < 5 \longrightarrow$ granulométrie serrée

8: Equivalence de sable:

$$ES(\%) = \frac{h_2}{h_1}$$

$ES = 0 \longrightarrow$ argile pure.

$ES = 40 \longrightarrow$ sol peu plastique.

$ES = 100 \longrightarrow$ sable pur.

8: Caractéristique d'état:

$$\frac{I}{D} = \frac{e_{max} - e}{e_{max} - e_{min}}$$

avec:

e : indice des vides du sol en place.

e_{min} : indice des vides minimum du sol
(par compactage énergétique).

e_{max} : indice des vides maximum du sol
(par sédimentation).

9: Caractéristiques d'identification des sols cohérents: (Limites Atterberg)

9-1: Etat liquide:

- Consistance très faible.
- A l'aspect d'un fluide, il tend à couler et à se niveler suivant une horizontale.

9-2: Etat plastique:

- Consistance plus importante
- Plasticité due aux forces qui s'exercent du fait de la mise en commun des couches d'eau adsorbées.

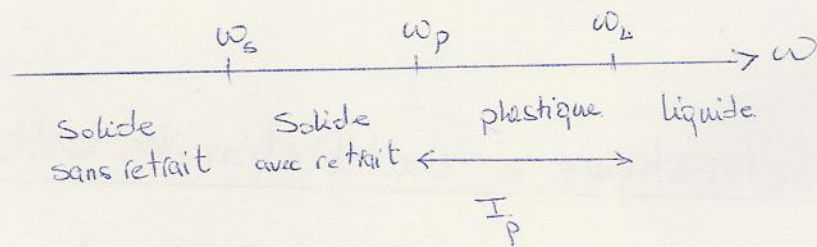
9-3: Etat Semi-solide:

- Déformation beaucoup plus faible.
- Perd une partie de son eau.

9-4: Etat Solide:

- Déformation très faible.
- Pas de changement de volume.

Etat des sols



I_p : indice de plasticité.

10: Les limites:

a. Limites de liquidité w_L :

C'est la teneur en eau pour laquelle le sol a une résistance au cisaillement. et par définition est la teneur en eau correspondant à 25 coups pour pouvoir fermer une rainure de 1 cm.

b- limite de plasticité : ω_p .

Le sol commence à s'effriter grad en le transforme en rouleaux d'un certain diamètre.

c- limite de retrait : ω_s

C'est la limite à partir de laquelle le sol garde un volume constant.

$$I_p = \omega_L - \omega_p$$

$$I_p = a \omega_L - b$$

$$0.7 < a \leq 0.8$$

$$13 < b < 17$$

Où bien:

$$I_p = 0.73 (\omega_L - 20) \rightarrow \text{Sols courants.}$$

$$I_p = 0.76 \omega_L - 15 \rightarrow \text{Sols très plastiques.}$$

Le compactage:

2^{ème} trimestre:

1: Définition:

C'est opération mécanique qui consiste à appliquer suffisamment d'énergie au sol pour y réduire l'irrégularité des vides ainsi en accroître la compacité.

2: Les principes de base du compactage:

- la teneur en eau.
- L'énergie de compactage.
- la granulométrie

3: Les règles utilisées:

$$S.e = G \cdot w$$

$$\gamma_s = G \gamma_w$$

$$\gamma_d = \frac{\gamma_s}{1 + w \frac{G}{S}}$$

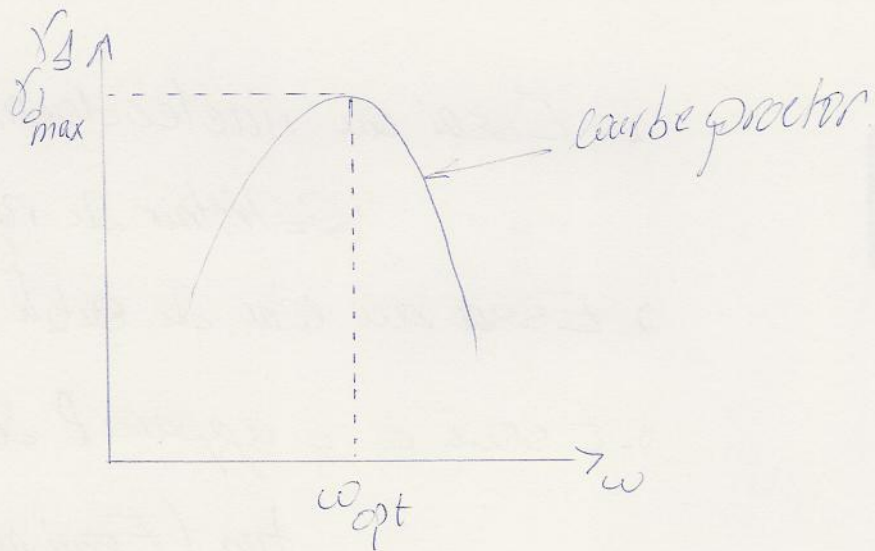
$$\gamma_d = \frac{\gamma}{1+w}$$

lignes de pourcentage en air:

$$\gamma_d = \frac{\gamma_s (1-A)}{(1+w G)}$$

A = % air.

4- la courbe Proctor.



5: - les effets du compactage sur certaines propriétés des sols:

1. la structure
2. la perméabilité
3. le gonflement et le retrait.
4. la compressibilité
5. la résistance au cisaillement.

6: - le control du compactage en labo:

les essais Proctor:

- Proctor normal =
- Proctor modifié

Le contrôle du compactage sur le chantier:

Par:

1. Essai au nucléodensimètre
(Détecteur de rayonnement radio-actif)
2. Essai au cône de sable (Équivalent de sable)
3. Essai à l'appareil de type Washington (Équivalent en liquide)
4. Essai à la membrane élastique
(gonflement d'une membrane : ϕ grains $\leq 5mm$)
5. Essai à la membrane flexible (gonflement-
d'une membrane : ϕ grains $> 80mm$)

Le compactage en surface:

S'effectue sur des couches de sol de faible épaisseur

Les facteurs agissant sur le compactage en surface:

1. La teneur en eau durant le compactage.
2. le nombre de passes.
3. L'épaisseur de la couche
3. Le poids du compacteur
4. la vitesse du compacteur.

I_c	Conditions de compactage
$< 0,5$	Impossible, sols boueux.
$0,5 - 0,8$	Très difficile.
$0,8 - 1,0$	Peu difficile.
$1,0 - 1,1$	efficace.
$1,1 - 1,3$	Ideal.
$1,1 > 1,3$	Difficile, sol trop sec.

Détail des facteurs :

1. Teneur en eau :

Il faut que la teneur en eau du sol se situe le plus près possible de la teneur en eau optimale (w_{opt}). $\pm 2\%$

• $w_{chantier} < w_{opt} \rightarrow$ plus d'énergie
c'est-à-dire, il faut plus d'énergie par rapport
l'énergie équivalente de w_{opt} .

• $w_{chantier} > w_{opt} \rightarrow$ Energie absorbée
c'est-à-dire que l'énergie ne change rien
de l'état du sol

2. le nombre de passes :

En augmentant le nombre de passes, on
accroît l'énergie de compactage.

3. L'épaisseur de la couche :

Il faut limiter l'épaisseur de la couche
 $< 300 \text{ mm}$

$> 600 \text{ mm}$ pour les sables
Derivant la compacité au séchant.

4. le masses des compacteurs:

le compacteur lourd \rightarrow le nombre de passes
diminuer.

Remarques:

les compacteurs lourds peuvent briser les parties
les surtout pour les sols pulvérulents.

En augmentant les particules fines, le sol
devient plus capillaire.

5. la vitesse des compacteurs:

Il faut limiter la vitesse des compacteurs
à environ 5 à 8 km/h, pour que le compactage
en surface puisse agir efficacement sur toute
l'épaisseur.

Le compactage en profondeur:

1 - le compactage dynamique:

2 - le vibroflotation:

C'est une méthode qui fait appel à un vibreur électrique de 30-40 cm de diamètre long de 3-5 m et pesant entre 3 et 6 t.

Contraintes effectives et totales:

Dans ce chapitre, il y a que des techniques de calcul très simple :

- 1 - les contraintes géostatiques :
- 2 - les contraintes après excavation :
- 3 - les contraintes après construction :
- 4 - la distribution des contraintes géostatique .

1 - les contraintes géostatiques :

En générale : $\sigma = \frac{F}{S} \quad [kN/m^3]$

avec :

σ : la contrainte

F : la Force

S : la surface

1-2: Types de contraintes:

1-2-1: Contraintes totales: (σ)

1-2-2: Contraintes effective (σ')

On trouve dans les solutions le terme: pression interstitielle (U)

$U = \gamma_w h$ avec: γ_w : poids spécifique ou bien le poids volumique de l'eau

$$\gamma_w = 10 \text{ kN/m}^3$$

h : la hauteur de la nappe phréatique.

Contrainte ($\sigma = \frac{F}{S}$) (kN/m^3)

Totale (σ')

Effective (σ'')

Verticale

(σ_v)

horizontale

(σ_H)

verticale

(σ_v'')

horizontale

(σ_H'')

$$\sigma_v = \sum \gamma_i z_i$$

$$\sigma_H = \sigma_H' + U$$

$$\sigma_v' = \sigma_v - U$$

$$\sigma_H' = k_0 \sigma_v'$$

U : pression.
interstissielle
(donnée)

$$U = \gamma_w h$$

k_0 : coefficient
de terre
au repos.

Remarque:

h : épaisseur de la couche.

mais si dans l'énoncé de l'exercice on trouve
les cotes (z_i), on doit calculer l'épaisseur de

la couche.

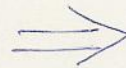
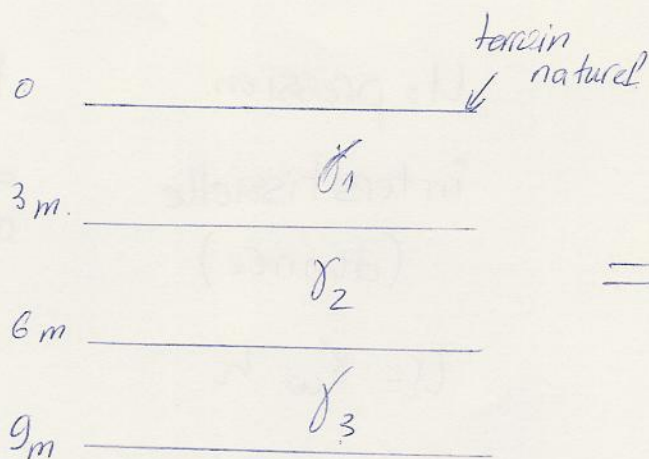
1-2. Les contraintes après excavation:

la règle:

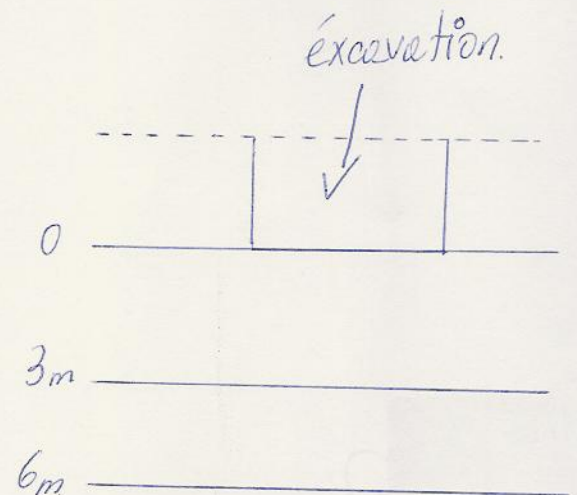
1. On corrige les côtes et en même temps les profondeurs tel que le fond de l'excavation. à comme une profondeur (0m) ainsi de suite.

Schéma:

Avant l'excavation:



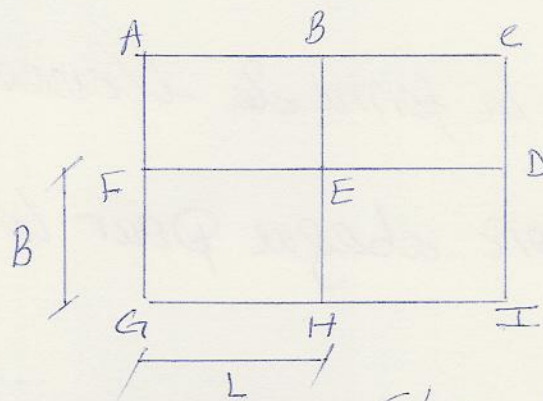
Après Excavation:



2. On détermine le (L) et (B) de la forme de l'excavation., et on remarque si une symétrie est présente.

Dans le cas de présence de symétrie, on prend le (L) et le (B) d'un des l'échantillon

Exemple:



On remarque une symétrie totale (c'est-à-dire que tous les morceaux sont égaux, si on les superpose).

3. On calcule $n = \frac{L}{B}$ et $m = \frac{B}{B}$ avec B se change avec la profondeur.

4. On projette n et m sur les abscisses. tel que les valeurs de n sont l'axe des X et m sur l'axe des Y et les valeurs de m sur les courbes.

5. Après la détermination de I on applique la règle

$$\Delta v = qI_s$$

Remarque:

- Les valeurs de I se changent selon la profondeur.

- On doit connaître la forme de l'excavation, parce que chaque forme a sa propre abaque pour la détermination de I

6. Les contraintes après l'excavation

$$\Delta v_{\text{après excavation}} = v' - \Delta v_{ACIG}$$

$$\Delta v_{ACIG} = 4 \Delta v_{FEHG} \quad (\text{de notre exemple})$$

3. Contraintes après construction:

3.1. On garde les mêmes z_i : des contraintes de l'excavation.

3.2. On suit les mêmes étapes de 2^{ème} cas (Contraintes après l'excavation).

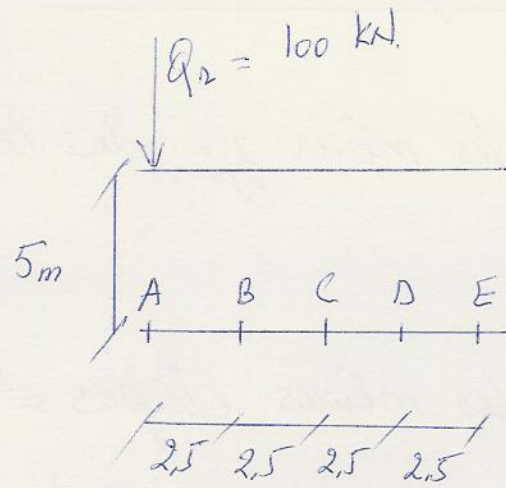
3.3. Le contraintes après construction:

$$\Delta \sigma_{\text{après construction}} = \Delta \sigma_{\text{après excavation}} + \Delta \sigma_{\text{construction}}$$

Donnée

4. La distribution des contraintes géostatiques:

1. On donne à chaque point son rayon par rapport à l'axe de calcul (voir l'exemple).
la charge.



Points	rayon	z	$\frac{r}{z}$	N_i	$\Delta \sigma_v = \frac{qN}{z^2}$
A	0	5	0	0,48	$1,92 \text{ kN/m}^2$
B	2,5	5	0,5	0,27	$1,08 \text{ kN/m}^2$
C	5	5	1	0,08	$0,32 \text{ kN/m}^2$
D	7,5	5	1,5	0,025	$0,1 \text{ kN/m}^2$
E	10	5	2	0,01	$0,04 \text{ kN/m}^2$