

# Mécanique des sols I

---

- **Chapitre I**  
**Propriétés physiques des sols**



- **Chapitre II**  
**Hydraulique des sols**
- **Chapitre III**  
**Déformations des sols**
- **Chapitre IV**  
**Résistance au cisaillement des sols**

# Chapitre I

## **Propriétés physiques des sols**

---

Objectifs de ce chapitre

- Terminologie de base et définitions
- Essais simples d'identification des constituants des sols
- Classification des sols

# Chapitre I

## Propriétés physiques des sols

---

- 1- Définition des sols – éléments constitutifs d'un sol
- 2- Caractéristiques physiques des sols
- 3- Caractéristiques dimensionnelles
- 4- Structure des sols
- 5- Essais d'identification – sols grenus
- 6- Essais d'identification – sols fins
- 7- Autres essais
- 8- Classification des sols

1. Définition des sols	2. Caractéristiques physiques	3. Caractéristiques dimensionnelles	4. Structure des sols
5. Identification sols grenus	6. Identification sols fins	7. Autres essais	8. Classification des sols

# 1- Définition – éléments constitutifs d'un sol

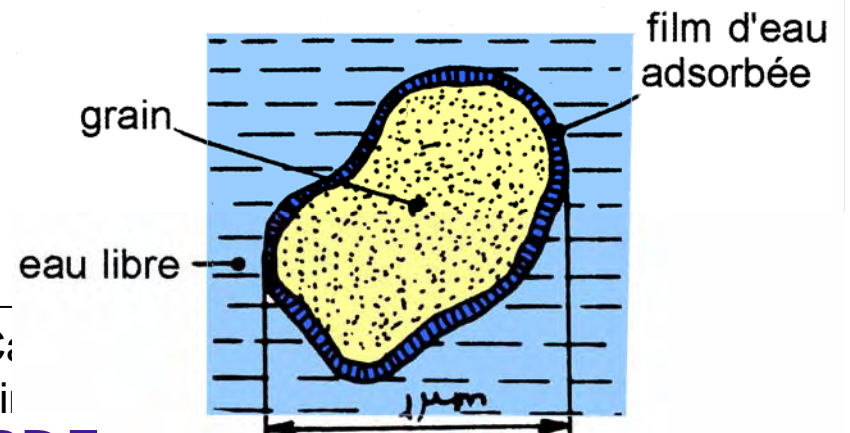
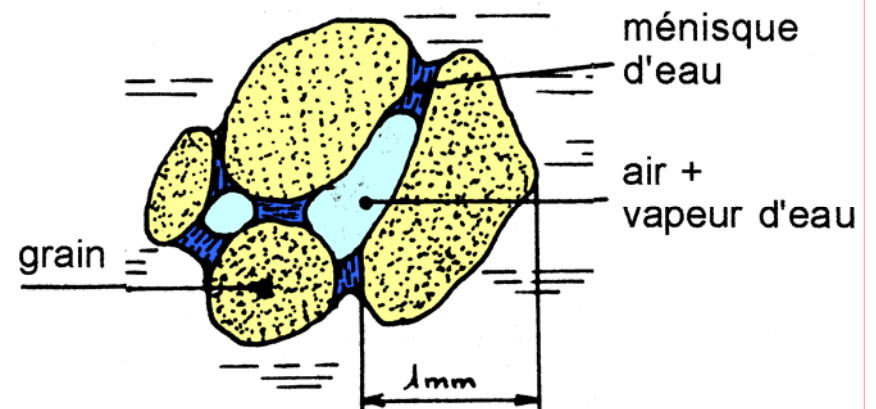
## 1.1 Définition des sols

*Matériaux à la surface de l'écorce terrestre*



## 1.2 Éléments constitutifs d'un sol

squelette solide	<i>effet de la taille</i>
+	
eau	<i>libre, capillaire, adsorbée</i>
+	
gaz	<i>air + vapeur d'eau</i>



1. Définition des sols

2. Caractéristiques physiques

3. C: di

# 2- Caractéristiques physiques des sols

---

## 2.1 Description

## 2.2 Relations entre les paramètres

## 2.3 Détermination des caractéristiques physiques

2.3.1 *Teneur en eau  $w$*

2.3.2 *Poids volumique  $\gamma$*

2.3.3 *Poids volumique des particules solides  $\gamma_s$*

1. Définition  
des sols

2. Caractéristiques  
physiques

3. Caractéristiques  
dimensionnelles

4. Structure des sols

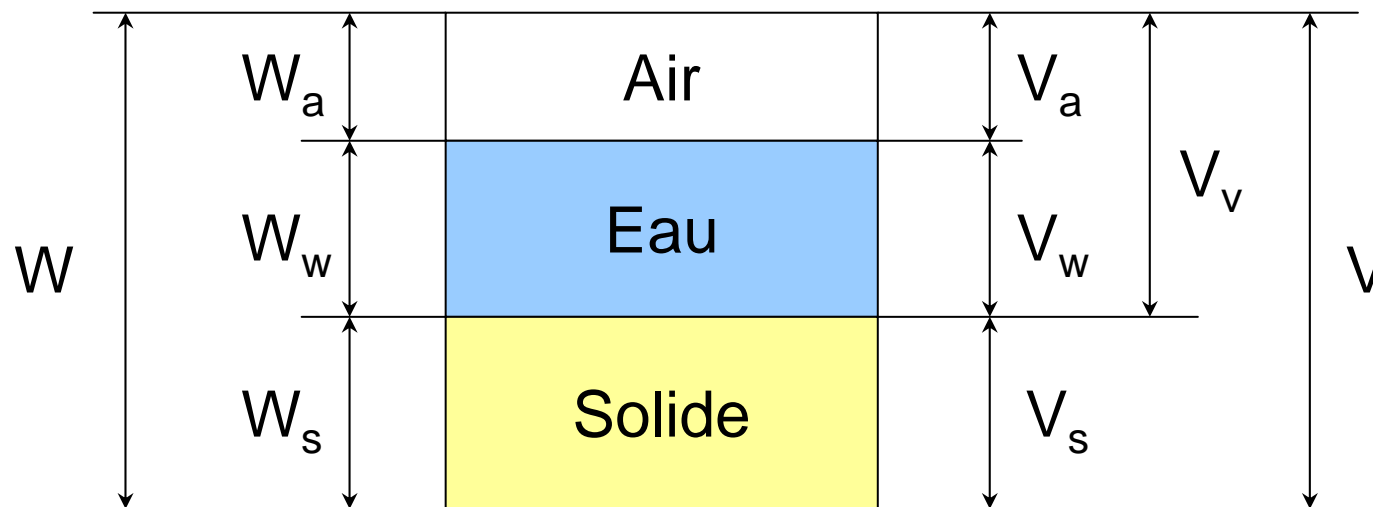
## 2.1 Description

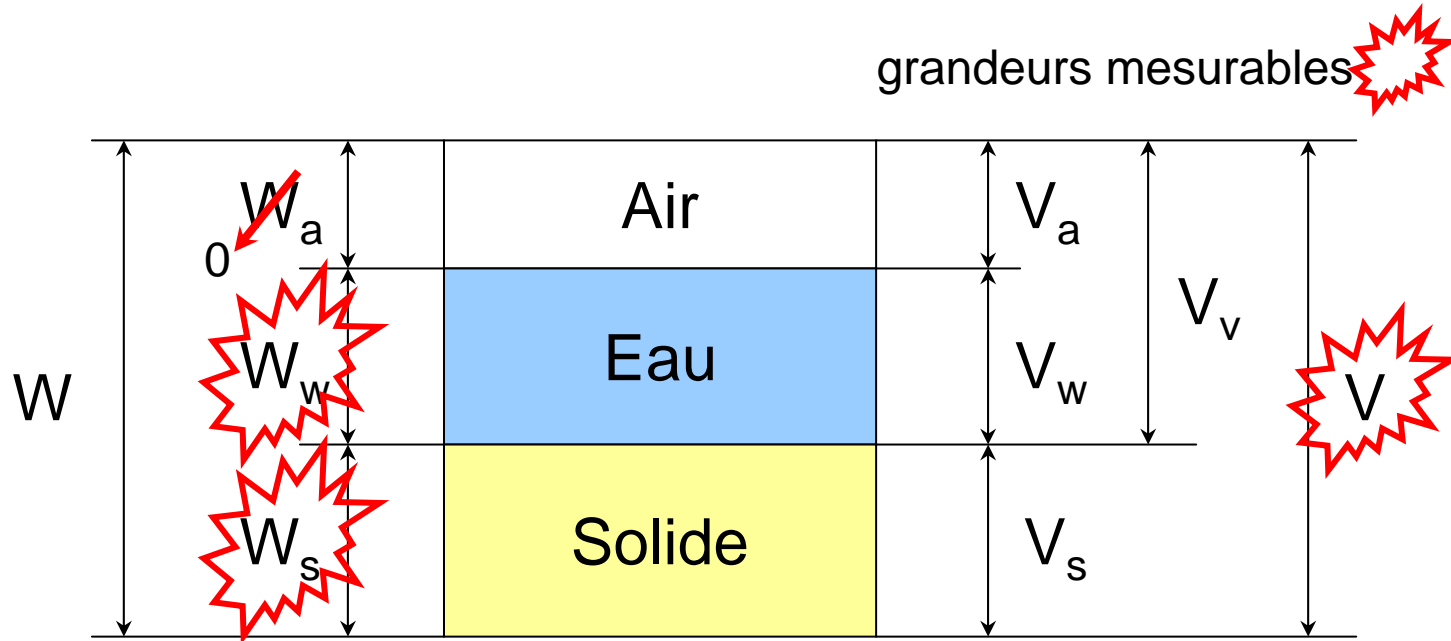
---

Existence de trois phases → *définition de paramètres caractéristiques des sols*

Représentation schématique

- *volume élémentaire de sol*
- *trois phases séparées*
- *volumes et poids de chacune des phases*





$W$  : poids total du sol

$W_s$  : poids des particules solides

$W_w$  : poids de l'eau

$$W = W_s + W_w$$

$V$  : volume total (apparent)

$V_s$  : volume des particules solides

$V_v$  : volume des vides entre les particules

$V_w$  : volume de l'eau

$V_a$  : volume de l'air

$$V_v = V_w + V_a$$

$$V = V_s + V_v = V_s + V_w + V_a$$

Paramètres dimensionnels → poids volumiques

Poids volumique...

- des grains solides  $\gamma_s = \frac{W_s}{V_s}$

- du sol sec  $\gamma_d = \frac{W_s}{V}$

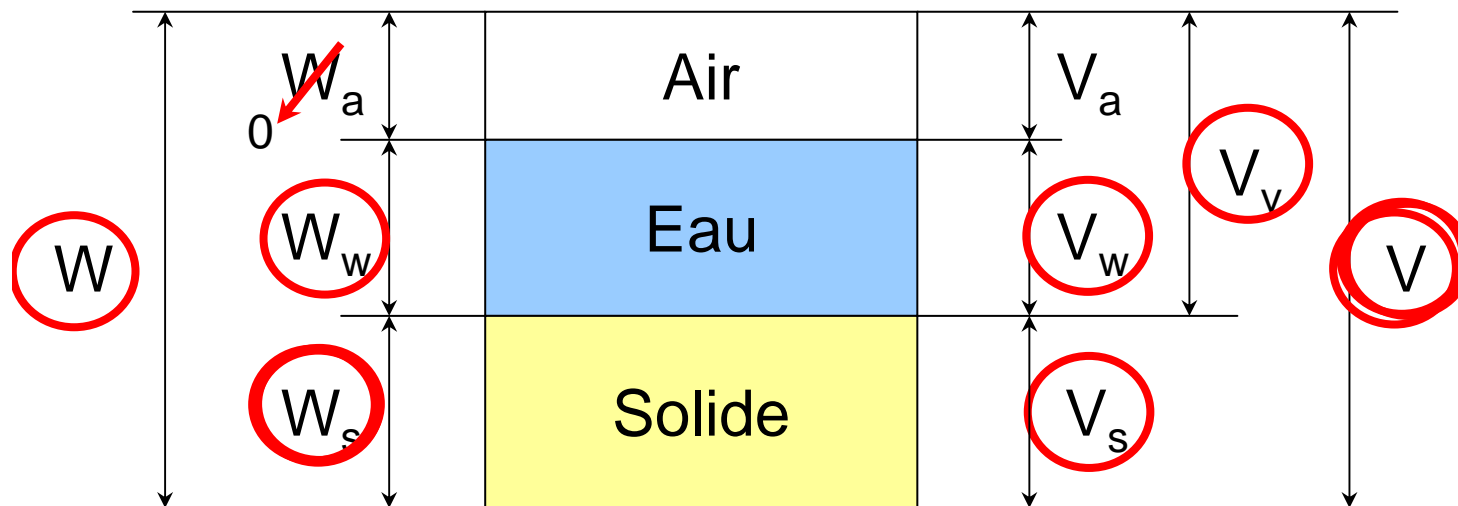
- de l'eau  $\gamma_w = \frac{W_w}{V_w}$

- du sol saturé

$$\gamma_{\text{sat}} = \frac{W_s + \gamma_w \cdot V_v}{V} = \frac{W_{\text{sat}}}{V}$$

- total (du sol)  $\gamma = \frac{W}{V}$

- du sol déjaugé  $\gamma' = \gamma_{\text{sat}} - \gamma_w$



ordre de grandeur	
argile	16 à 22 kN/m <sup>3</sup>
sable	17 à 20 kN/m <sup>3</sup>
cailloux	19 à 22 kN/m <sup>3</sup>



Paramètres sans dimension → *caractérisation de l'état du sol*

*relations volumiques*

- porosité  $n = \frac{V_v}{V}$

- indice des vides  $e = \frac{V_v}{V_s}$

- degré de saturation  $S_r = \frac{V_w}{V_v} \cdot 100$

- teneur en eau

$$w = \frac{W_w}{W_s} \cdot 100$$

*relation pondérale*



ordre de grandeur

sable

0,20 à 0,50

argile

0,002 à 0,075

## 2.2 Relations entre les paramètres

---

Les paramètres physiques définissent l'état d'un sol

- état de compressibilité → *poids volumique*  $\gamma_s \approx \text{constant}$  (26,5 kN/m<sup>3</sup>)
- quantité d'eau → *w ou S<sub>r</sub>*
- quantité de vides → *e ou n*

La caractérisation d'un sol nécessite 3 paramètres indépendants

- utilisation d'un diagramme de phases
- utilisation d'un formulaire → *relations entre caractéristiques physiques*

$$\mathbf{n} = \frac{\mathbf{e}}{1 + \mathbf{e}} \quad \mathbf{e} = \frac{\mathbf{n}}{1 - \mathbf{n}}$$

$$[1] \quad \mathbf{n} = \frac{\mathbf{V}_v}{\mathbf{V}} \quad *$$

$$[2] \quad \mathbf{n} = \frac{\mathbf{e}}{1 + \mathbf{e}}$$

$$[3] \quad \mathbf{n} = 1 - \frac{\gamma_d}{\gamma_s}$$

$$[4] \quad \mathbf{n} = \frac{\gamma_s - \gamma_{sat}}{\gamma_s - \gamma_w}$$

$$[5] \quad \mathbf{e} = \frac{\mathbf{V}_v}{\mathbf{V}_s} \quad *$$

$$[6] \quad \mathbf{e} = \frac{\mathbf{n}}{1 - \mathbf{n}}$$

$$[7] \quad \mathbf{e} = \frac{\gamma_s}{\gamma_d} - 1$$

$$[8] \quad \mathbf{e} = \frac{\gamma_s - \gamma_{sat}}{\gamma_{sat} - \gamma_w}$$

$$[9] \quad \mathbf{w} = \frac{\mathbf{W}_w}{\mathbf{W}_s} \quad *$$

$$[10] \quad \mathbf{w} = \mathbf{e} \cdot \mathbf{S}_r \cdot \frac{\gamma_w}{\gamma_s}$$

$$[11] \quad \mathbf{w} = \frac{\gamma}{\gamma_d} - 1$$

$$[12] \quad \mathbf{w} = \mathbf{S}_r \cdot \gamma_w \cdot \left( \frac{1}{\gamma_d} - \frac{1}{\gamma_s} \right)$$

$$[13] \quad \mathbf{S}_r = \frac{\mathbf{V}_w}{\mathbf{V}_v} \quad *$$

$$[14] \quad \mathbf{S}_r = \frac{\gamma_s}{\gamma_w} \cdot \frac{\mathbf{w}}{\mathbf{e}}$$

$$[15] \quad \mathbf{S}_r = \frac{\mathbf{w}}{\mathbf{w}_{sat}} \quad (\gamma_d \text{ constant})$$

$$[16] \quad \gamma = (1 + \mathbf{w}) \cdot \gamma_d$$

$$[17] \quad \gamma = \gamma_d + \mathbf{n} \cdot \mathbf{S}_r \cdot \gamma_w$$

$$[18] \quad \gamma = (1 - \mathbf{n}) \cdot \gamma_s + \mathbf{n} \cdot \mathbf{S}_r \cdot \gamma_w$$

$$[19] \quad \gamma = \frac{1 + \mathbf{w}}{1 + \mathbf{e}} \cdot \gamma_s$$

$$[20] \quad \gamma = \frac{\gamma_s + \mathbf{e} \cdot \mathbf{S}_r \cdot \gamma_w}{1 + \mathbf{e}}$$

$$[21] \quad \gamma_d = \frac{\gamma_s}{1 + \mathbf{e}}$$

$$[22] \quad \gamma_d = (1 - \mathbf{n}) \cdot \gamma_s$$

$$[23] \quad \gamma' = \gamma_{sat} - \gamma_w \quad *$$

$$[24] \quad \gamma' = \frac{\gamma_s - \gamma_w}{1 + \mathbf{e}}$$

$$[25] \quad \gamma' = (\gamma_s - \gamma_w) \cdot (1 - \mathbf{n})$$

$$[26] \quad \gamma' = \frac{\gamma_s - \gamma_w}{\gamma_s} \cdot \gamma_d$$

## 2.3 Détermination des caractéristiques physiques

---

### Essais d'identification

- connaissance du sol
- paramètres nécessaires à leur classification

↪ 3 paramètres indépendants

- essais en laboratoire
- dispersion des mesures (plusieurs essais)

#### 2.3.1 Teneur en eau $w$

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

2 pesées : avant et après étuve à 105°C

- poids total
- poids solide

#### 2.3.2 Poids volumique $\gamma$

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

→ détermination  
de  $W$  et  $V$

↪ 3 méthodes

- immersion dans l'eau
- trousse coupante
- moule

# Détermination du volume total d'échantillon de sol (V)

- Méthode par immersion dans l'eau

- pesée 1 → poids d'échantillon
- échantillon recouvert d'une couche de paraffine
- pesée 2 → poids de la couche de paraffine (et son volume)
- pesée 3 (hydro) → volume total (échantillon + paraffine)

échantillon non remanié

- Méthode de la trousse coupante

- poinçonnement dans l'échantillon
- volume V de l'échantillon = aire de la section x hauteur

échantillon légèrement remanié

- Méthode du moule

- remplissage d'un moule jusque à ras
- arasage à la règle

échantillon remanié

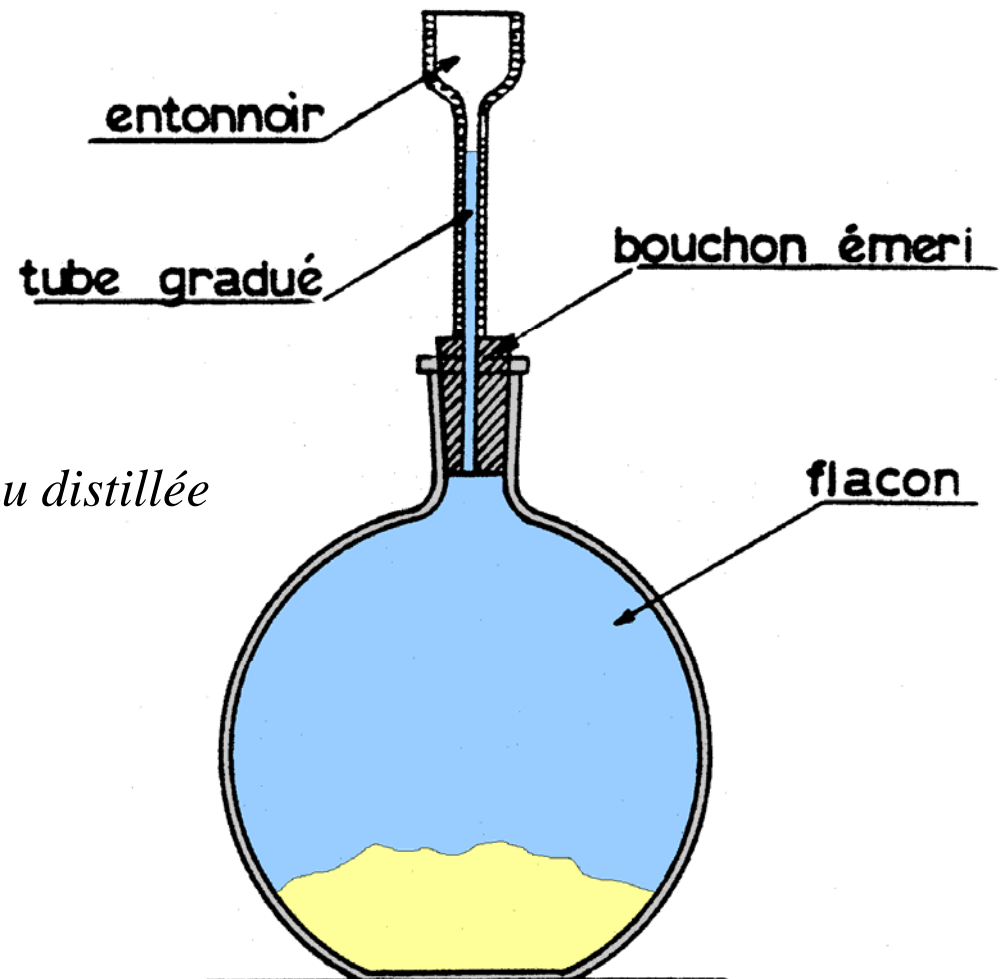
### 2.3.3 Poids volumique des particules solides $\gamma_s$

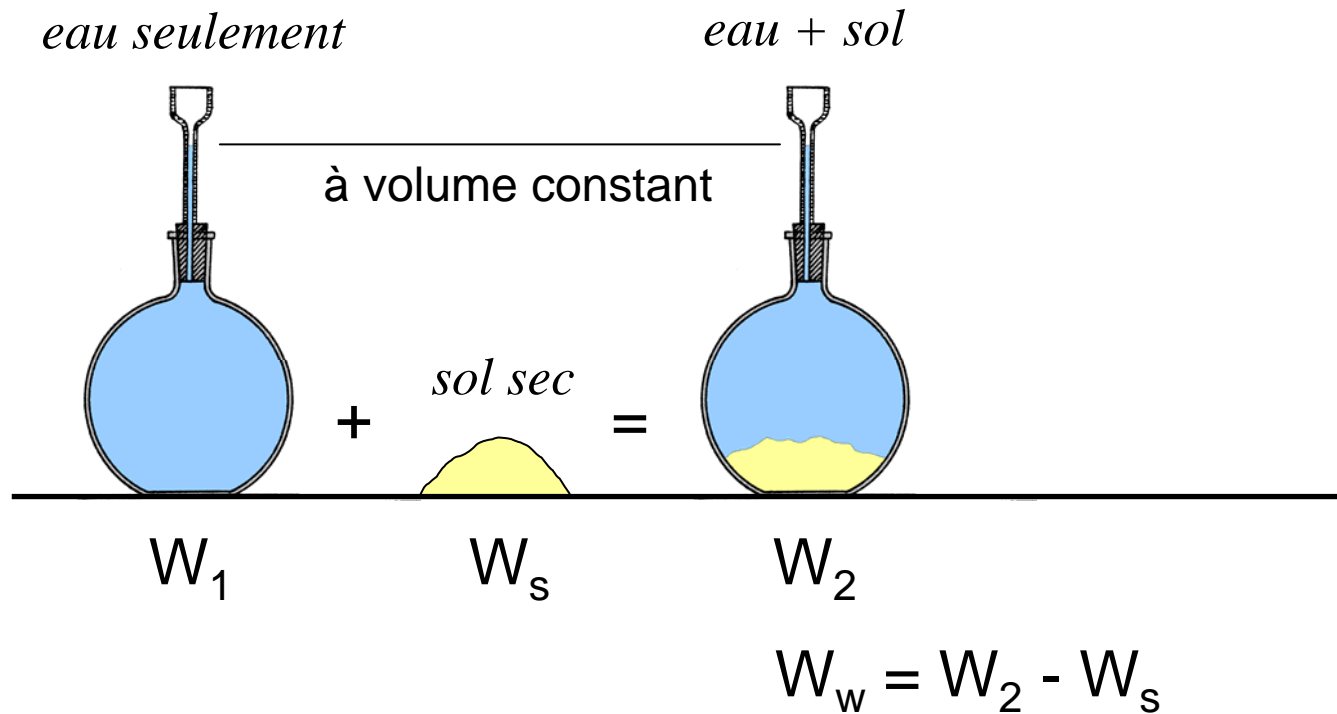
$$\gamma_s = \frac{W_s}{V_s} \rightarrow \text{pesée}$$

(a) pycnomètre  
(b) pesée hydrostatique

#### Pycnomètre

- sol séché puis pesé ( $W_s$ )
- sol dans le récipient contenant de l'eau distillée
- enlever les bulles d'air
- volume d'eau déplacé par le sol





$$\gamma_s = \frac{W_s}{V_s} = \frac{W_s}{V_{\text{tot}} - V_w} = \frac{W_s}{W_1 - (W_2 - W_s)} \cdot \gamma_w$$

$$\frac{W_1}{\gamma_w} \quad \frac{W_w}{\gamma_w}$$

$$\gamma_s = \frac{W_s}{W_1 + W_s - W_2} \cdot \gamma_w$$

# 3- Caractéristiques dimensionnelles

---

## 3.1 Forme

## 3.2 Dimensions

## 3.3 Caractéristiques granulométriques

3.3.1 *Courbe granulométrique*

3.3.2 *Surface spécifique*

1. Définition  
des sols

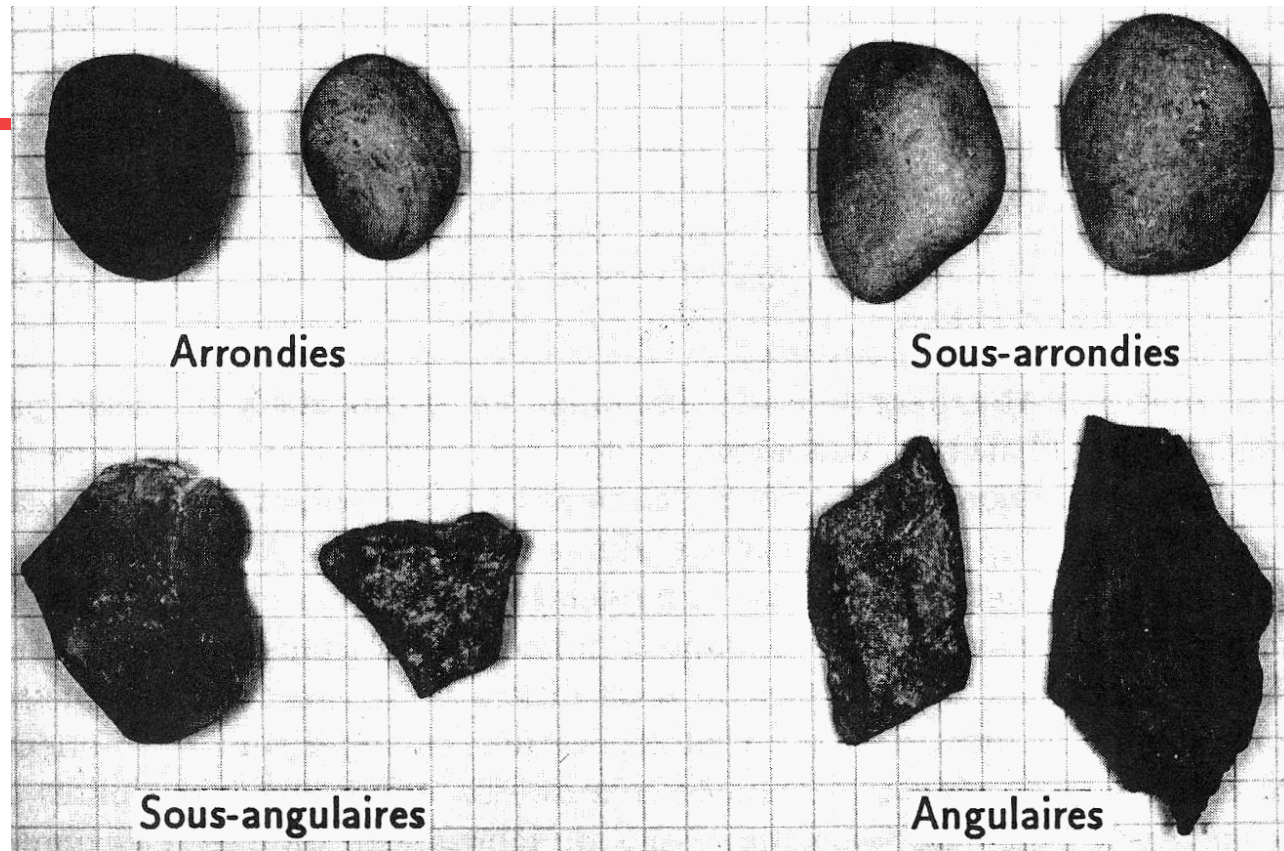
2. Caractéristiques  
physiques

3. Caractéristiques  
dimensionnelles

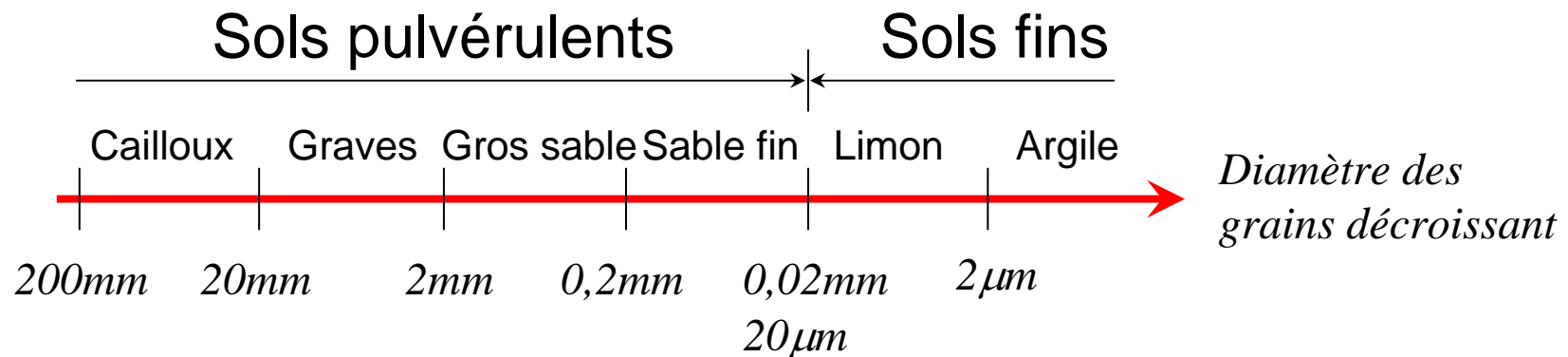
4. Structure des sols



## 3.1 Forme



## 3.2 Dimensions



## 3.3 Caractéristiques granulométriques

### 3.3.1 Courbe granulométrique

- Les grains d'un sol ont des dimensions variables → *quelques  $\mu\text{m}$  à quelques dizaines de cm*
- Granulométrie → *distribution massique des grains suivant leur dimension*

↳ technique d'obtention différente selon le type de sol

- Sol pulvérulent : tamisage

- *jusqu'à 40 ou 80  $\mu\text{m}$*
- *utilisation de passoires et de tamis*

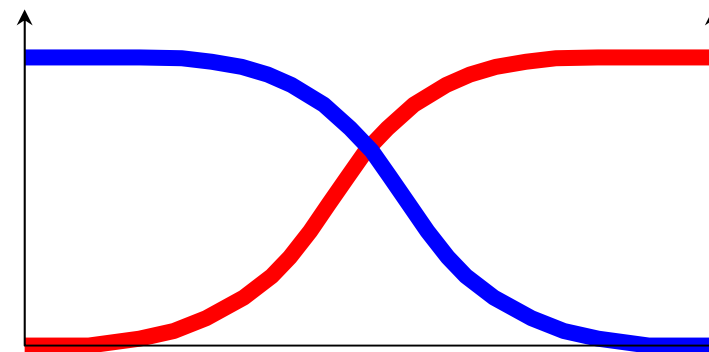
trous circulaires ←  
mailles carrées ←

- *à sec pour les gros grains*
- *sous eau pour les matériaux cohérents*

- Sol fins : sédimentométrie  
ou granulométrie laser

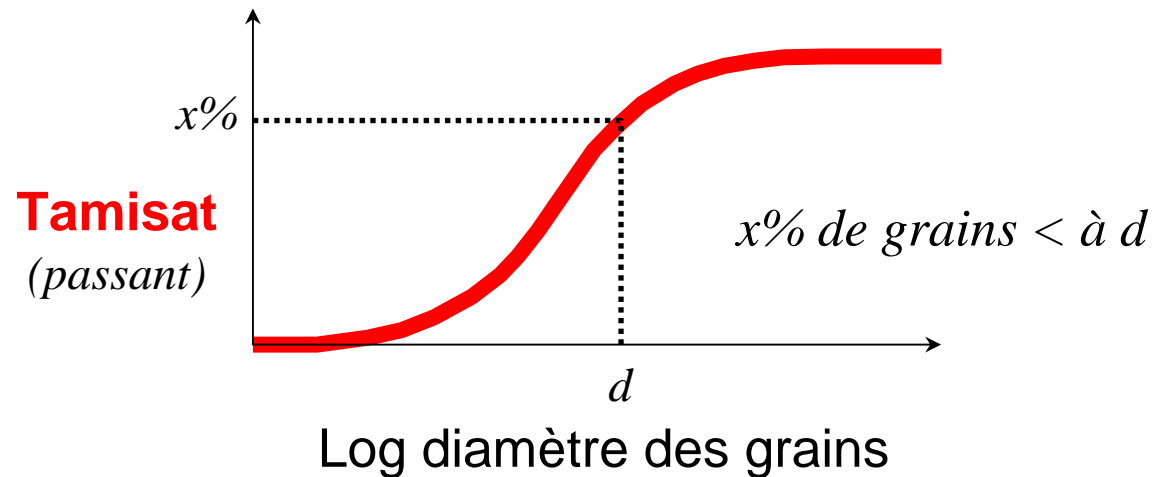
**Tamisat**  
(*passant*)

**Refus**



Log diamètre des grains

- Courbe granulométrique → représentation graphique donnant :
  - la masse de tamisat cumulé (en %) échelle arithmétique
  - le diamètre des particules échelle logarithmique



- Caractérisation de la granulométrie d'un sol → utilisation de coefficients

coefficient d'uniformité

$$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}}$$

$C_u > 2 \rightarrow$  granulométrie étalée

$C_u < 2 \rightarrow$  granulométrie uniforme ou serrée

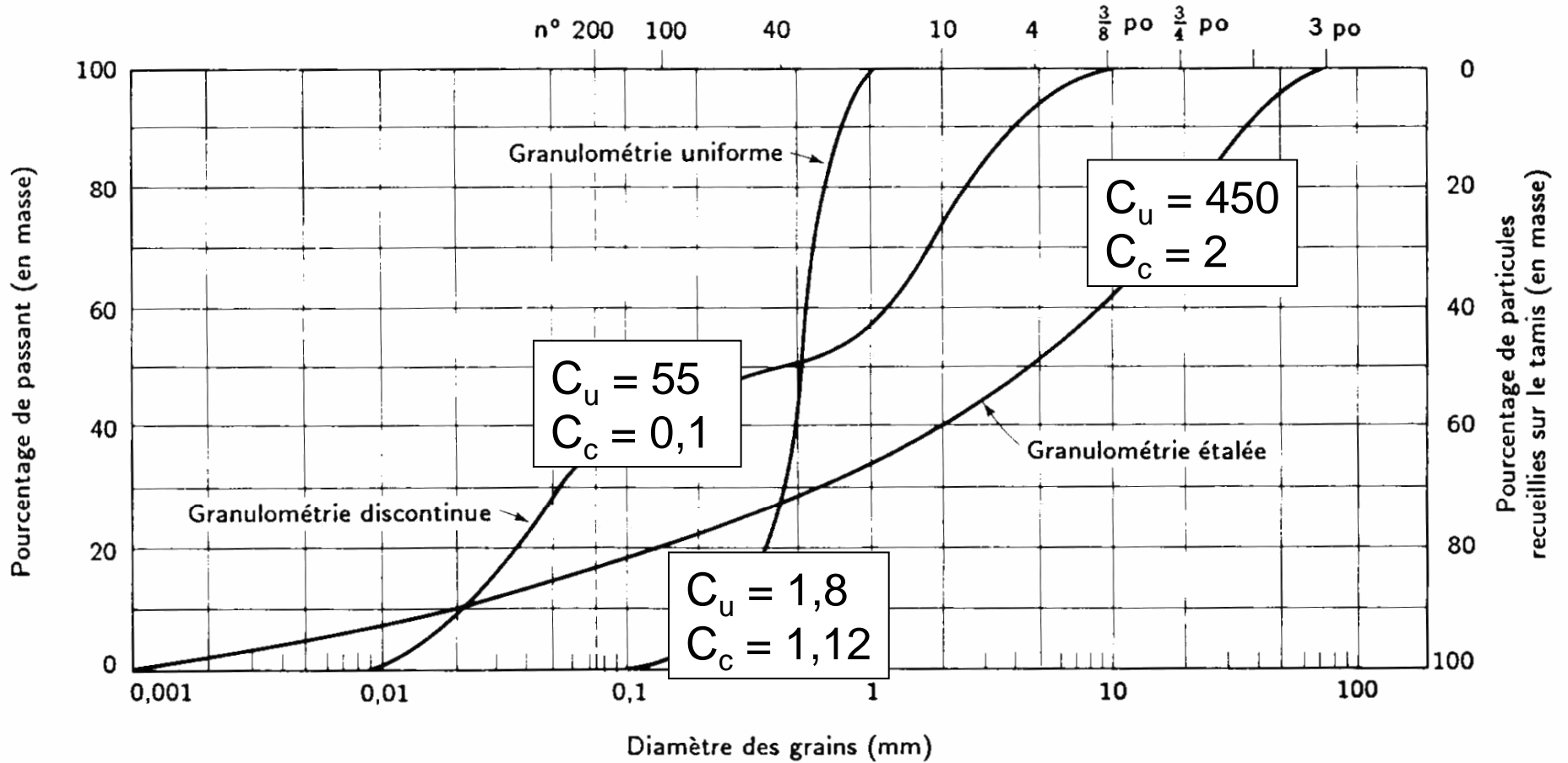
coefficient de courbure

$$C_c = \frac{D_{30}^2}{D_{60} \cdot D_{10}}$$

sols bien gradués

→ matériaux plus denses

Analyse granulométrique  
(tamis standard)



### 3.3.2 Surface spécifique

- Surface des grains par unité de masse  
→ de  $0,3 \text{ m}^2/\text{g}$  à plusieurs centaines de  $\text{m}^2/\text{g}$
- Méthodes de mesure → *Appareil Blaine ou BET*

#### Blaine

- Mesure de perméabilité à l'air
- Temps de passage d'une quantité d'air donnée au travers d'un lit de poudre



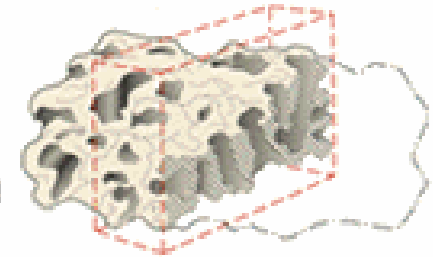
- BET**
- adsorption physique de gaz à basse température
  - travaux de Brunauer, Emmett et Teller datant de 1938

calcul de la surface spécifique basé sur le traitement analytique de l'isotherme d'adsorption déterminé expérimentalement

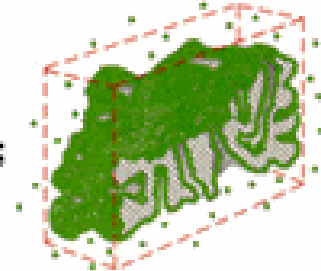
- *quantité de gaz adsorbé en une monocouche complète,*
- *calcul de l'aire de cette couche*
- *calcul de la surface spécifique du matériau*



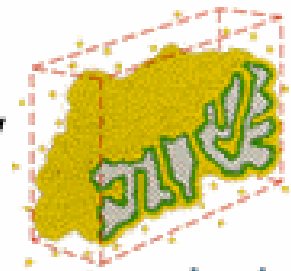
1) A section of one greatly enlarged particle of a solid



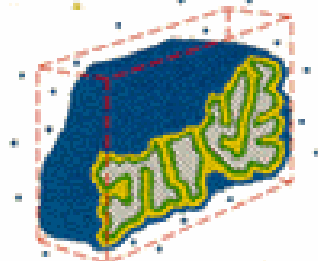
2) The monolayer of adsorbed molecules; approximately 30% saturation.



3) The multilayer/capillary condensation stage; approximately 70% saturation.



3) Total pore volume filling; approximately 100% saturation.



# 4- Structure des sols

---

4.1 Structure des sols pulvérulents (grenus)

4.2 Structure des argiles

4.3 Sols organiques

1. Définition  
des sols

2. Caractéristiques  
physiques

3. Caractéristiques  
dimensionnelles

4. Structure des sols

# 4.1 Structure des sols pulvérulents (grenus)

# 4.2 Structure des argiles

# 4.3 Sols organiques

---

Sol grenu

$d > 20\mu m$

forces de pesanteur

*Sables*

Sol fin ou cohérent

$d < 20\mu m$

effet de surface  
forces entre les particules

*Argiles*

Sol organique

↓  
mauvaises propriétés  
géotechniques

comportement des sables  
→ dépend de l'état de compacité  
propriétés géotechniques très différentes  
comportement des argiles  
→ dépend de la quantité d'eau



# 5- Essais d'identification – sols grenus

---

comportement des sols grenus

- dépend du squelette solide, peu importe l'état d'humidité
- importance de la dimension des grains et de leur état de compacité

5.1 Essai d'équivalent de sable

5.2 Indice de densité

5. Identification  
sols grenus

6. Identification  
sols fins

7. Autres essais

8. Classification  
des sols

# 5.1 Essai d'équivalent de sable

Évaluer la proportion relative d'éléments fins dans un sol

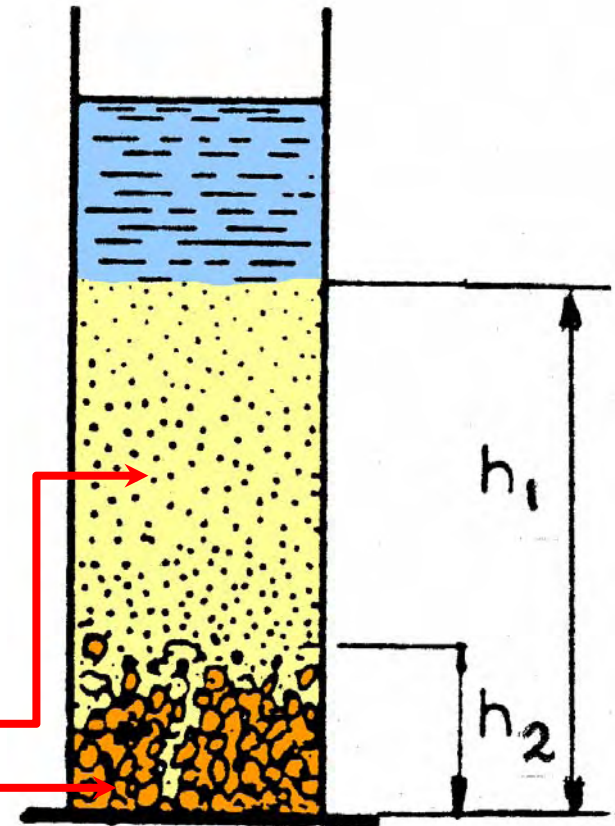
- essai simple et rapide
- appareillage élémentaire
- géotechnique routière

## Principe

- fraction < 5mm
- lavage énergique avec solution lavante
- repos de l'ensemble

## Résultat

- floculat gonflé par la solution (particules fines)
- dépôt solide (sable) au fond de l'éprouvette



$$E.S. = \frac{h_2}{h_1} \cdot 100$$

Nature	Equivalent de sable
Argile pure	E. S. = 0
Sol plastique	E. S. = 20
Sol non plastique	E. S. = 40
Sable pur et propre	E. S. = 100

## 5.2 Indice de densité

---

État de densité dans lequel se trouve un sol pulvérulent

↘ *effet important sur le comportement mécanique*

$$I_D = \frac{e_{\max} - e}{e_{\max} - e_{\min}}$$

$e_{\max}$  et  $e_{\min}$   
*indices des vides max et min sur le matériau*

Sol lâche     $e \approx e_{\max}$     →     $I_D \approx 0$

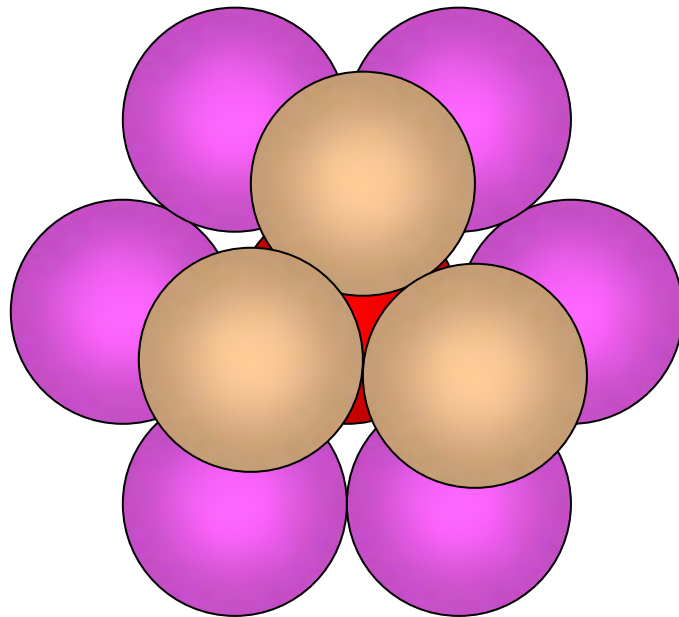
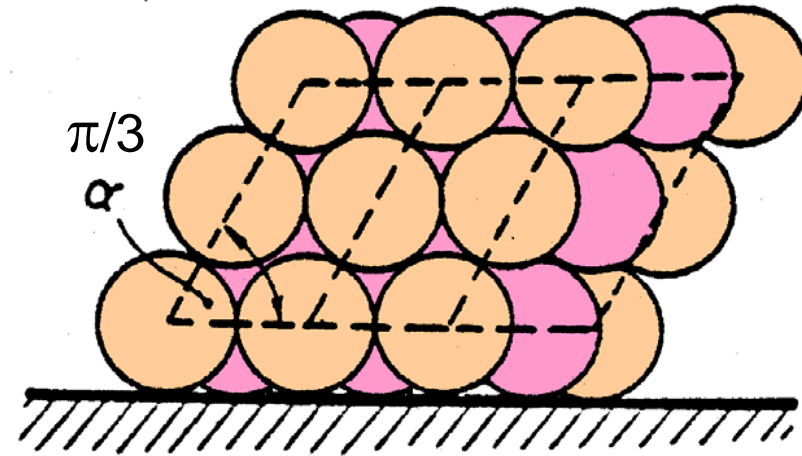
Sol serré     $e \approx e_{\min}$     →     $I_D \approx 1$

$e_{\min}$  et  $e_{\max}$  dans le cas de matériaux théoriques

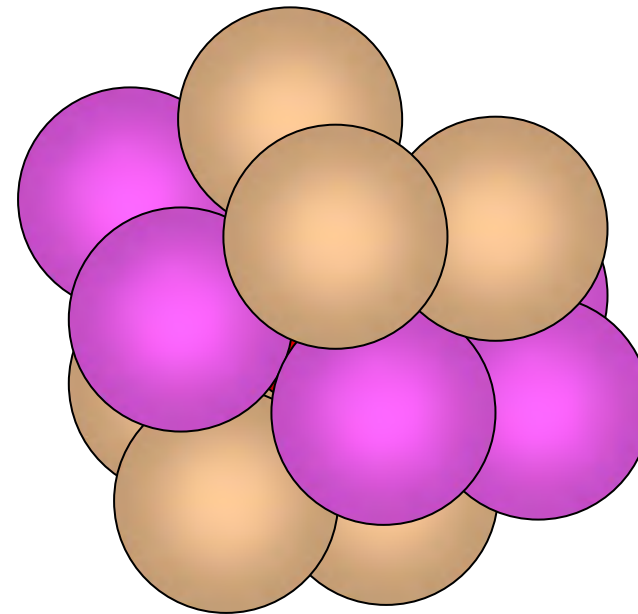
État le plus compact

$$e_{\min} = 0,35$$

$$\text{porosité } n = 25,9\%$$

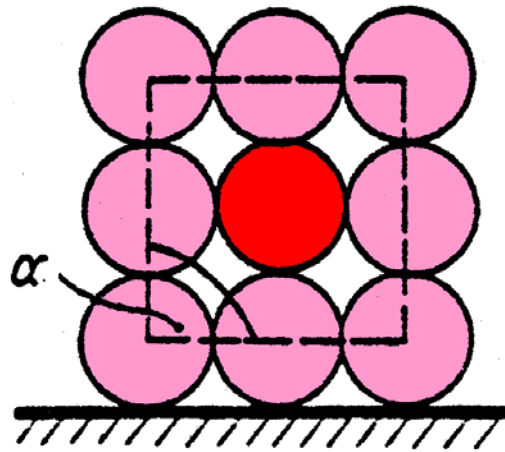


Vue en plan



Vue en 3d

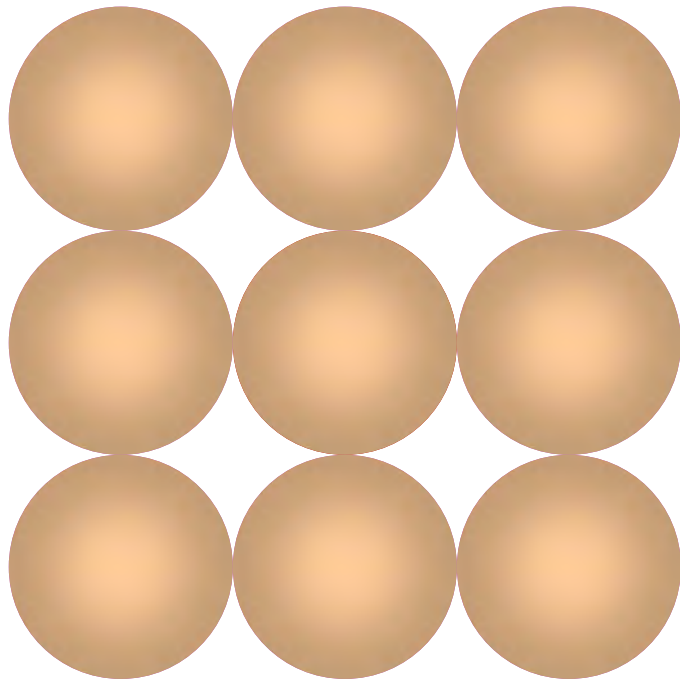
$e_{\min}$  et  $e_{\max}$  dans le cas de matériaux théoriques



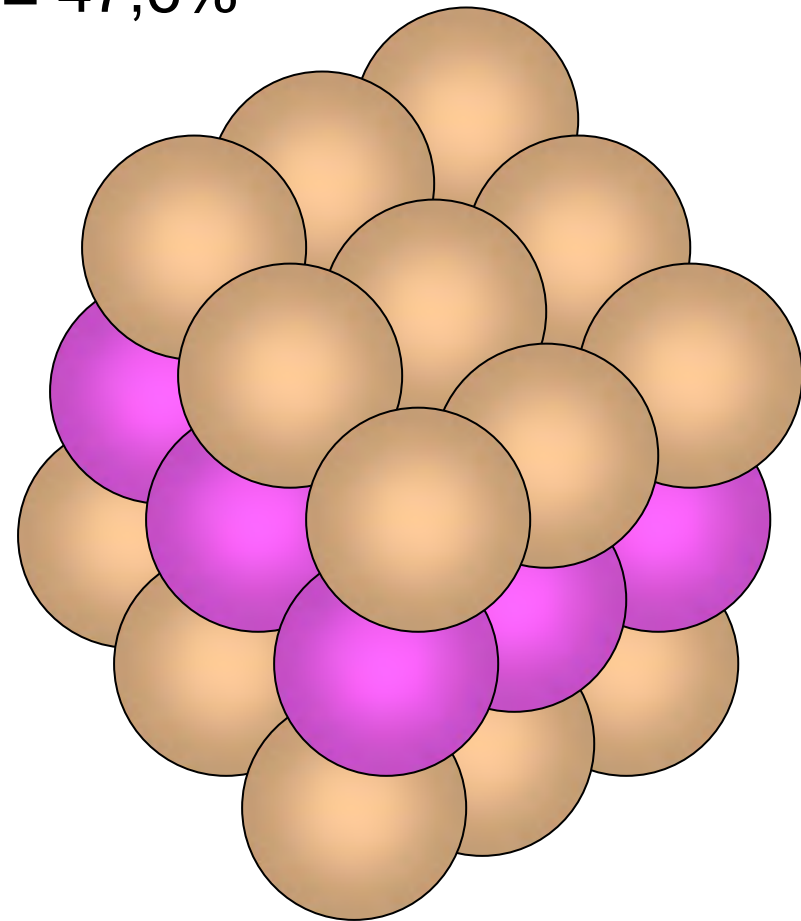
État le moins compact

$$e_{\max} = 0,92$$

$$\text{porosité } n = 47,6\%$$



Vue en plan



Vue en 3d

# 6- Essais d'identification – sols fins

---

comportement des sols fins

- taille des grains → forces de cohésion
- présence d'eau → changement de consistance

## 6.1 Limites d'Atterberg

6.1.1 *Limite de liquidité  $w_L$*

6.1.2 *Limite de plasticité  $w_p$*

6.1.3 *Indice de plasticité  $I_p$*

6.1.4 *Indice de consistance  $I_c$*

6.1.5 *Ordre de grandeur*

## 6.2 Activité

## 6.3 Valeur de bleu de méthylène

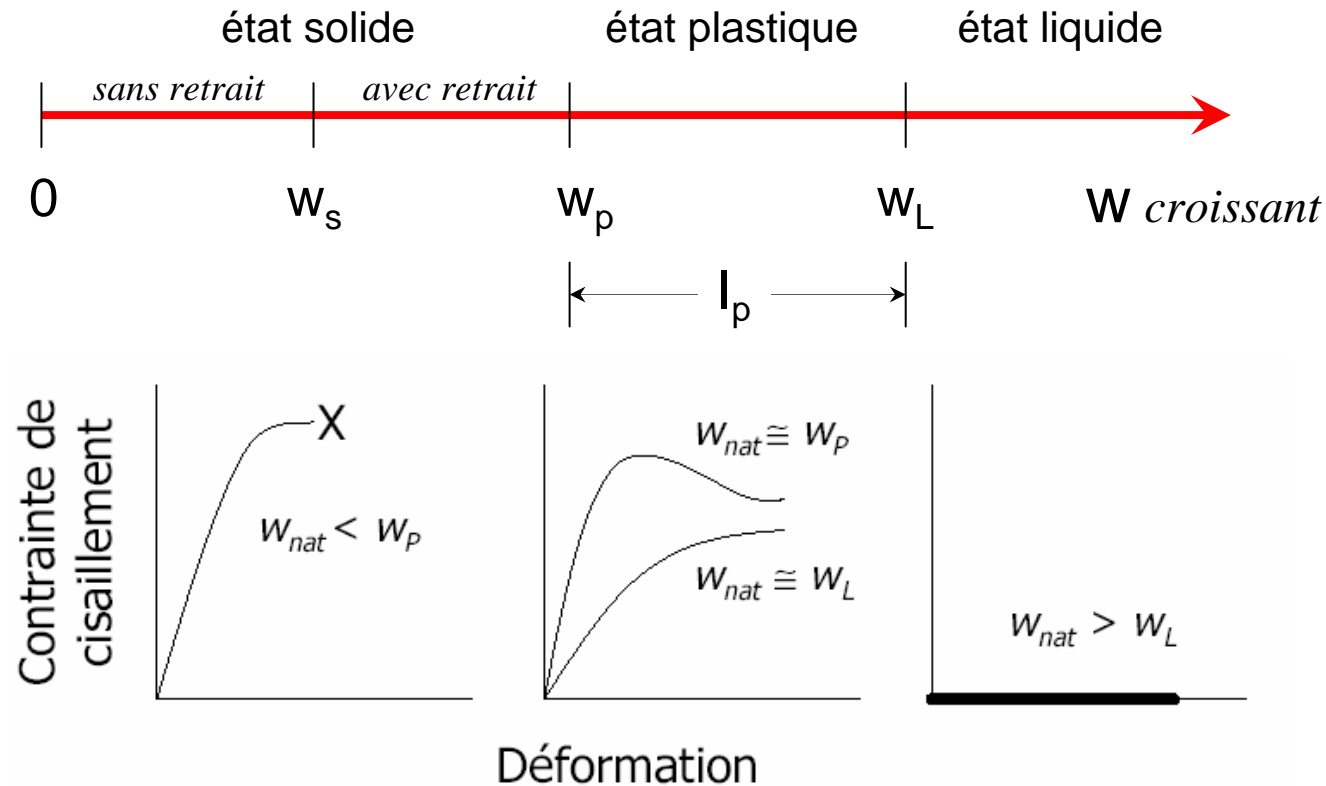
5. Identification  
sols grenus

6. Identification  
sols fins

7. Autres essais

8. Classification  
des sols

# Comportement des sols fins avec la variation de $w$



état liquide

- pas de capacité portante

état plastique

- fortes déformations

- déformations plastiques

état solide (avec retrait)

- déformations élastiques

état solide (sans retrait)

- pas de changement de

volume avec la baisse de  $w$

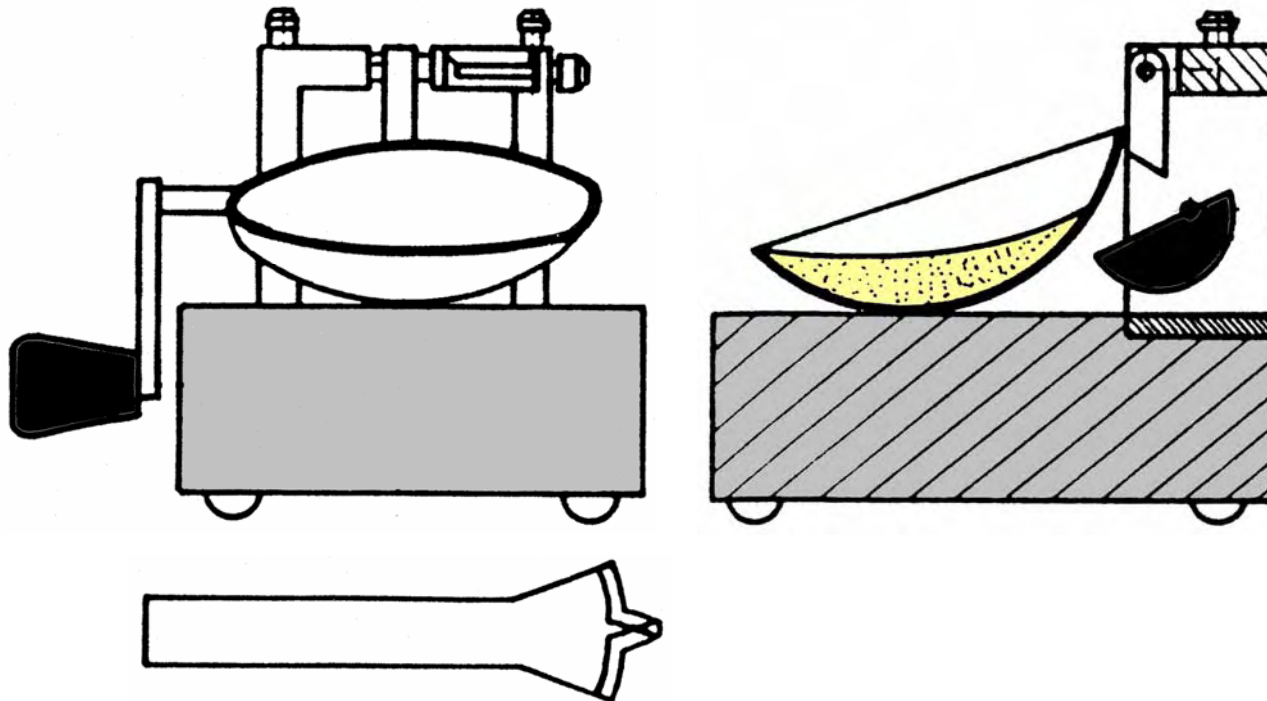


# 6.1 Limites d'Atterberg

## 6.1.1 Limite de liquidité $w_L$

Méthode de Casagrande

Teneur en eau pour laquelle une entaille est refermée sur 10mm après 25 chocs



Méthode du cône de pénétration

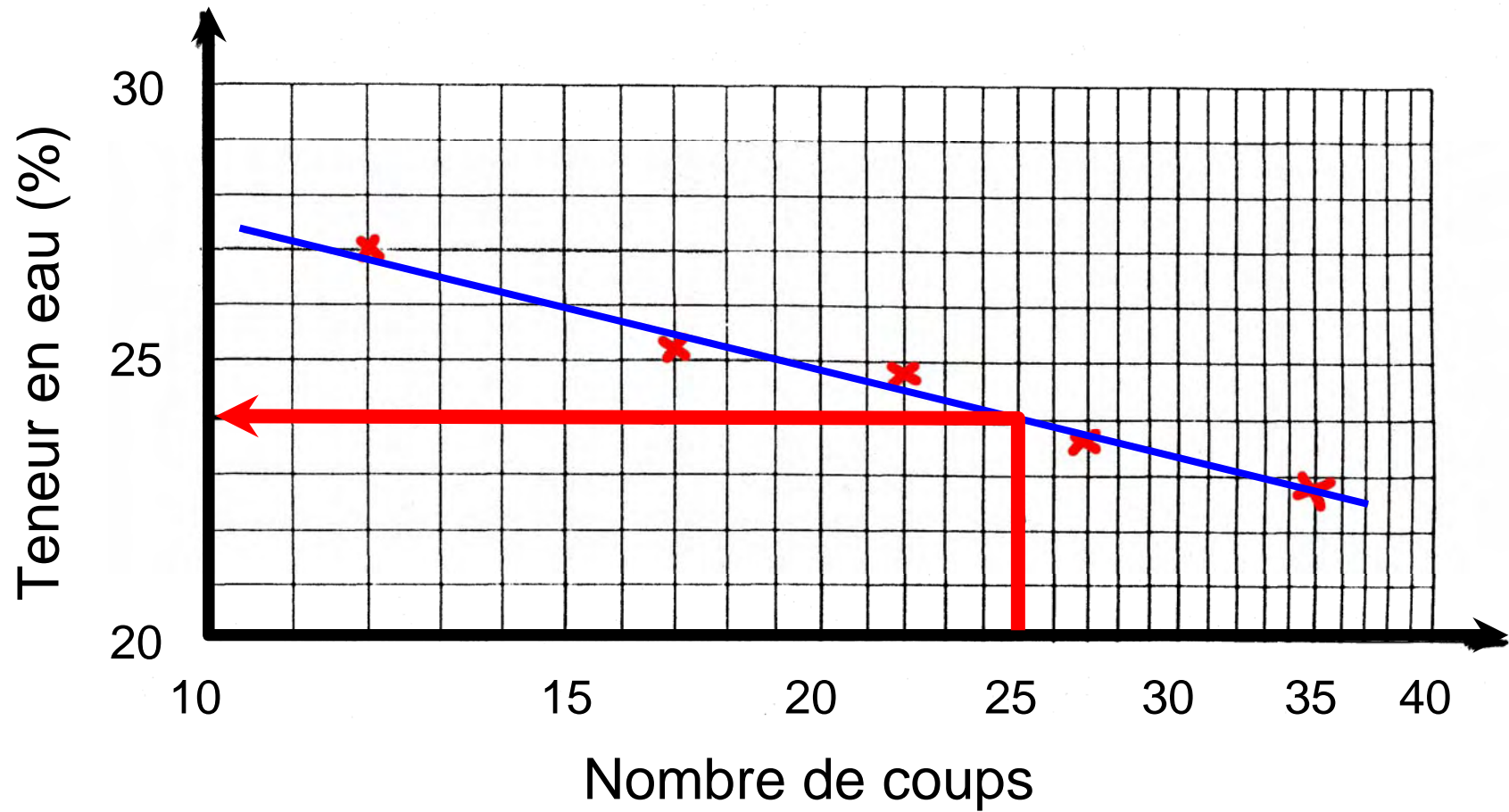
[www.GenieCivilPDF.com](http://www.GenieCivilPDF.com)





Vidéo

En pratique



$$w_L = w \left( \frac{N}{25} \right)^{0,121}$$

### 6.1.2 Limite de plasticité $w_p$

Teneur en eau correspondant à une limite arbitraire entre les états plastique et semi-solide de la consistance d'un sol.

→ cylindre de 3mm de diamètre se brisant en tronçons de 10 à 20mm



Vidéo

### 6.1.3 Indice de plasticité $I_p$

$$I_p = W_L - W_p \quad \text{étendue du domaine de plasticité}$$

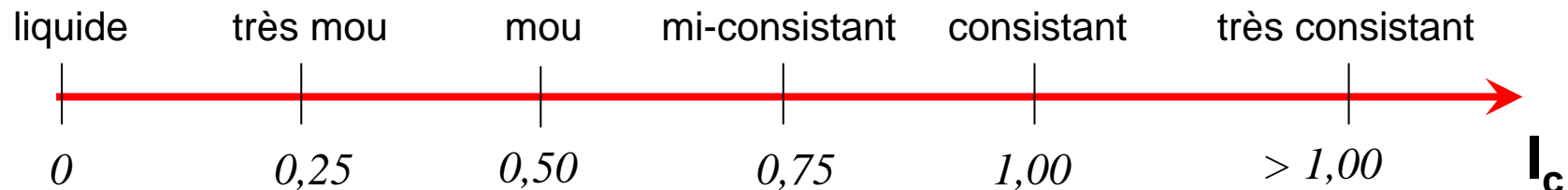
- *domaine de travail du sol*
- *le plus grand possible*

Habituellement

↪  $w_p < \text{teneur en eau des sols en place} < w_L$

### 6.1.4 Indice de consistance $I_c$

$$I_c = \frac{W_L - W_{\text{nat}}}{I_p} \quad \text{sol en place par rapport à l'état liquide}$$



### 6.1.5 Ordre de grandeur

Nature	w <sub>L</sub> (%)	w <sub>P</sub> (%)	I <sub>P</sub> (%)
Limon	24	17	7
Argile limoneuse peu plastique	40	24	16
Argiles plastiques	114	29	85
Argile de Mexico	500	125	375
Bentonite	710	54	656

## 6.2 Activité

---

$$A_c = \frac{I_p}{\text{teneur en argile}}$$

↪  $\frac{\text{poids} < 2 \mu\text{m}}{\text{poids total sec} (< 0,4 \text{ mm})}$

Nature	Activité	
Kaolinite	0,38	(inactive)
Illite	0,9	(normale)
Montmorillonite	7,2	(active)

## 6.3 Valeur de bleu de méthylène

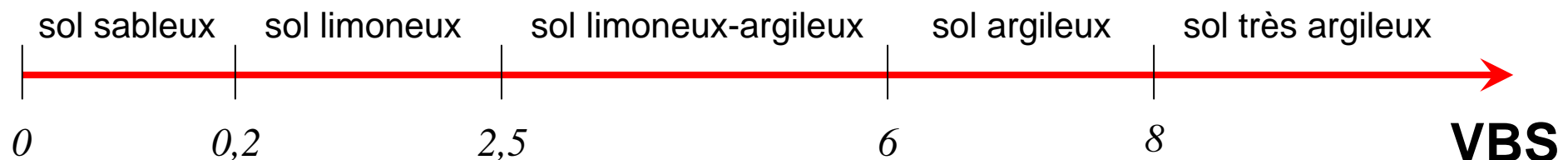
---

### Argilosité d'un sol

Quantité de bleu de méthylène pouvant s'adsorber sur les particules argileuses

↪ *importance de la surface spécifique*

- Tant que le bleu de méthylène est absorbé, il ne colore pas l'eau.
- On le vérifie en déposant une goutte sur un papier buvard: le centre de la tache est bleu vif (argile ayant absorbé le bleu) et l'auréole de la tache reste incolore.
- A partir d'une certaine dose de bleu, l'auréole se colore aussi : c'est le signe que toute l'argile a épuisé sa capacité d'absorption.
- La quantité de bleu consommée est donc une indication de la quantité d'argile.
- La valeur de bleu (VBS) s'exprime par la quantité de bleu en grammes consommée par 100 grammes de fines.



# 7- Autres essais

## 7.1 Analyse minéralogique

Diffraction des rayons X

↪ *composition minéralogique*



## 7.2 Teneur en matière organique

↪ *rétenion d'eau, compressibilité*

## 7.3 Teneur en carbonate de calcium

Teneur en CaCO <sub>3</sub> (%)	Désignation géotechnique
0 - 10	Argile } Argile marneuse } Sols Marne }
10 - 30	
30 - 70	
70 - 90	Calcaire marneux } Calcaire } Roches
90 - 100	

5. Identification  
sols grenus

6. Identification  
sols fins

7. Autres essais

8. Classification  
des sols



# 8- Classification des sols

---

## 8.1 Sols à granulométrie uniforme

## 8.2 Sols à granulométrie non uniforme

8.2.1 *Sols grenus*

8.2.2 *Sols fins*

8.3.3 *Sols organiques*

- Classification : rattachement à un groupe de sols de caractéristiques semblables
- Nombreuses classifications dans différents pays
  - USCS
  - AASHTO
  - LPC
  - GTR (*remblais et couches de forme*)

5. Identification  
sols grenus

6. Identification  
sols fins

7. Autres essais

8. Classification  
des sols

# Exemple de sondage



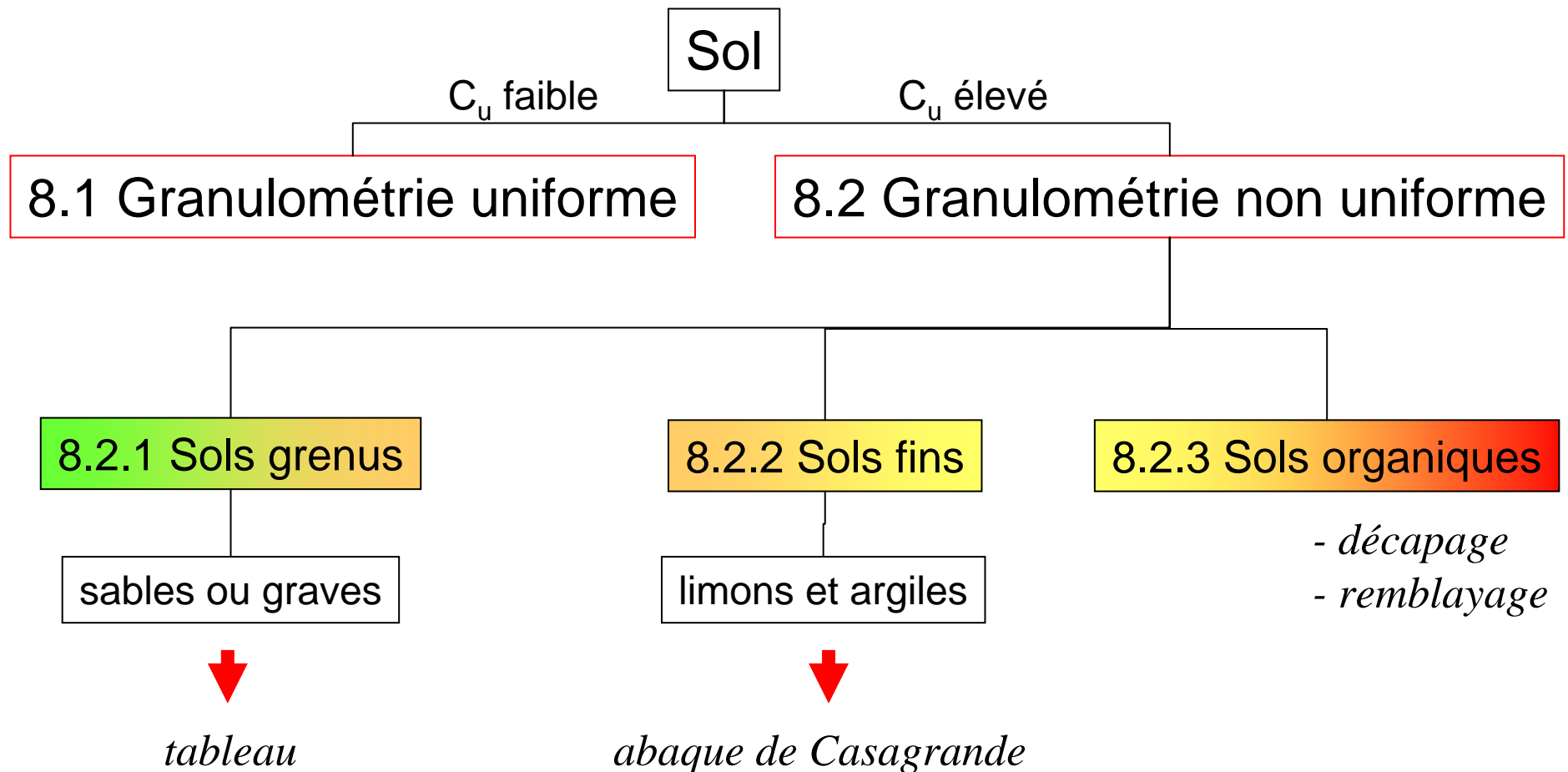
# Classification GTR

CLASSE	Définition	Caractéristique	Sous-classe
<b>A</b>	Sols fins	$D_{\max} \leq 50 \text{ mm}$ et passant à $80 \mu\text{m} > 35 \%$	A1 à A4 selon VBS ou Ip
<b>B</b>	Sols sableux et graveleux avec fines	$D_{\max} \leq 50 \text{ mm}$ et passant à $80 \mu\text{m} \leq 35 \%$	B1 à B6 selon VBS ou Ip et tamisat
<b>C</b>	Sols comportant des fines et des gros éléments	$D_{\max} > 50 \text{ mm}$ et passant à $80 \mu\text{m} > 12 \%$ ou passant à $80 \mu\text{m} \leq 12 \%$ + VBS $> 0,1$	30 sous-classes selon VBS, Ip et tamisat à 50 mm
<b>D</b>	Sols insensibles à l'eau avec fines	VBS $\leq 0,1$ et passant à $80 \mu\text{m} \leq 12\%$	D1 à D3
<b>R</b>	Matériaux rocheux	voir la norme NF P 11-300	
<b>F</b>	Sols organiques et sous-produits industriels	voir la norme NF P 11-300	

$D_{\max}$  = diamètre pour lequel 95 % des grains du sol ont une dimension inférieure (soit  $D_{95}$  si la courbe granulométrique est disponible, sinon appréciation visuelle de la dimension des plus gros éléments).

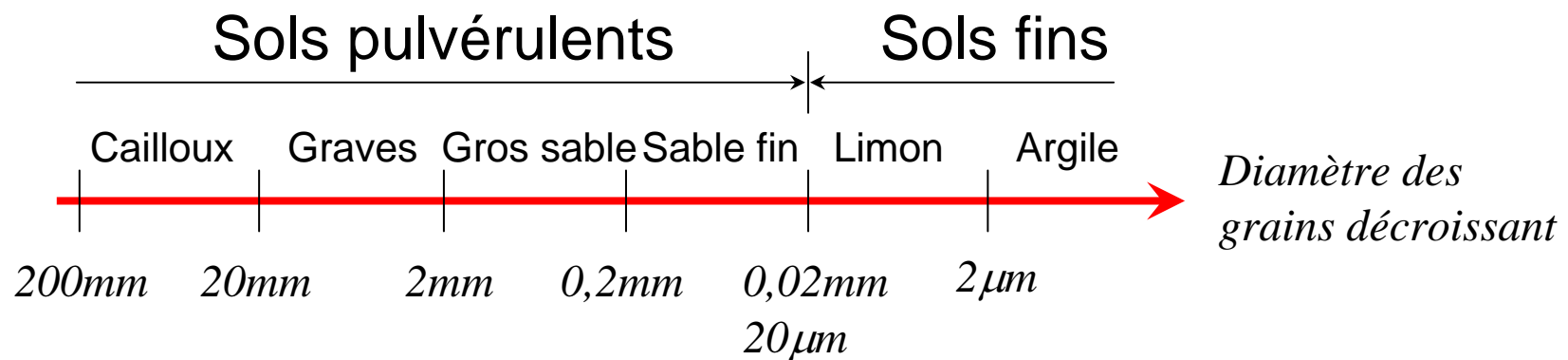
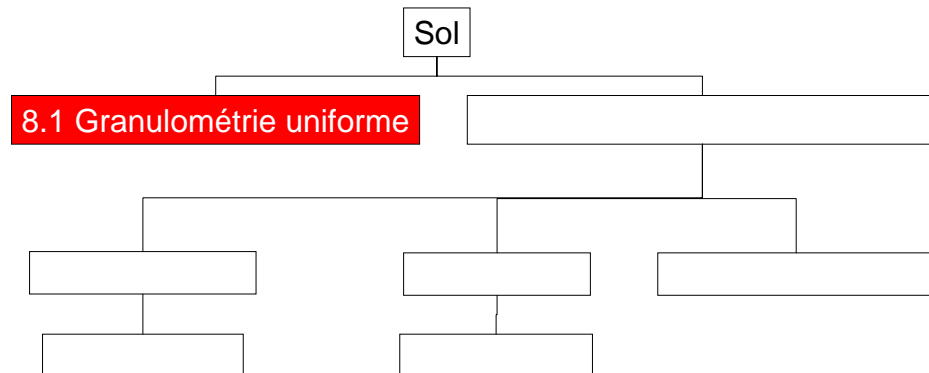
# Classification LPC → à partir des résultats fournis par

- la granulométrie
- les caractéristiques de plasticité de la fraction fine (Atterberg)



# 8.1 Sols à granulométrie uniforme

Classification reposant sur le diamètre moyen des grains



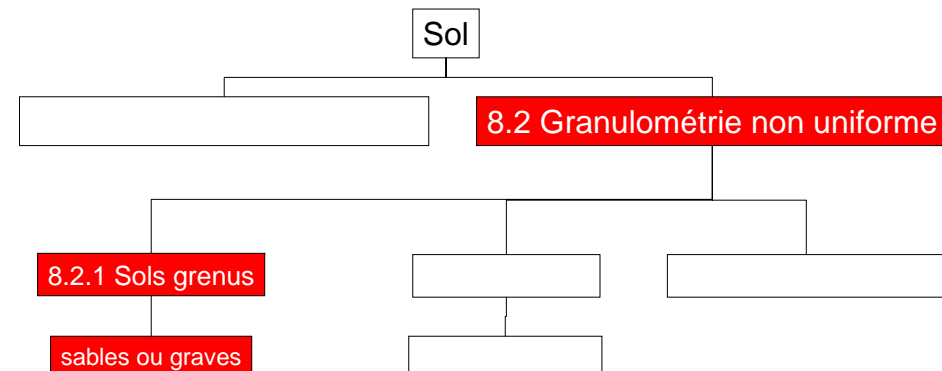
# 8.2 Sols à granulométrie non uniforme

- Majorité des cas
- Trois types de sols
  - sols grenus  $50\% > 80 \mu\text{m}$
  - sols fins  $50\% < 80 \mu\text{m}$
  - sols organiques  $> 10\%$

## 8.2.1 Sols grenus

Granulométrie et limites d'Atterberg

Définitions	Symboles	Conditions	Designation géotechnique	
GRAVES Plus de 50 % des éléments > 0,08 mm ont un diamètre > 2 mm	G	Gb $C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} > 4$ (*) et $C_c = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} \times D_{60}}$ compris entre 1 et 3	grave propre bien graduée	
		Gm Une des conditions de Gb non satisfaite	grave propre mal graduée	
	GL	GA	Limite d'Atterberg au-dessous de la ligne A (fig. 2)	grave limoneuse
			Limite d'Atterberg au-dessus de la ligne A	grave argileuse
SABLES Plus de 50 % des éléments > 0,08 mm ont un diamètre < 2 mm	S	Sb $C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} > 6$ et $C_c = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} \times D_{60}}$ compris entre 1 et 3	sable propre bien gradué	
		Sm Une des conditions de Sb non satisfaite	sable propre mal gradué	
	SL	SA	Limite d'Atterberg au-dessous de la ligne A	sable limoneux
			Limite d'Atterberg au-dessus de la ligne A	sable argileux



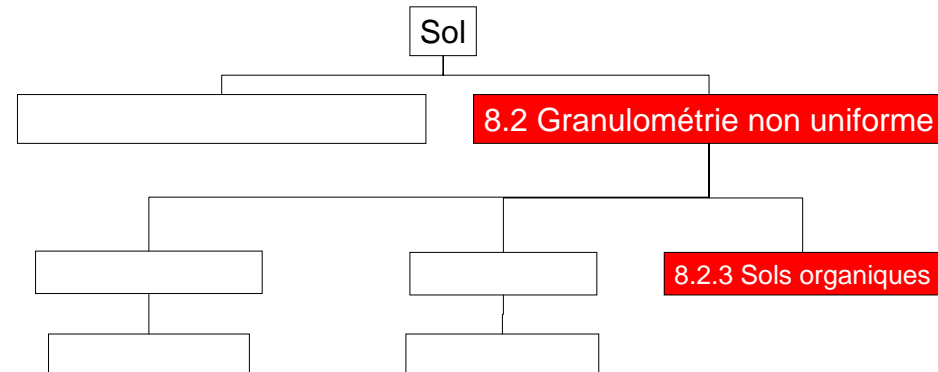
Définitions			Symboles	Conditions	Désignation géotechnique
<b>GRAVES</b>	Plus de 50 % des éléments > 0,08 mm ont un diamètre > 2 mm	moins de 5 % d'éléments < 0,08 mm	<b>Gb</b>	$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} > 4 \quad (*)$ et $C_c = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} \times D_{60}}$ compris entre 1 et 3	grave propre bien graduée
			<b>Gm</b>	Une des conditions de Gb non satisfaite	grave propre mal graduée
		plus de 12 % d'éléments < 0,08 mm	<b>GL</b>	Limite d'Atterberg au-dessous de la ligne A (fig. 2)	grave limoneuse
			<b>GA</b>	Limite d'Atterberg au-dessus de la ligne A	grave argileuse
<b>SABLES</b>	Plus de 50 % des éléments > 0,08 mm ont un diamètre < 2 mm	moins de 5 % d'éléments < 0,08 mm	<b>Sb</b>	$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} > 6$ et $C_c = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} \times D_{60}}$ compris entre 1 et 3	sable propre bien gradué
			<b>Sm</b>	Une des conditions de Sb non satisfaite	sable propre mal gradué
		plus de 12 % d'éléments < 0,08 mm	<b>SL</b>	Limite d'Atterberg au-dessous de la ligne A	sable limoneux
			<b>SA</b>	Limite d'Atterberg au-dessus de la ligne A	sable argileux

Lorsque 5 % < % inférieur à 0,08 mm < 12 % → on utilise un double symbole.





8.2.2 Sols organiques  
 exemple : Von Post



Teneur en matière organique (%)	Désignation géotechnique		
0 - 3	Sol inorganique		
3 - 10	Sol faiblement organique	fO	Vase
10 - 30	Sol moyenne organique	mO	Sol tourbeux
> 30	Sol très organique	tO	Tourbe