

4.3.1 Essai C.D.

- détermination de la courbe intrinsèque du squelette solide (drainage)
- comportement à long terme
- réalisation d'un essai CD

1- consolider l'échantillon sous une contrainte isotrope σ_0

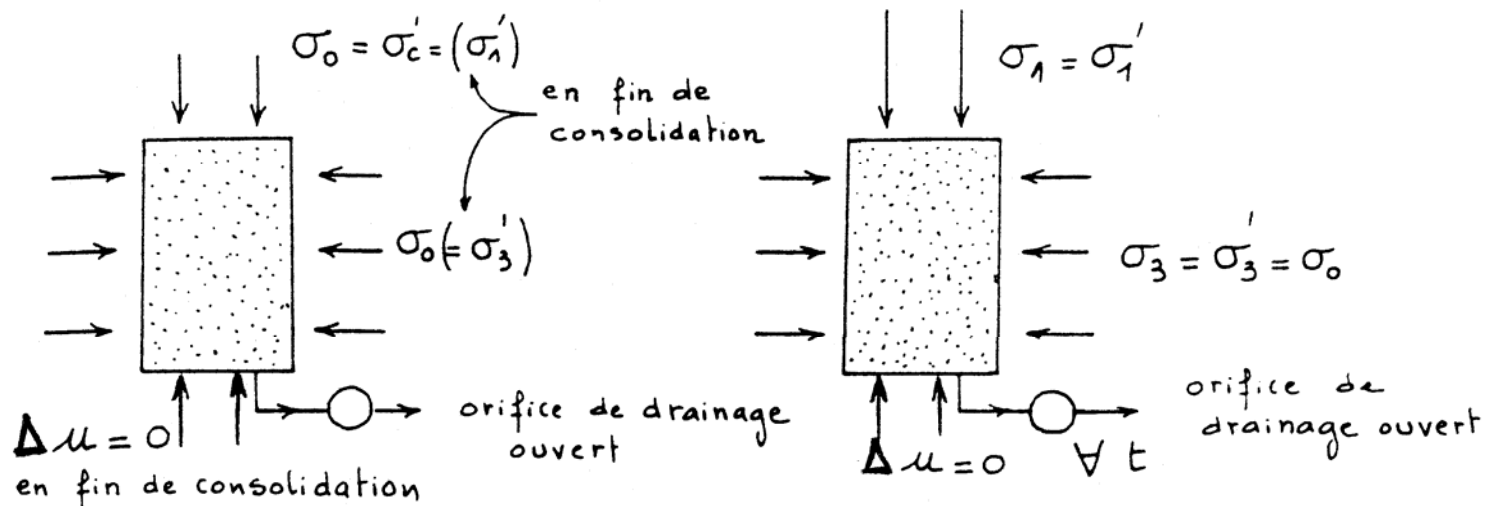
- orifice de drainage ouvert : dissipation des surpressions interstitielles

- on obtient $\sigma_1 = \sigma_3 = \sigma'_1 = \sigma'_3 = \sigma_0$ et $u = 0$

2- augmenter la contrainte axiale jusqu'à la rupture → très lentement pour que $\Delta u = 0$

- orifice de drainage ouvert : $\Delta u = 0$

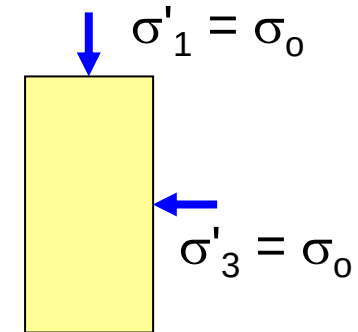
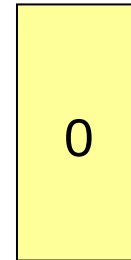
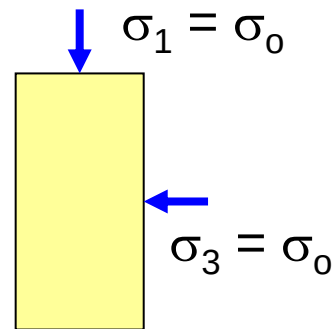
- contrainte latérale constante



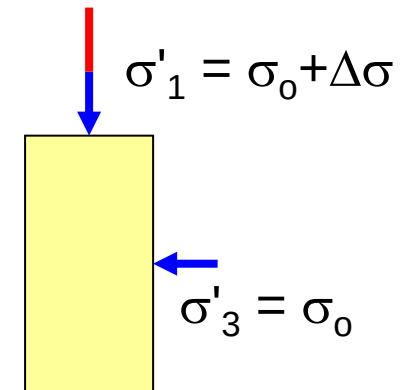
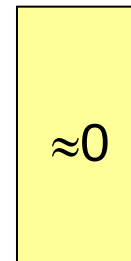
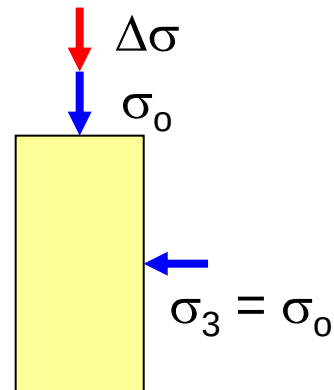
Essai CD

$$\text{Contrainte totale} = \text{Pression interstitielle} + \text{Contrainte effective}$$

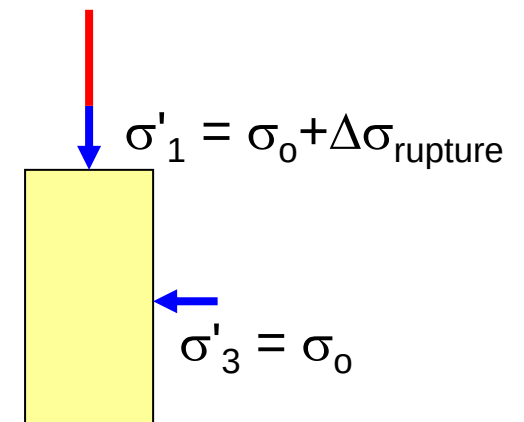
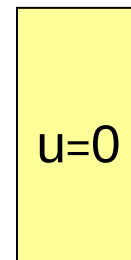
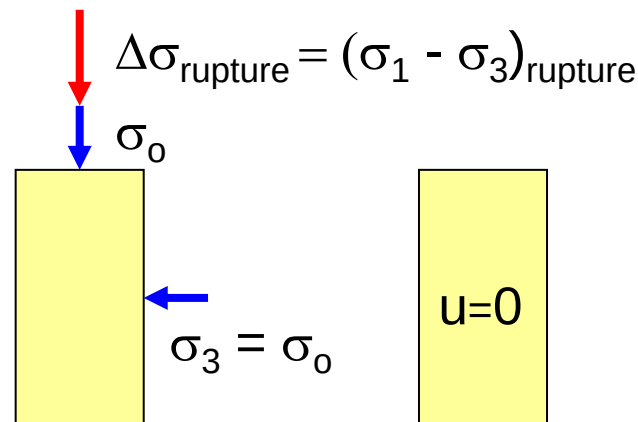
Après consolidation



Pendant cisaillement
(augmentation de la
contrainte axiale)

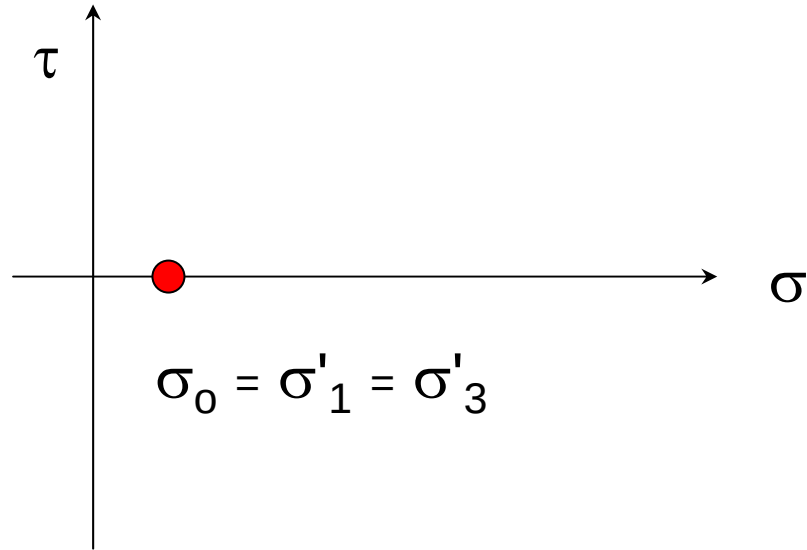


Rupture

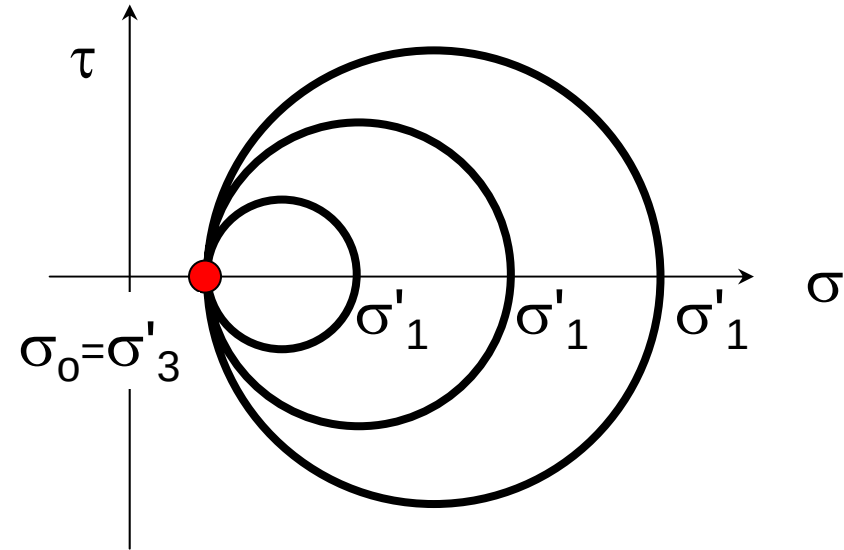


- sur un cercle de Mohr

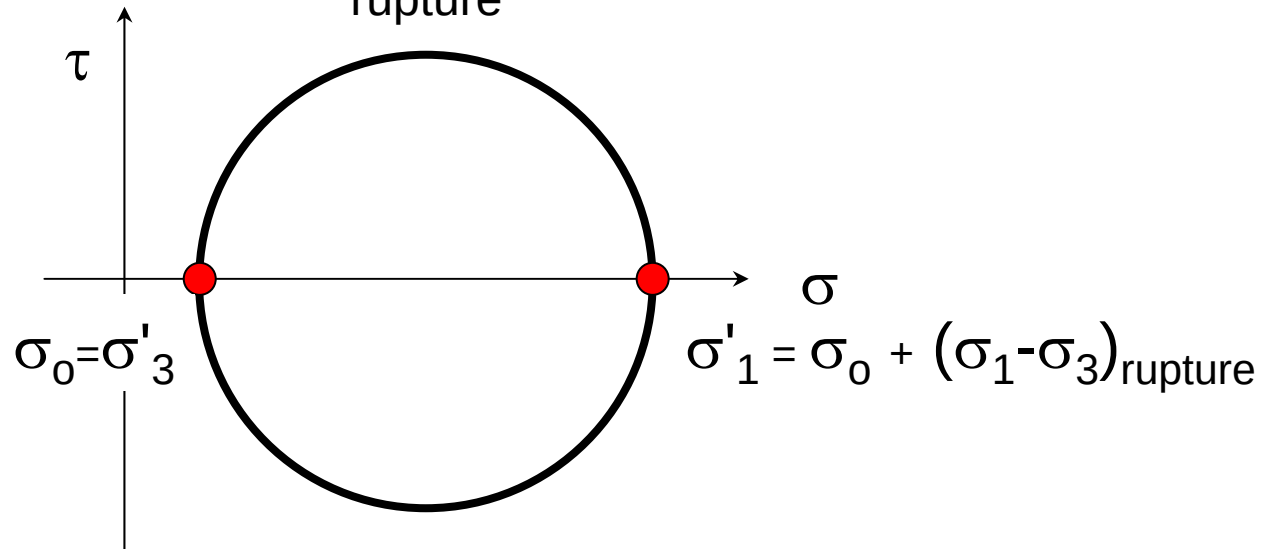
après condolidation isotrope



pendant le cisaillement



rupture

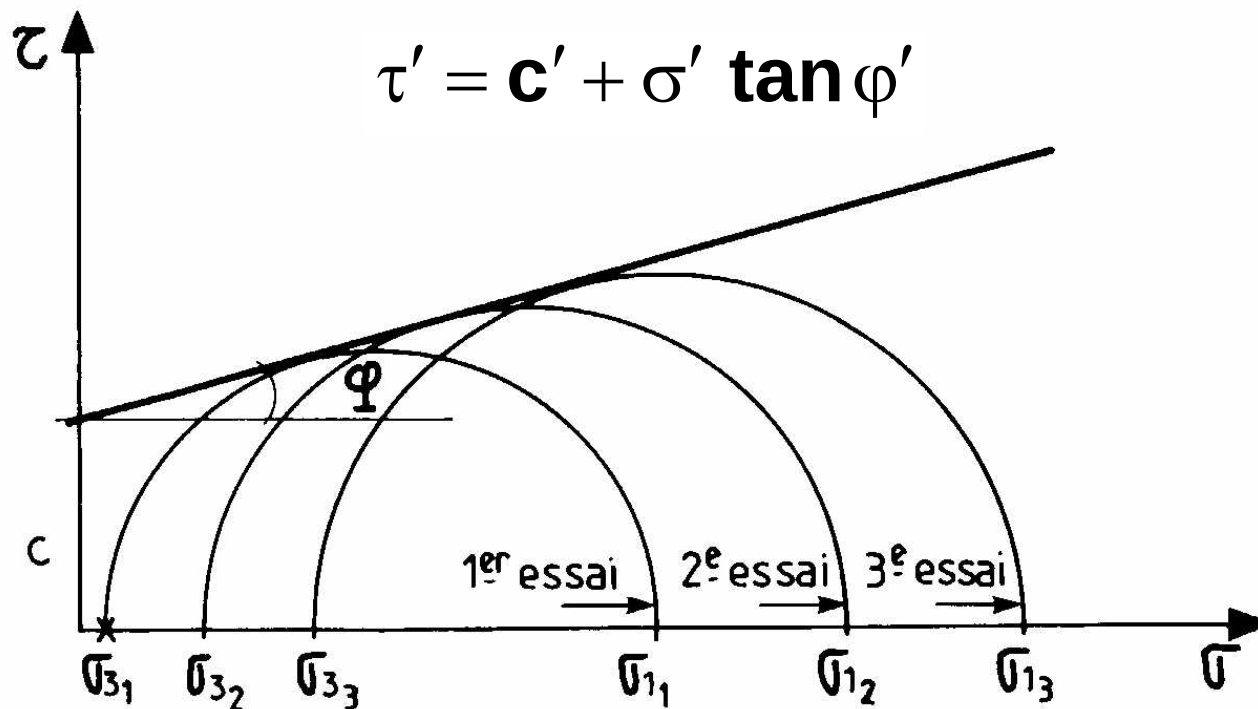


- essai répété plusieurs fois, pour différentes contraintes de consolidation σ_0

➔ *obtention de la courbe intrinsèque du sol*

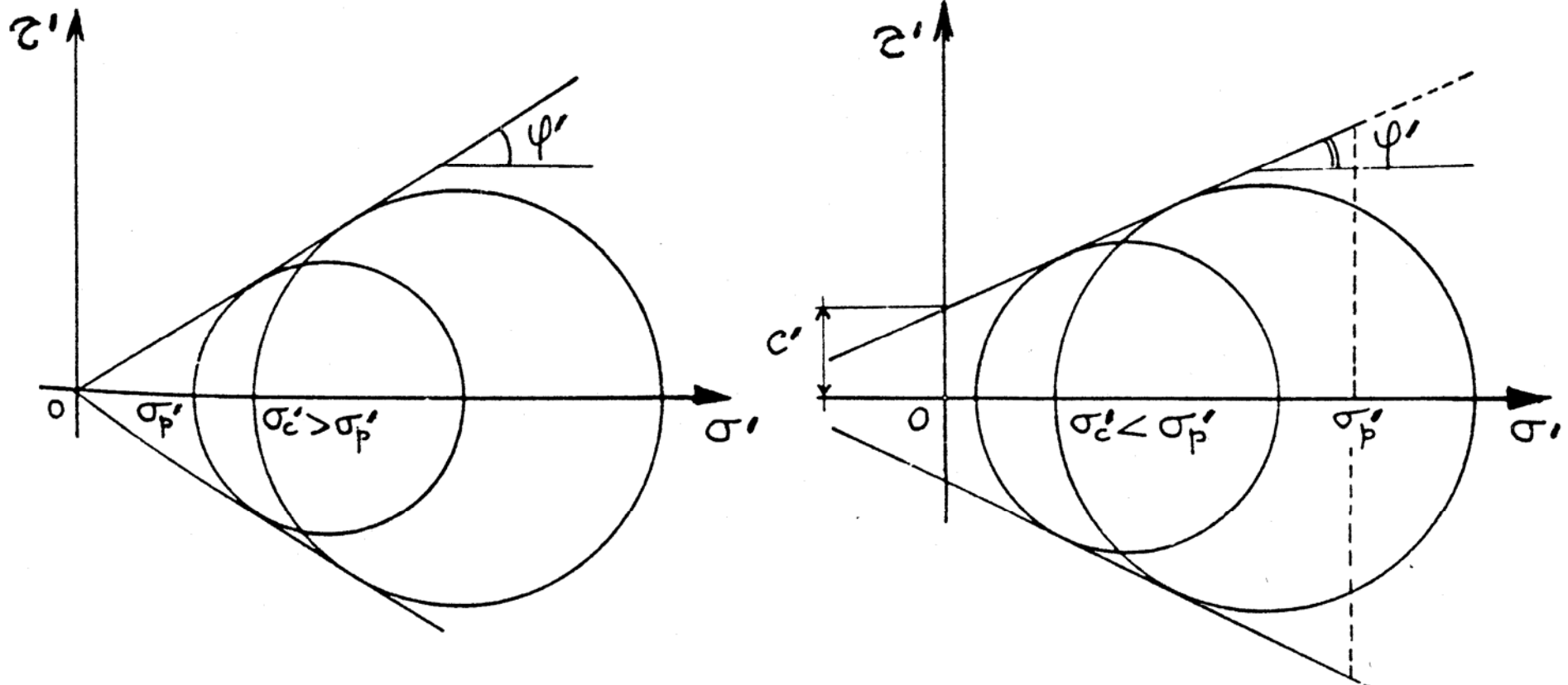
Remarques

- si on augmente σ_0 , le cercle de rupture sera plus grand
- la consolidation entraîne une augmentation du frottement et de la cohésion entre les grains



sol normalement consolidé

sol surconsolidé



$$\tau' = c' + \sigma' \tan \varphi'$$

4.3.2 Essai U.U.

- Terrains argileux (peu perméables)

vitesse de construction > vitesse de consolidation

- Utilisation des caractéristiques non consolidées et non drainées (φ_u et c_u) pour le calcul de la stabilité des ouvrages juste après leur construction

- *contraintes totales*

- *caractéristiques à court terme*

↪ *souvent défavorable pour les fondations en sol argileux*

- Essai UU : comportement à court terme des sols en place
- réalisation d'un essai UU

1- application d'une contrainte isotrope σ_0 mais orifice de drainage fermé

Puisque - *grains solides + eau incompressible*

- *sol saturé*

- *drainage impossible*



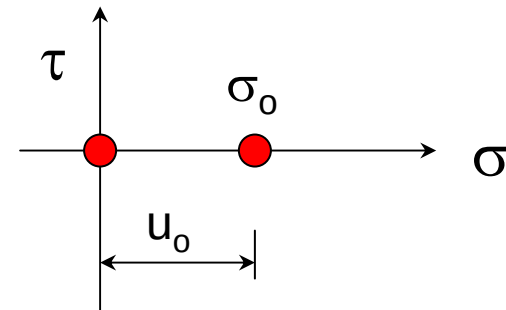
aucune déformation
aucune consolidation

| de l'éprouvette

Ainsi, après application de σ_0 $\rightarrow$ $\left| \begin{array}{l} \sigma_1 = \sigma_3 = u_0 = \sigma_0 \\ \sigma'_1 = \sigma'_3 = 0 \end{array} \right.$

C'est l'eau qui reprend les contraintes (pression interstitielle)

État de contrainte après application de σ_0

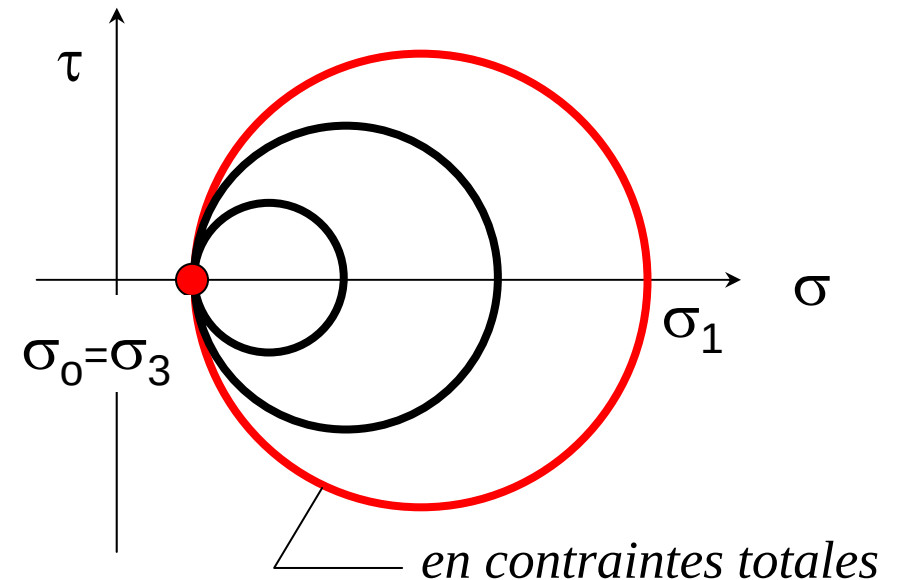


2- augmenter la contrainte axiale jusqu'à la rupture

- *drainage fermé*
- σ_0 (σ_3) *maintenu constant*

L'application d'un déviateur engendre des contraintes de cisaillement τ non nulles

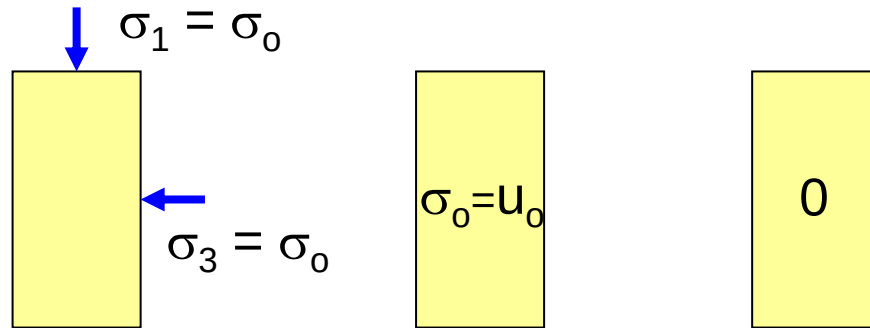
$\hookrightarrow$ *contraintes nécessairement reprises par le squelette solide*



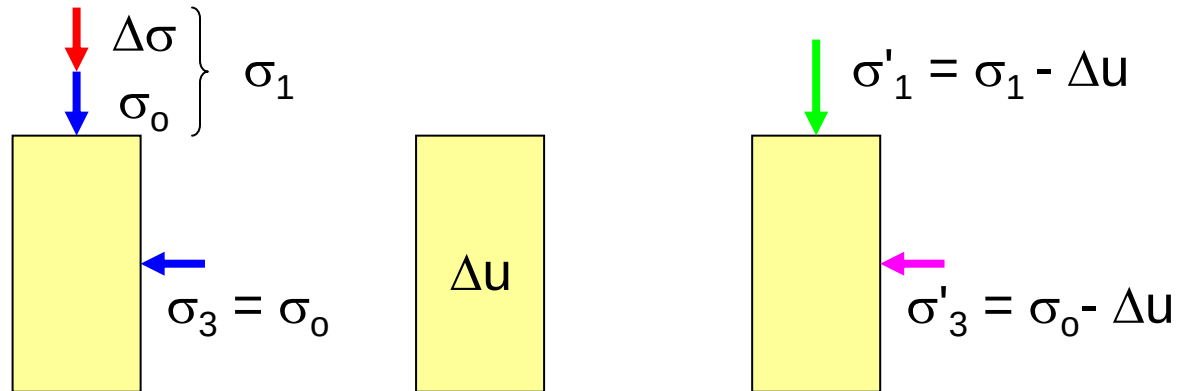
Essai UU

$$\text{Contrainte totale} = \text{Pression interstitielle} + \text{Contrainte effective}$$

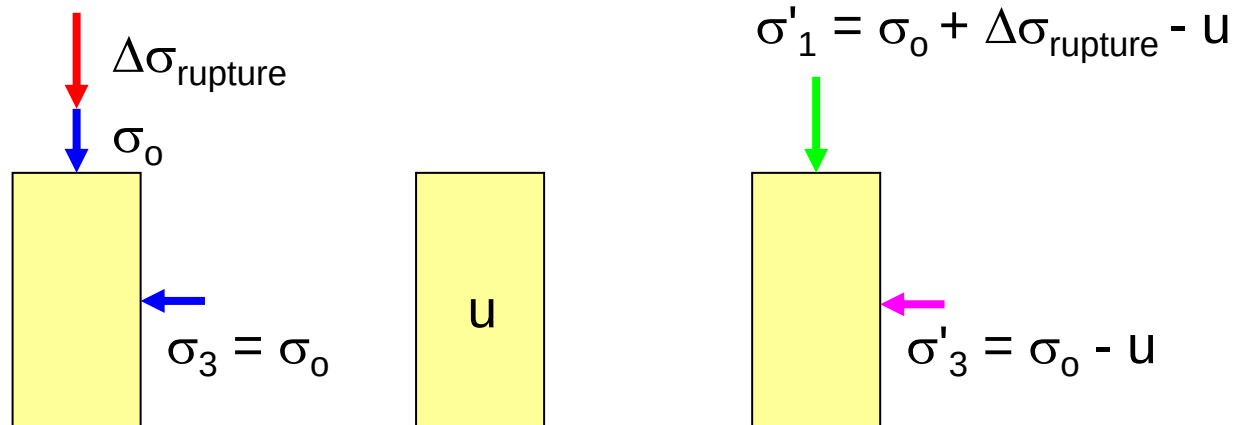
Après pression de confinement



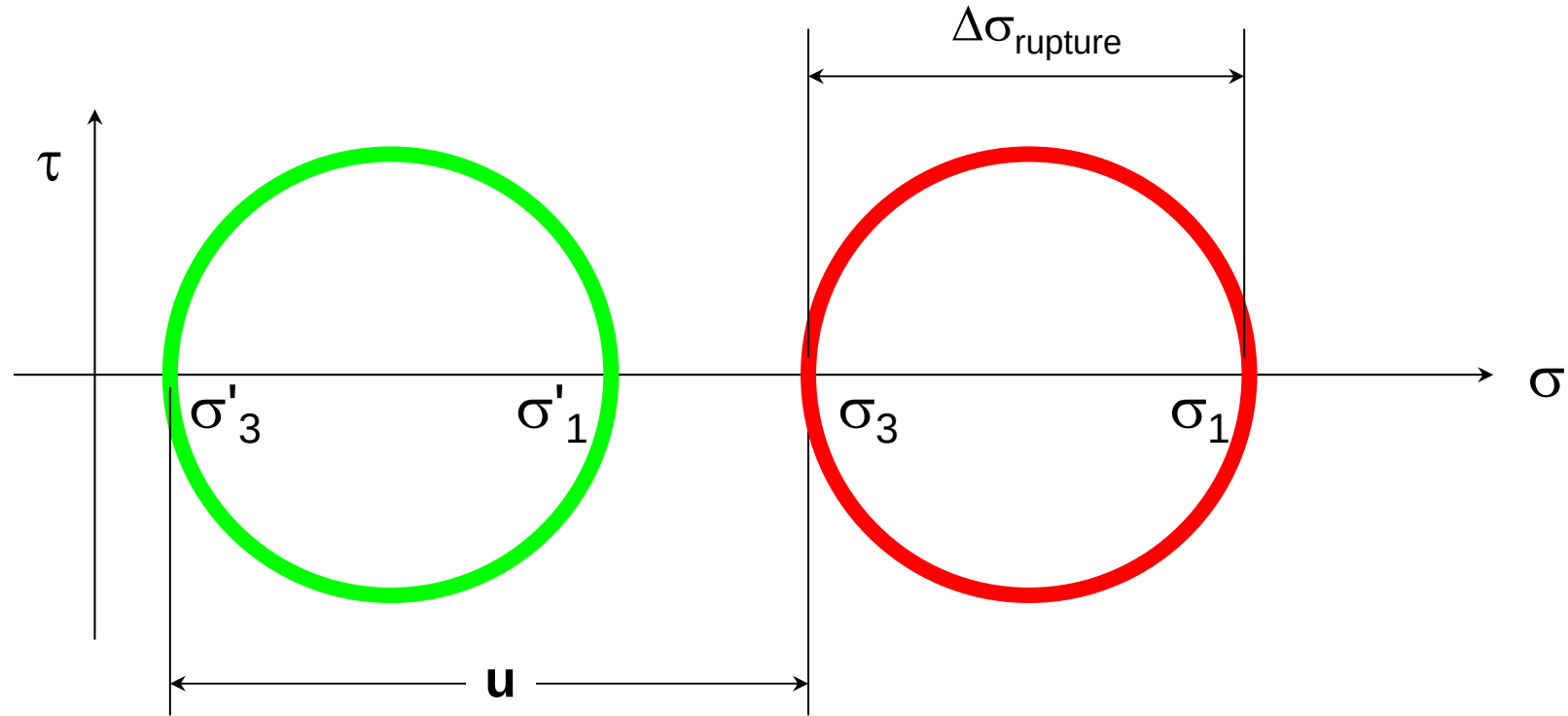
Pendant cisaillement
(augmentation de la contrainte axiale)



Rupture

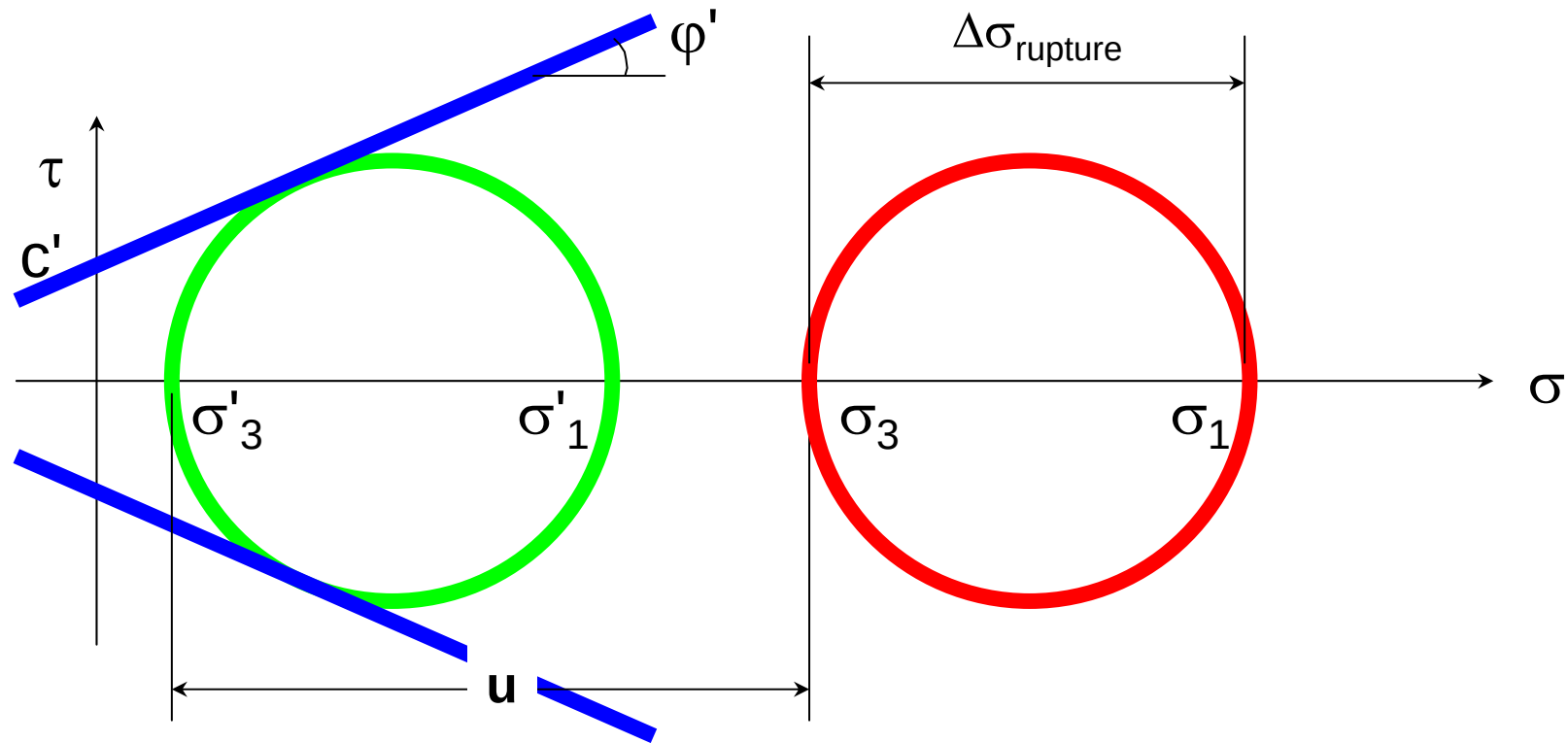


- état de contraintes à la rupture



- en contraintes totales ———— $\begin{cases} \sigma_3 = \sigma_0 \\ \sigma_1 = \sigma_0 + \Delta\sigma_{\text{rupture}} = \sigma_0 + (\sigma_1 - \sigma_3)_{\text{rupture}} \end{cases}$
- u est la nouvelle pression interstitielle du système (inconnue)
- en contraintes effectives ———— $\begin{cases} \sigma'_3 = \sigma_3 - u \\ \sigma'_1 = \sigma_1 - u \\ \tau' = \tau \end{cases}$

- état de contraintes à la rupture

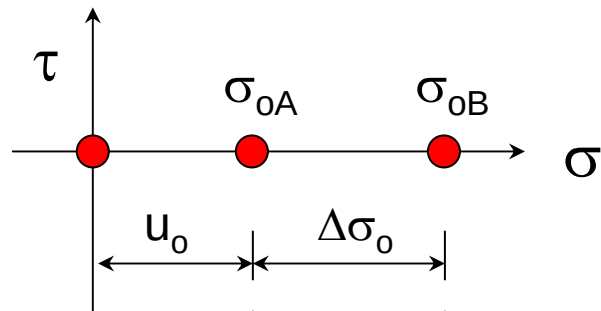


- le cercle de Mohr en contraintes effectives

*même diamètre que celui en contraintes totales
tangent à la courbe intrinsèque vraie du squelette solide*

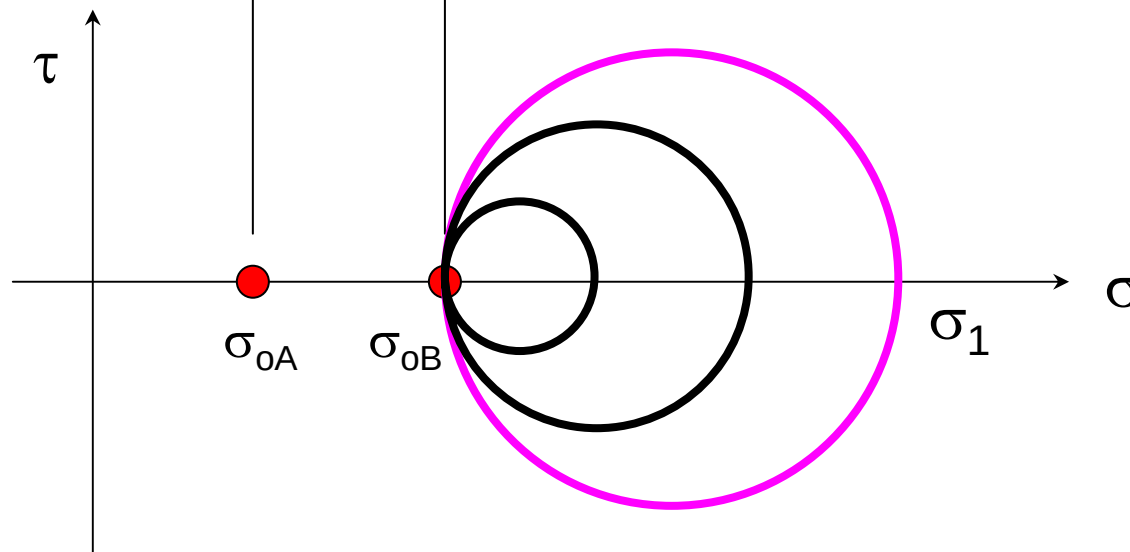
↪ non déterminée par cet essai

- réalisation d'un deuxième essai avec une pression de confinement supérieure



- de la même façon que précédemment la pression de confinement σ_{0B} est entièrement reprise par l'eau

↪ *accroissement de la pression interstitielle $u_0 + \Delta\sigma_0$*
 ↓
 Δu

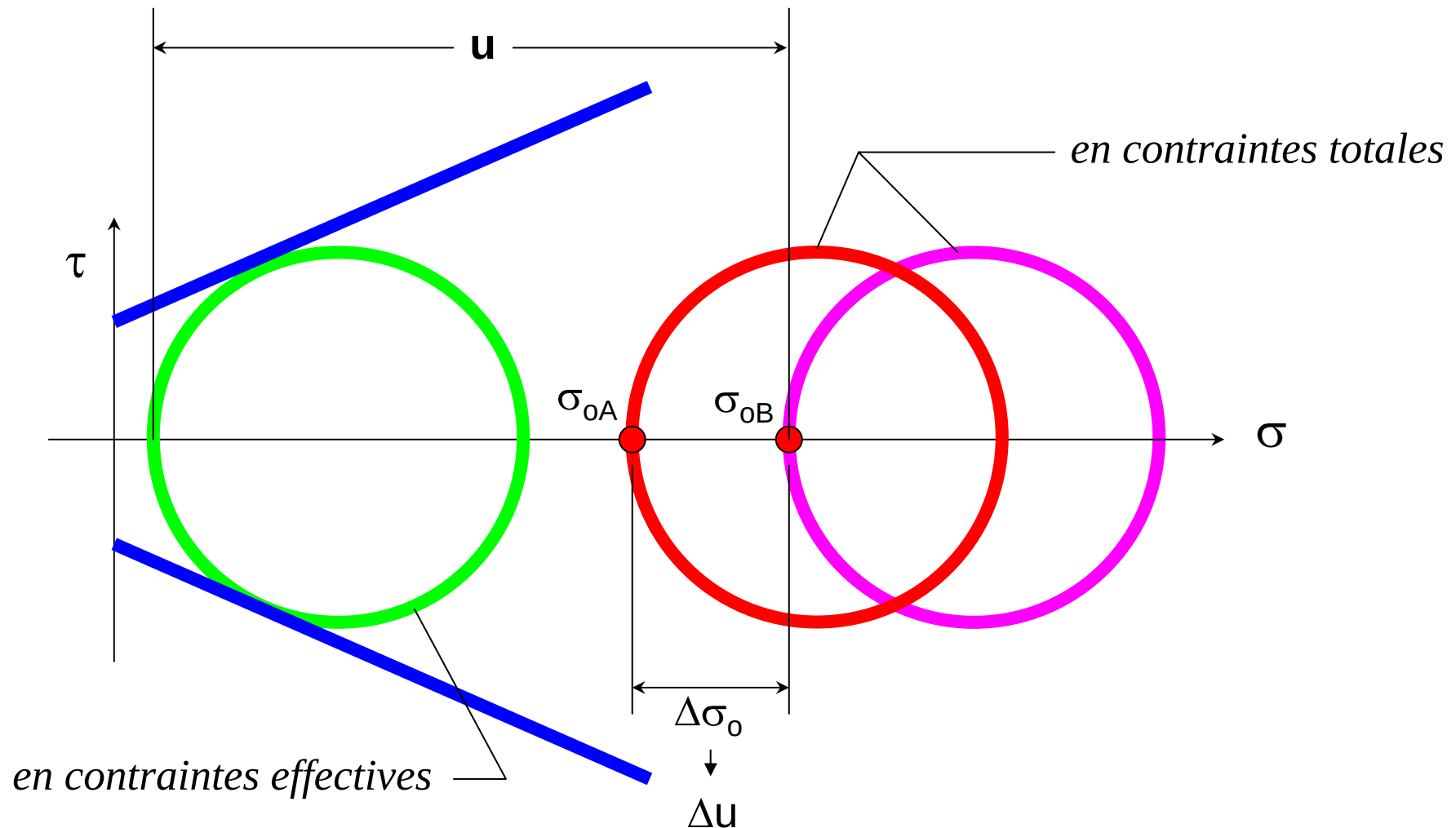


- l'augmentation du déviateur entraîne le même état effectif sur le squelette solide que lors du 1^{er} essai



rupture pour la même valeur de cisaillement (pcq pas de consolidation)

- obtention d'un **cercle 2** décalé de $\Delta\sigma_0$ par rapport au **cercle 1**
- ce **cercle 2** correspond au même **cercle 1'** en contraintes effectives

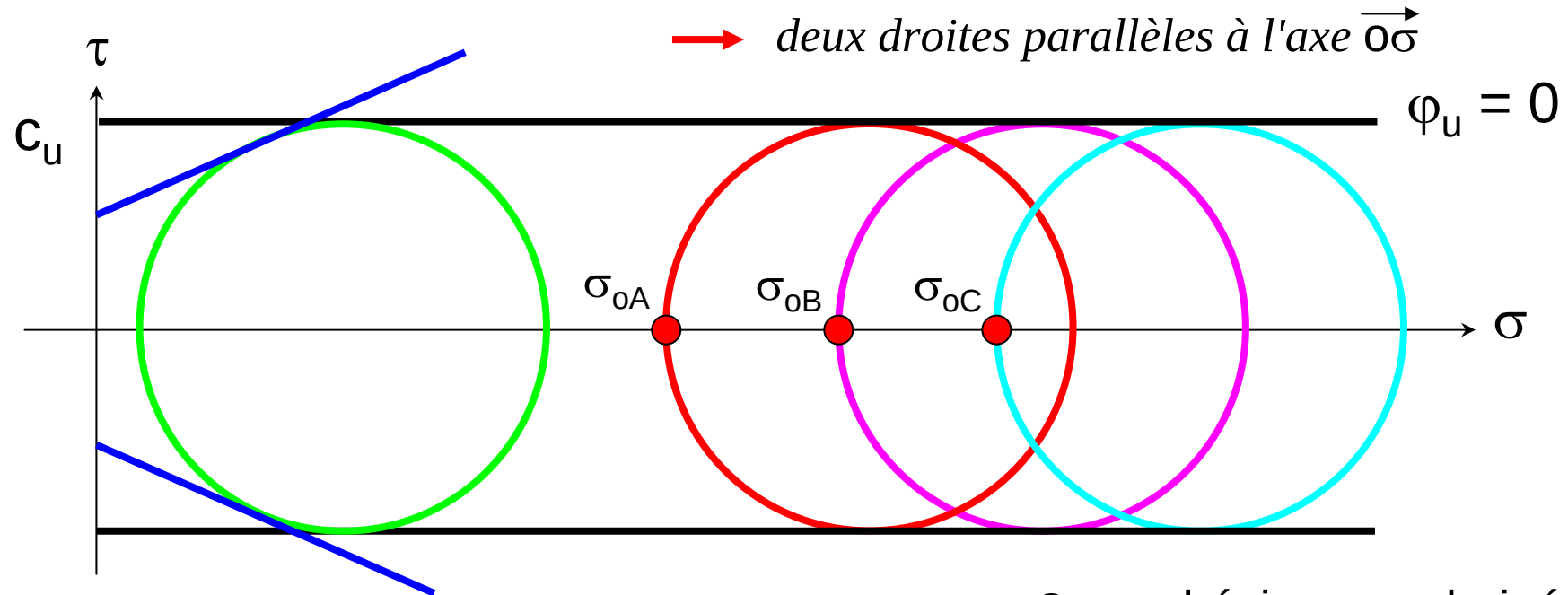


- Tous les essais UU avec différentes contraintes σ_0

→ *un seul cercle en contraintes effectives*

- Enveloppe des cercles de Mohr en contraintes totales

→ *deux droites parallèles à l'axe $\overrightarrow{O\sigma}$*



c_u : cohésion non drainée

- Sol fin saturé en condition non drainée

→ *critère de rupture* $\tau = c_u$

$$c_u = \frac{\sigma_1 - \sigma_3}{2} = \frac{\sigma'_1 - \sigma'_3}{2}$$

- c_u n'est pas une caractéristique intrinsèque du sol

→ *varie avec l'état de compacité du sol*

4.3.3 Essai C.U.

- Principe de l'essai

1- consolider l'échantillon à une contrainte $\sigma_0 = \sigma'_c$

→ modification de l'état du squelette solide ↪ *orifice de drainage ouvert*

2- cisailer l'échantillon (augmentation du déviateur) sans drainage possible et en mesurant la pression interstitielle

↪ *orifice de drainage fermé*

→ obtention d'un essai en contraintes totales
connaissant $u \rightarrow$ calcul des contraintes effectives

- Objectifs de l'essai

- 1- calcul de la cohésion non drainée c_u en fonction du degré de consolidation

Essai A

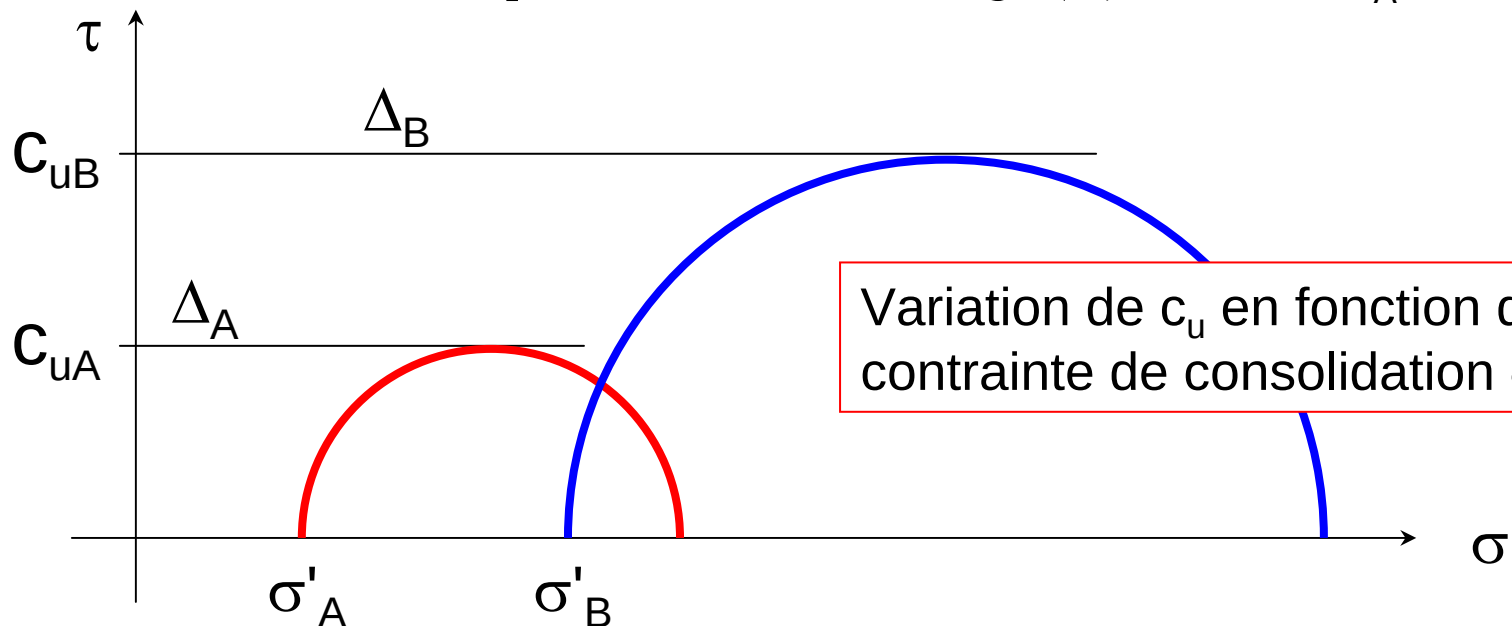
- sol consolidé sous la contrainte $\sigma_0 = \sigma'_A$
- réalisation de l'essai sans drainage

↪ *comportement sans drainage (U) → droite Δ_A*

Essai B

- sol consolidé sous la contrainte $\sigma_0 = \sigma'_B$
- réalisation de l'essai sans drainage

↪ *sol plus compact → rayon cercle B > rayon cercle A*
comportement sans drainage (U) → droite Δ_A



- Objectifs de l'essai

1- calcul de la cohésion non drainée c_u en fonction du degré de consolidation

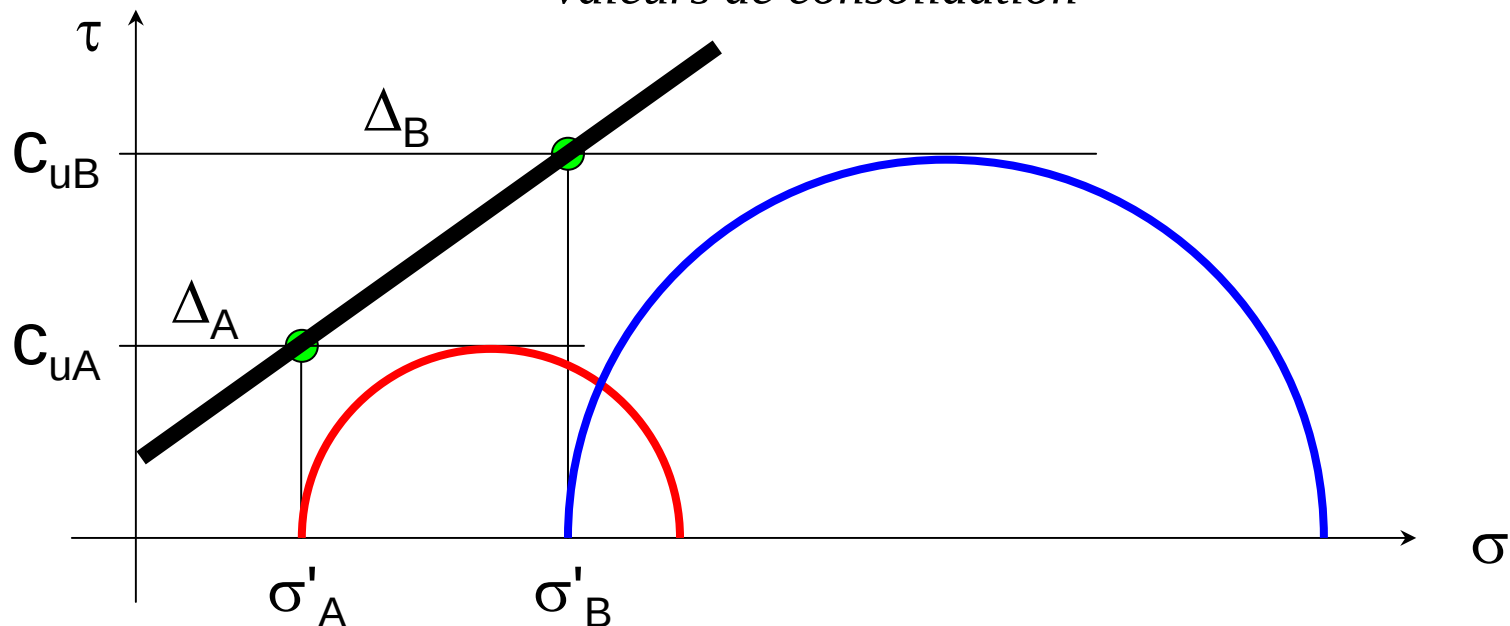
- variation de la cohésion non drainée c_u en fonction de la contrainte effective de consolidation $\sigma_o = \sigma'_c$

→ droite de pente $\tan \lambda = \frac{\Delta c_u}{\Delta \sigma'}$

λ : facteur d'augmentation de la cohésion

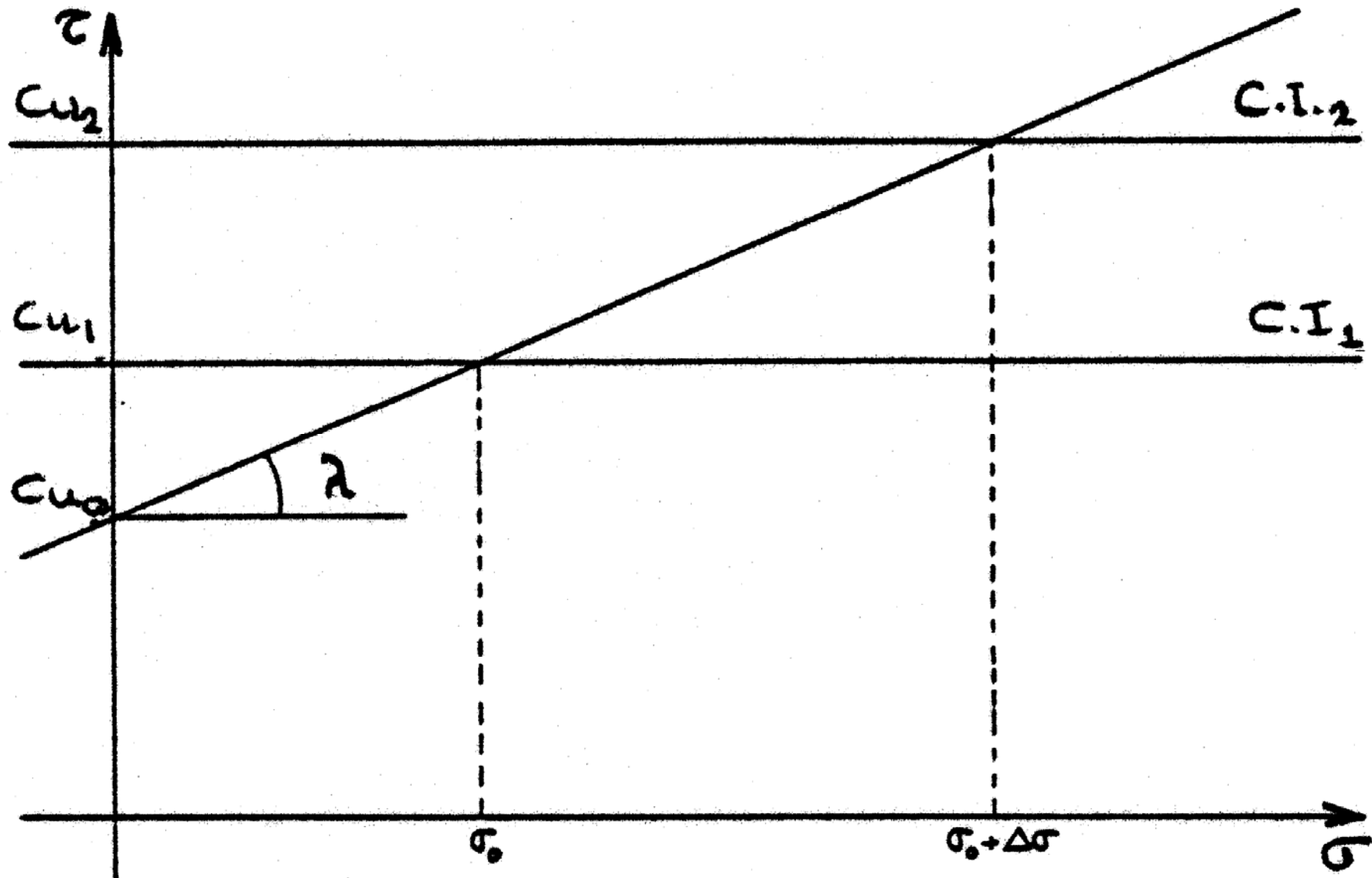
Ainsi $c_u = c_{u_o} + \sigma_o \tan \lambda$

↪ la connaissance de $\tan \lambda$ permet de calculer c_u pour différentes valeurs de consolidation



- Objectifs de l'essai

1- calcul de la cohésion non drainée c_u en fonction du degré de consolidation



- Objectifs de l'essai

1- calcul de la cohésion non drainée c_u en fonction du degré de consolidation

Exemple typique d'application

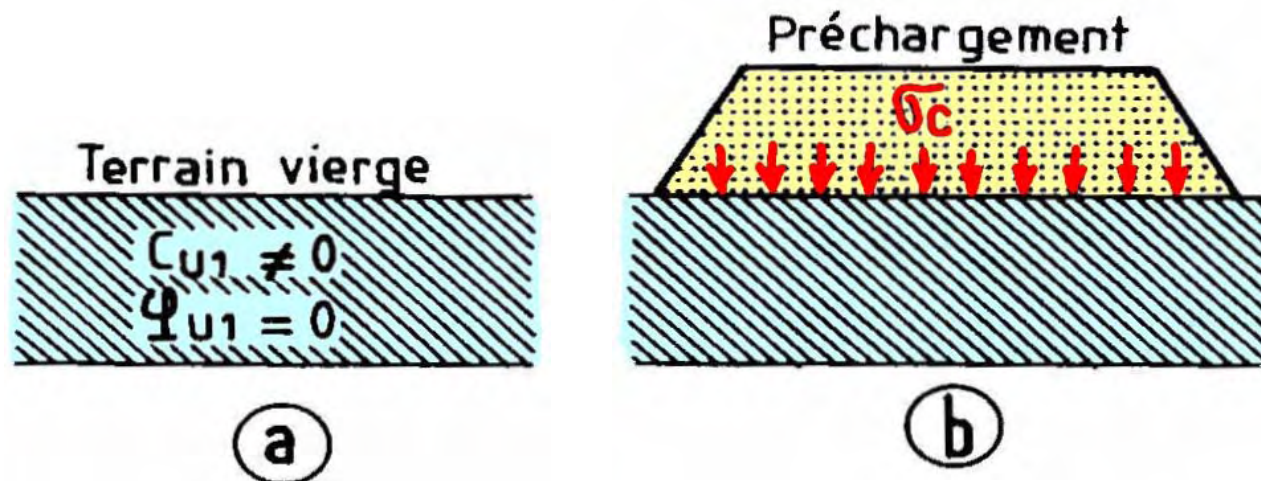
- Soit un sol compressible argileux saturé

(a) caractéristiques initiales du sol à court terme $\rightarrow c_{u1} \neq 0$ et $\varphi_u = 0$

$\hookrightarrow$ dépend de σ'_v du sol

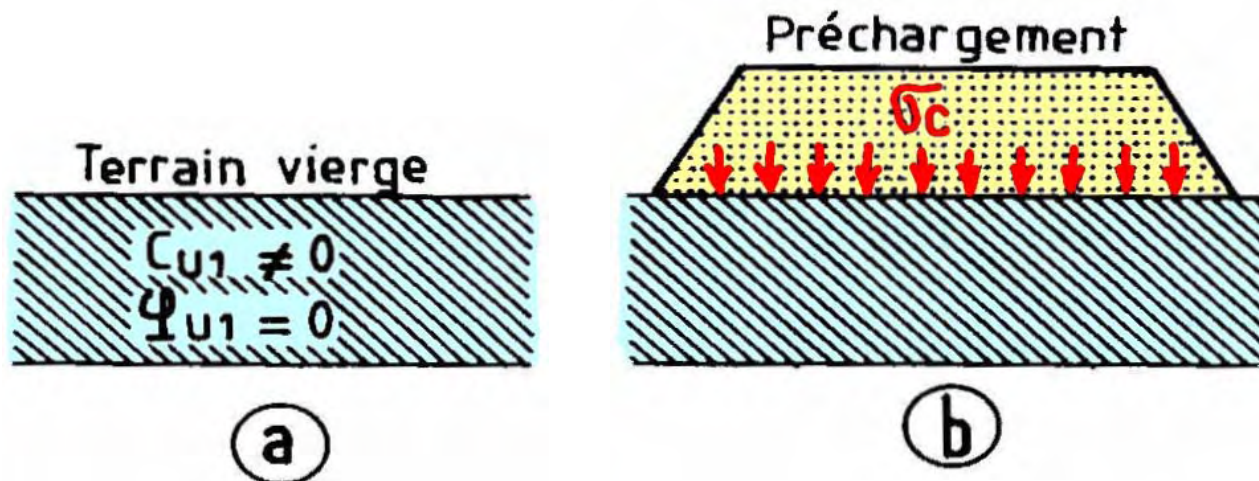
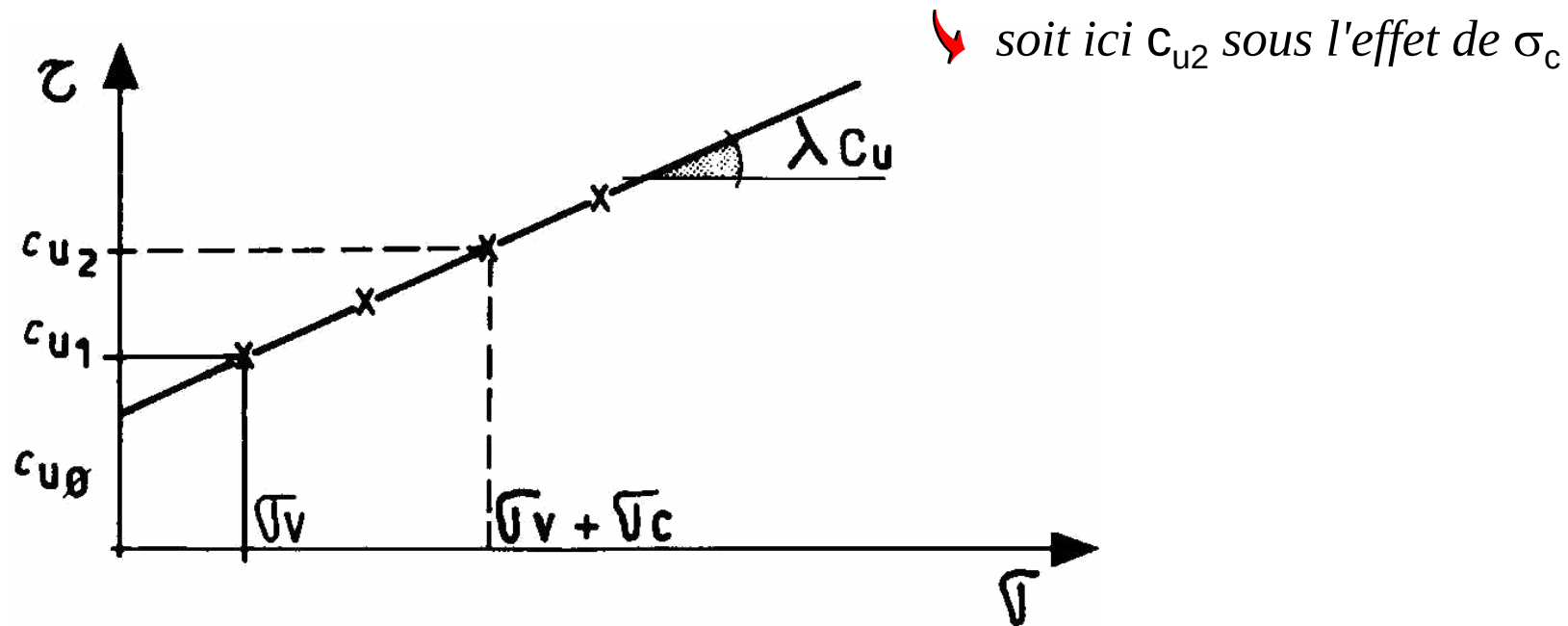
- Réalisation d'un préchargement sous une contrainte σ_c jusqu'à consolidation totale du sol

(b) $\hookrightarrow \tau = \mathbf{C}_{u1} +$ *amélioration de la cohésion non drainée du sol (c_u) sous l'effet de cette consolidation*



$\hookrightarrow$ un essai UU réalisé sur un prélèvement effectué après consolidation donnera une valeur plus élevée de c_u (c_{u2})

- L'essai CU permet de mesurer l'augmentation de résistance (non drainée ou à court terme) du sol sous l'effet de la consolidation

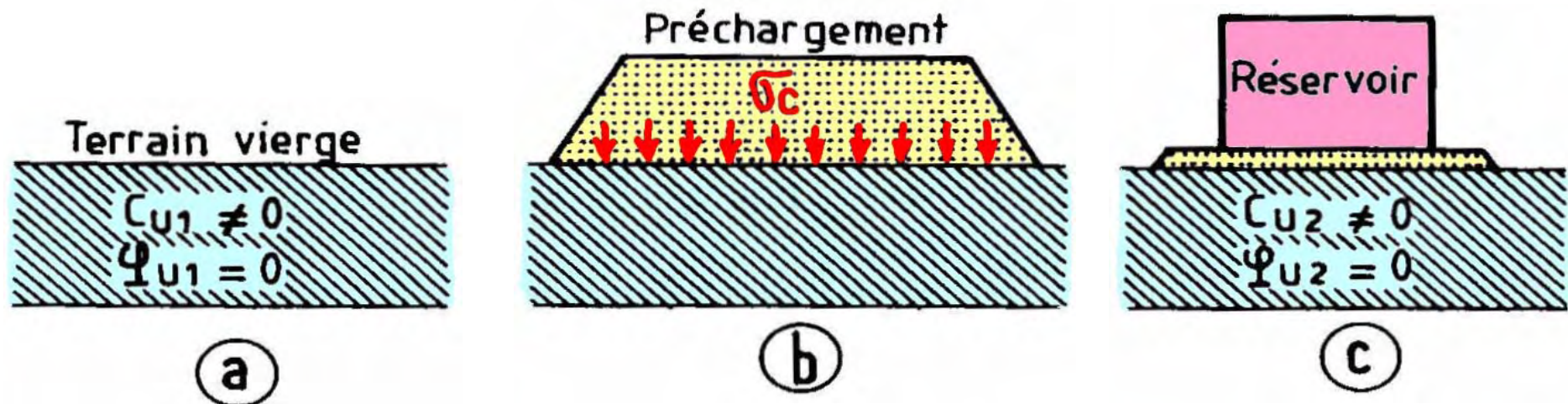


- Supposons qu'après enlèvement de la surcharge, un réservoir soit construit sur le sol préalablement consolidé par préchargement sous σ_c

↪ *la stabilité à court terme de l'assise du réservoir doit être vérifiée avec c_{u2}*

$$\tau = c_{u2}$$

- Même type d'exemple pour un remblai monté par étape



- Objectifs de l'essai

- 2- détermination de la courbe intrinsèque du sol

- la mesure de u permet de calculer les contraintes effectives pour chaque essai à différentes consolidations
 - on peut donc déterminer les caractéristiques de la résistance au cisaillement à long terme (c' et ϕ')

→ *moins long que l'essai CD*

