Exercice 1

Soit un massif de sol grossier, sans nappe, composé d'une couche de sable lâche (γ_1 = 19 kN.m^{-3}, $\gamma_{sat,1}$ = 20, 5 kN.m^{-3}) de 6 m de hauteur, reposant sur une couche de gravier dense (γ_2 = 21 kN.m^{-3}, $\gamma_{sat,2}$ = 22 kN.m^{-3}) de 4 m.

(1) Tracer la distribution des contraintes verticales totales en fonction de la profondeur.

Suite à de fortes précipitations, une nappe libre sature le massif. Sa surface libre se situe à 2 m de la surface.

(2) Tracer les distributions des contraintes verticales effectives et totales, et des pressions interstitielles en fonction de la profondeur.

Exercice 2

Soit un massif de sol grossier composé d'une seule couche (figure). Le niveau de la nappe varie du point P au point M (H_1 = 3 m, H_2 = 2 m).

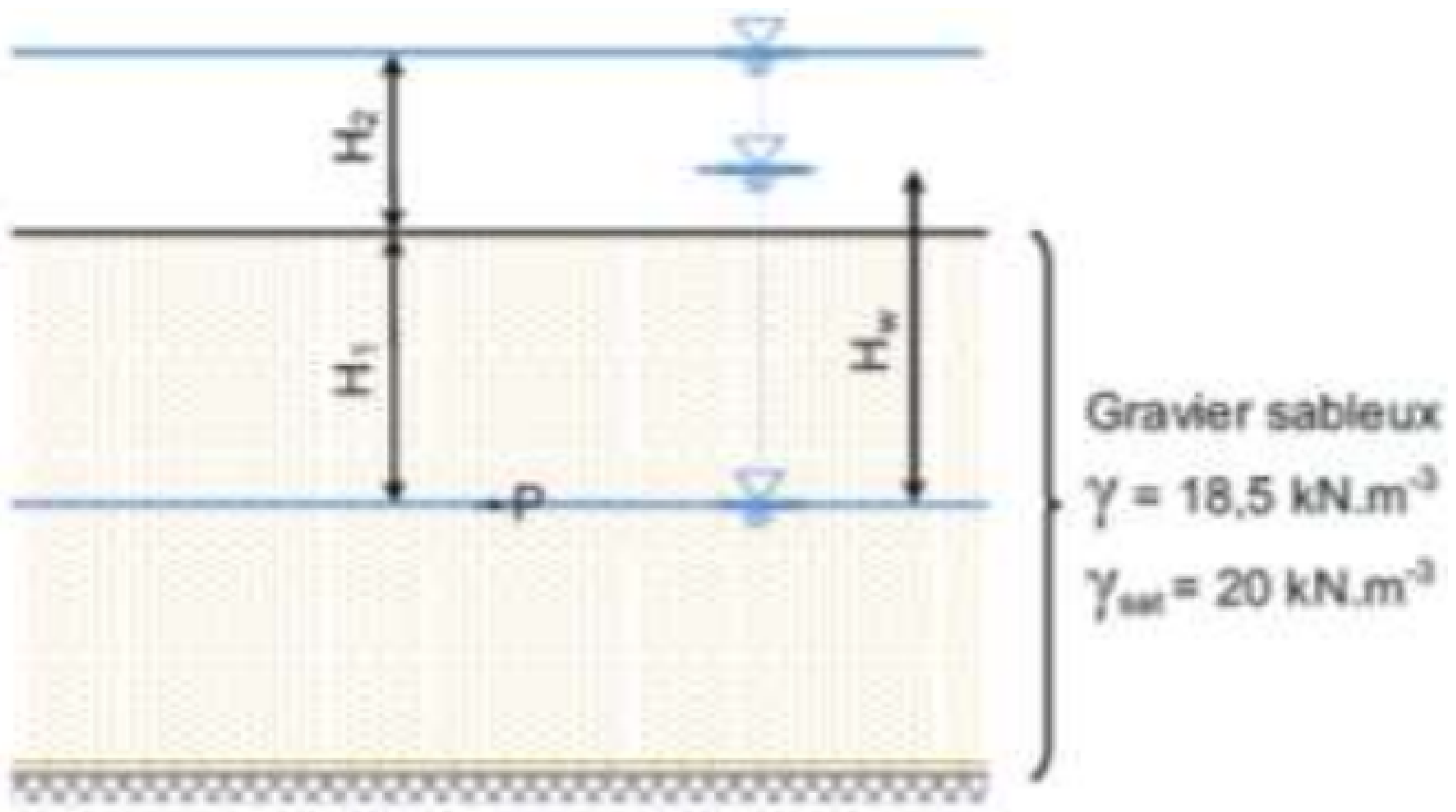


Fig. : Variation du niveau de la nappe

- Tracer les évolutions des contraintes totales et effectives, et des pressions interstitielles, au niveau du point P en fonction du niveau de la nappe ($H_w \in [0 ; 5]$). Commenter.

Exercice 3

Soit un élément de sol infiniment petit soumis à une contrainte normale principale de 18, 2 kPa et minimale de −2, 2 kPa.

(1) Tracer le cercle de Mohr dans le plan $\sigma - \tau$.

(2) Déterminer la contrainte tangentielle maximale τ_{max}.

(3) Déterminer l'état de contrainte sur une facette dont la normale est inclinée de 30° par rapport à la première direction principale.

Solution 1

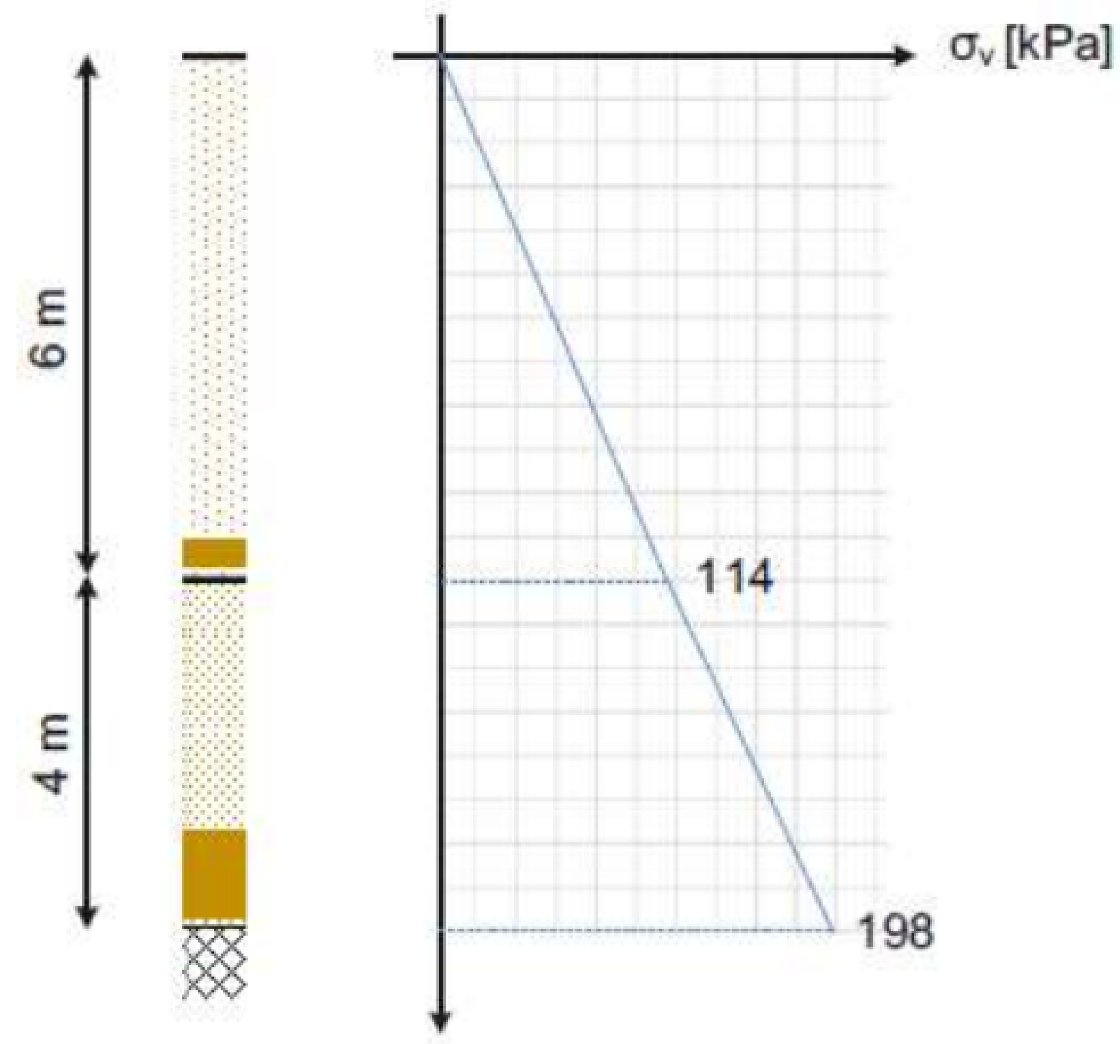
(1) Dans le sable, la contrainte verticale totale s'exprime :

$\sigma_z(z) = \gamma_1.z$, $z \in [0; 6]$

La contrainte verticale à l'interface sable/gravier vaut $\sigma_v(z = 6\ m) = 114$ kPa.

Dans le gravier, la contrainte verticale totale vaut :

$\sigma_v(z) = 114 + \gamma_2.z$, $z \in [6; 10]$ $\sigma_v(z) = 114 + 21*4 = 198$ kPa.



2) D'après le principe de Terzaghi : $\sigma_v = \sigma'_z + u$

La pression interstitielle s'exprime $u(z) = \gamma_w.(z - 2) = 10*(6-2+4) = 80$kPa.m^{-2}

La contrainte totale s'exprime de la même façon que précédemment (en considérant le changement de poids volumique). La contrainte effective se déduit du principe de Terzaghi, où se calcule directement en considérant les poids volumiques déjaugés dans les zones saturées :

$$\sigma'_v(z) = (\gamma_{sat} - \gamma_w).u = \gamma'.\ z$$

$\gamma'_1 = \gamma_{sat.1} - \gamma_w = 10{,}5$ kN.m^{-3}

$\gamma'_2 = \gamma_{sat.2} - \gamma_w = 12$ kN.m^{-3}

$\sigma'_{v1}(z) = 10.5*4 = 42$ kPa.m^{-2} ; $\sigma'_{v1}(z) = 12*4 = 48$ kPa.m^{-2}.

$\sigma_z(z) = 42+48+80 = 170$ kPa.m^{-2}.

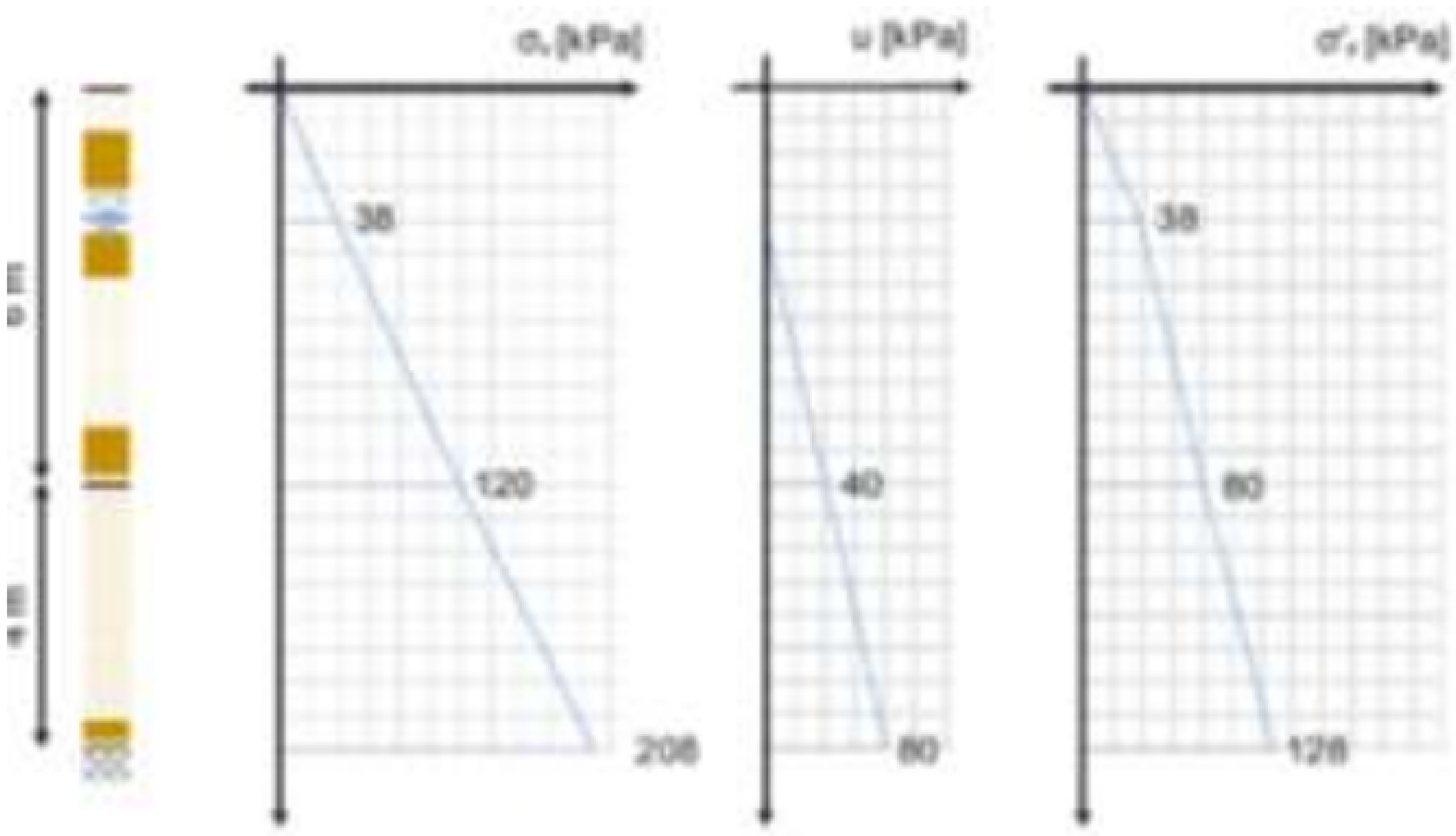
Solution2

1) La pression interstitielle au point P s'exprime $u(H_w) = \gamma_w.H_w$

La contrainte verticale totale au point P vaut :

$\sigma_v(H_w) = \gamma_{sat}.H_w + \gamma.(H_1 - H_w)$; $\forall H_w \in [0;H1]$

$\sigma_v(H_w) = \gamma_{sat}.H_1 + \gamma_w.(H_w - H_1)$; $\forall H_w \in [H1;H2]$



La contrainte effective se déduit par soustraction

$\sigma'_v = \sigma_v - u$

$\sigma'_v\,(H_w) = \gamma_{sat}.H_w + \gamma.(H_1 - H_w)$ $\quad\quad\forall H_w \in [0;H_1]$

$\sigma'_v\,(H_w) = \gamma'.H_1 = 30$ kPa $\quad\quad\forall H_w \in [H_1;H_2]$

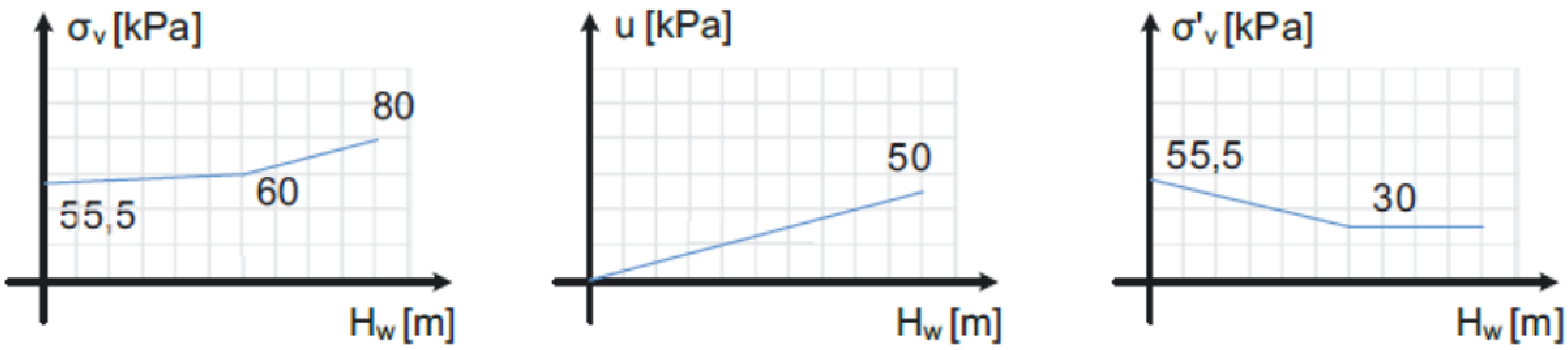


Fig. : Évolutions des contraintes et pressions d'eau au point P en fonction du niveau de la nappe.

La contrainte effective reste donc constante quand le niveau de la nappe est supérieur à celui du massif (figure).

<u>Solution 3</u>

(1) Le cercle de Mohr (figure) se dessine aisément en considérant un cercle de centre: $d = (\sigma_I + \sigma_{II})/2 = 8$ kPa et de rayon $r = (\sigma_I - \sigma_{II})/2 = 10,2$ kPa

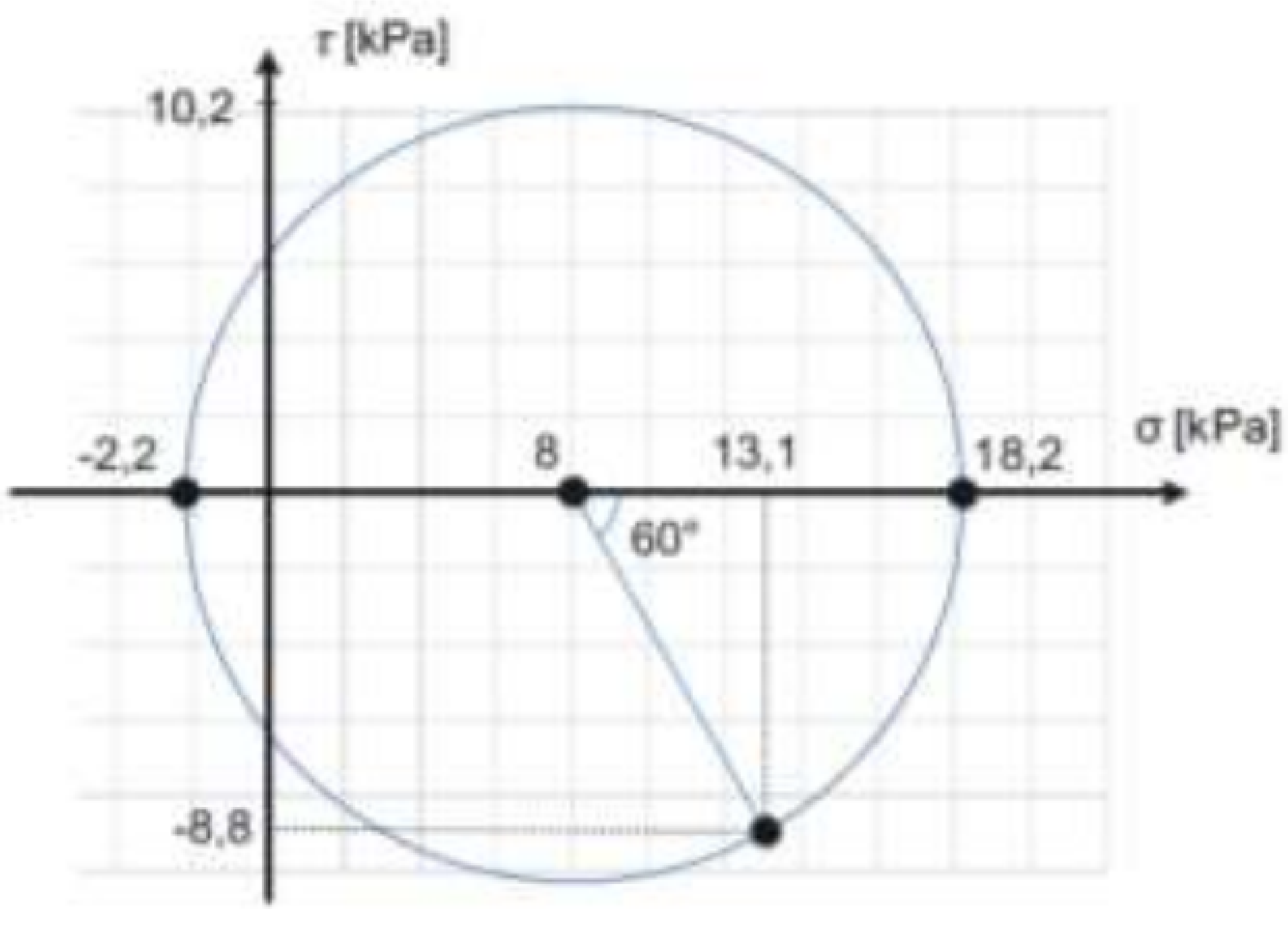


Fig. : Cercle de Mohr et valeurs à $\theta = 30°$

(2) La contrainte tangentielle maximale correspond au rayon du cercle de Mohr (propriété des cercles de Mohr) : $\tau_{max} = 8$ kPa

(3) Les contraintes sur la facette inclinée se déterminent analytiquement à partir du centre et du rayon :

$\sigma(\theta) = \frac{\sigma_I+\sigma_{II}}{2} + \frac{\sigma_I-\sigma_{II}}{2}\cos(2\theta) = 13,\ 1\ \text{kPa}$

$\tau(\theta) = \frac{\sigma_I-\sigma_{II}}{2}\ \sin(-2\theta) = -8,\ 8\ \text{kPa}$