

STE3 - Mécanique des fluides - Examen n°1

NOM :

ATTENTION : Enoncé à rendre complété avec votre copie.

Informations générales. Durée : 1h30 ; moyens autorisés : calculatrice + aide-mémoire A4 recto-verso.

Compétences évaluées dans cet examen. B = Basiques, C = Complémentaires

Nature	Compétence
B	Faire une application numérique
B	Déterminer la distribution de la pression et/ou de la masse volumique dans un fluide
B	Calculer la force de pression exercée par un fluide sur une surface (plane ou non)
B	Utiliser le principe fondamental de la statique sous forme intégrale pour résoudre un problème élémentaire d'hydrostatique
C	Mettre en oeuvre les différentes formes du PFS et enchaîner les raisonnements pour résoudre un problème d'hydrostatique

Elaboration de la note. La note sera calculée de la façon suivante :

$$N = 2r + 18 \frac{b/B}{2 - c/C} \quad (1)$$

avec b/B : proportion de réussite pour les compétences basiques, c/C : proportion de réussite pour les compétences complexes, r : qualité de la rédaction (de 0 à 100%) : clarté des explications, respect de la syntaxe et de l'orthographe.

1 Sonde de pression

Pour déterminer la masse volumique d'un liquide au repos, on y plonge une sonde de pression (Figure 1). La sonde S est immergée à une profondeur h sous la surface. Elle est descendue très lentement dans le liquide, si bien que l'on peut supposer qu'elle ne perturbe pas l'état hydrostatique. Elle mesure la pression en continu et la transmet en temps réel à une centrale d'acquisition C (Figure 1, gauche). A la fin de l'opération, on obtient un graphique donnant la pression en fonction de la profondeur (Figure 1, droite). Remarque : la pression sur le graphique est tracée en prenant la pression atmosphérique comme référence (donc $p = 0$ pour $h = 0$). Les relevés se font sous pesanteur normale, $g = 9,81 \text{ m.s}^{-2}$.

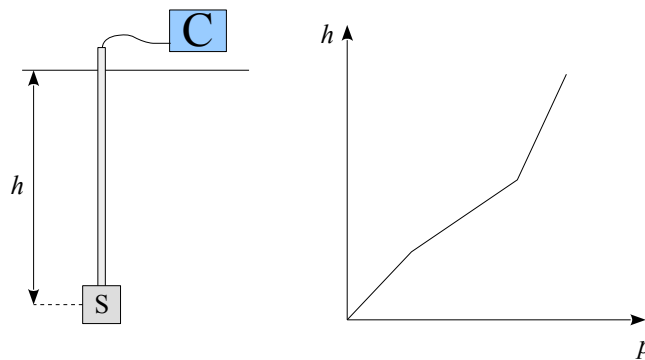


FIGURE 1 – Sonde de pression plongée sous la surface d'un liquide. Gauche : schéma de principe. Droite : exemple de relevé $p(h)$.

1.1 Relevé n°1

Lors d'un premier test, la sonde relève les valeurs données dans le Tableau 1.

h (m)	0	2	5	7	10
p (mbar)	0	220	550	770	1100

TABLE 1 – Relevé de pression n°1.

1.1) Quelle est la masse volumique du fluide ?

1.2 Relevé n°2

Lors d'un deuxième essai, effectué à un endroit différent, la sonde produit un relevé donné dans le Tableau 2.

h (m)	0	2	5	7	10
p (mbar)	0	200	515	735	1079

TABLE 2 – Relevé de pression n°2.

1.2) Ce relevé est-il compatible avec un fluide de masse volumique uniforme ? Justifier votre réponse.

On fait l'hypothèse que la masse volumique est de la forme $\rho = \rho_0 + ah$, avec ρ_0 et a deux constantes à déterminer.

1.3) Calculer les deux constantes a et ρ_0 , en expliquant comment vous avez procédé. Préciser l'unité de a . Compléter le Tableau 3.

h (m)	0	2	5	7	10
p (mbar)	0	200	515	735	1079
ρ (kg.m ⁻³)					

TABLE 3 – Relevé de pression n°2. Valeurs de masse volumique.

2 Tonnage d'un cargo

On souhaite concevoir un cargo porte-conteneurs satisfaisant les caractéristiques du Tableau 4. N.B. Le tirant d'eau est la profondeur à laquelle le bateau s'enfoncera sous la surface de l'eau. La largeur et le tirant d'eau sont imposés par les normes portuaires et ne peuvent être modifiées. Pour simplifier les calculs, on suppose que le porte-conteneurs a la forme d'un pavé (parallélépipède).

Paramètre	Signification	Valeur numérique
H	Tirant d'eau maximal	10 m
l	Largeur	60 m
m	Masse totale maximale (tonnage brut)	240 000 tonnes
ρ	Masse volumique de l'eau de mer	1,025 kg/L

TABLE 4 – Caractéristiques du porte-conteneur.

Question : Calculer la longueur L que doit avoir le porte-conteneurs pour satisfaire les contraintes du Tableau 4.

3 Vanne de digue maritime

Une digue maritime a pour rôle d'empêcher la mer d'envahir les terres. De telles digues sont nombreuses aux Pays-Bas, dont 25% du territoire sont situés sous le niveau de la mer. Lorsque ces digues sont situées à l'embouchure d'un fleuve, l'eau douce provenant du fleuve s'accumule derrière la digue et doit être évacuée dans la mer lorsque celle-ci est à marée basse. Il faut donc que la digue comporte des vannes, que l'on ouvrira lorsque la marée sera basse (Figure 2, gauche). Lors de la marée haute (Figure 2, droite), les vannes resteront fermées. Dans ce qui suit, on note h la hauteur de la vanne, h_1 et h_2 étant la hauteur de la surface libre de l'eau douce et de l'eau de mer au-dessus de la vanne. ρ_d et ρ_s sont respectivement les masses volumiques de l'eau douce et de l'eau salée (voir Tableau 5). Dans tout ce qui suit, on supposera que la vanne est toujours submergée (donc $h_1 > 0$ et $h_2 > 0$).

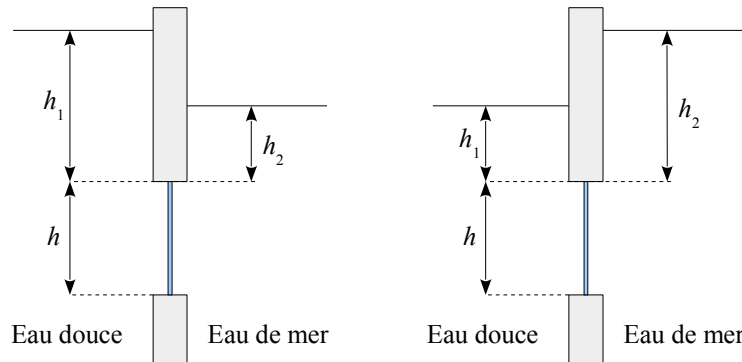


FIGURE 2 – Vanne de digue maritime. Gauche : marée basse. Droite : marée haute.

Paramètre	Signification	Valeur numérique
g	Accélération de la pesanteur	$9,81 \text{ m}^2.\text{s}^{-1}$
h	Hauteur de la vanne	2 m
ρ_d	Masse volumique de l'eau douce	$1 \text{ kg}.\text{L}^{-1}$
ρ_s	Masse volumique de l'eau de mer	$1,025 \text{ kg}.\text{L}^{-1}$

TABLE 5 – Vanne de digue maritime. Données numériques.

3.1 Critère d'ouverture de la vanne

Pour que l'on puisse ouvrir la vanne, il faut que la pression du côté gauche de la vanne soit supérieure à la pression du côté droit en tout point de la vanne (sinon, de l'eau de mer pourrait entrer). Donner la condition que doivent satisfaire h_1 et h_2 pour que ce critère soit respecté.

3.2 Force exercée sur la vanne à marée basse

Donner l'expression de la force par unité de largeur exercée sur la vanne lorsque $h_1 > h_2$ (marée basse). Faire l'application numérique pour $h_1 = 3$ m et $h_2 = 1$ m.

3.3 Force exercée sur la vanne à marée haute

Donner l'expression de la force par unité de largeur exercée sur la vanne lorsque $h_1 < h_2$ (marée haute). Faire l'application numérique pour $h_1 = 2$ m et $h_2 = 3$ m.