

Site : ☒ Luminy ☐ St-Charles ☐ St-Jérôme ☐ Cht-Gombert ☐ Aix-Montperrin ☐ Aubagne-SATIS

Sujet session de : ☐ 1^{er} semestre - ☒ 2^{ème} semestre - Session 2 ☒ Durée de l'épreuve : 2 heures.....

Examen de : ☐ L1/☒ L2/☐ L3 - ☐ M1/☐ M2 - ☐ LP - ☐ DU Nom diplôme : ...Licence SNTE.....

Code Apogée du module : SNT4U21 Libellé du module : ...**Mécanique des Fluides**.....

Document autorisé : ☐ OUI - ☒ NON

Calculatrices autorisées : ☒ OUI - ☐ NON

RÉPONDRE SUR 2 FEUILLES DIFFÉRENTES pour les 2 PARTIES

***** Les réponses doivent être les plus concises et précises possible. *****

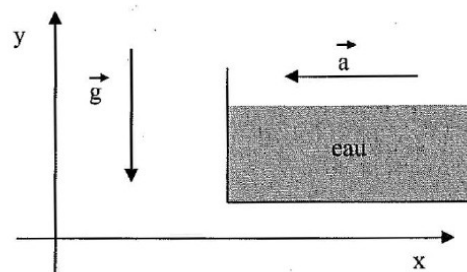
Partie 1 – A. PETRENKO

Questions de cours

1. Rappeler l'équation fondamentale de l'hydrostatique (ou Principe Fondamental de la Statique des Fluides).
2. Expliquer le fonctionnement d'un thermomètre de Galilée.
3. Rappeler les définitions des lignes de courants et des équipotentiels ; expliciter leur relation par rapport à la vitesse.
4. Énoncer l'équation de conservation de la masse.
5. Calculer la divergence du rotationnel du vecteur vitesse. Est-ce un scalaire ou un vecteur ?
6. Énoncer le théorème de Bernoulli stationnaire, en listant les hypothèses nécessaires à son utilisation.
7. Démontrer la formule de Torricelli.
8. Rappeler l'équation de Navier-Stokes. Expliquer l'origine de chaque terme.

Exercice n° 1 - Hydrostatique:

On considère un fluide placé dans un récipient animé d'un mouvement rectiligne, horizontal et uniformément accéléré.



- a) Dans la loi fondamentale de l'hydrostatique appliquée au cas ci-dessus, exprimer le vecteur des forces de volume par unité de masse \vec{f}
- b) Déterminer la pression au sein du fluide.
- c) Déterminer la forme de la surface libre. Préciser l'orientation du vecteur \vec{f} , par rapport à la surface.

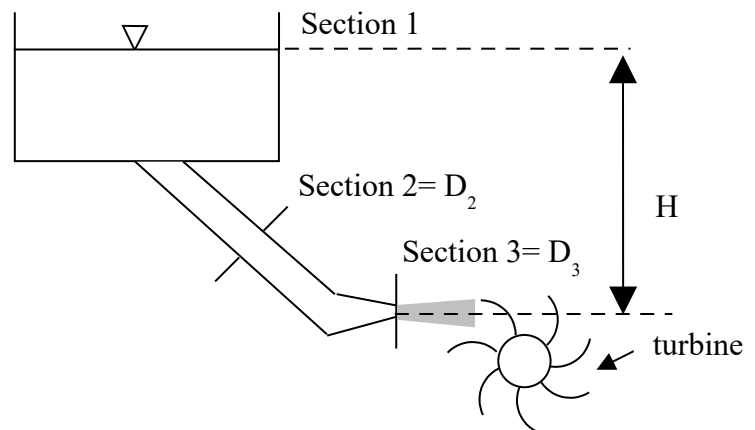
Exercice n° 2 : Hydrocinématique

- a) Rappeler l'équation de conservation de la masse pour un écoulement sans source ni puits.
- b) On fait l'hypothèse que l'écoulement est permanent. Quelles sont les conséquences de cette hypothèse ? Que devient cette équation de conservation de la masse ? Développer cette équation dans le référentiel (Oxyz) pour un vecteur vitesse (u,v,w) .
- c) On fait l'hypothèse que l'écoulement est incompressible. Quelles sont les conséquences de cette hypothèse ? Que devient l'équation de conservation de la masse ?
- d) Soit l'écoulement permanent, plan (0xy) et incompressible dont les vitesses en tout point sont :
- $$u = x^2 + y^2$$
- $$v = -2xy$$
- Vérifier que l'écoulement est conservatif.
- e) Quelles sont les conditions pour qu'il existe une fonction de courant ? Si les conditions sont vérifiées, calculer-la ; sinon indiquer ce qui se passe quand vous essayez de faire le calcul.
- f) Définir le vecteur tourbillon d'un écoulement quelconque et développer ses composantes dans le référentiel (Oxyz) pour un vecteur vitesse (u,v,w) . Le calculer dans le cas de l'écoulement de cet exercice. Qu'en déduisez-vous ?
- g) Quelles sont les conditions pour qu'il existe un potentiel des vitesses ? Si les conditions sont vérifiées, calculer-le ; sinon indiquer ce qui se passe quand vous essayez de faire le calcul.
- h) Énoncer les équations de Cauchy-Riemann en général.

Exercice n° 3 : Turbine alimentée par un grand réservoir

La conduite forcée ci-contre est alimentée par un réservoir à un niveau d'eau constant.

- a) Rappeler les hypothèses d'utilisation de l'équation de Bernoulli ; sont-elles valables dans cet exercice ?
- b) Déterminer :
- la vitesse de sortie U_3
 - la vitesse U_2 dans la conduite cylindrique de diamètre D_2
 - la puissance maximale P_T , que la turbine peut produire
 - tracer la ligne piézométrique et la ligne de charge totale entre les sections 1 et 3.



On ne tient pas compte des pertes de charge ni dans la conduite, ni dans la turbine. $H = 200\text{m}$, $D_2 = 4\text{m}$, $D_3 = 3\text{m}$.

Partiel Session 2

partie Frédéric Le Pivert

Exercice 1 : Le barrage

Dans cet exercice, on considère un barrage vertical qui retient un lac dont la hauteur d'eau est $h_e = 181$ m. Les données de l'exercice sont représentées Figure 1.

On s'intéresse aux efforts appliqués à une trappe utilisée pour la vidange. Cette trappe s'ouvre et se ferme en tournant autour d'un axe situé à l'altitude $z = 0$. Le fond du lac est à l'altitude $z_{fond} = -20$ m. La trappe est carrée de côté $L_t = 1,5$ m.

La pression atmosphérique $P_{atm} = 10^5$ Pa est identique au-dessus du lac et en aval de la trappe. L'accélération de pesanteur est $g = 9,81$ m/s².

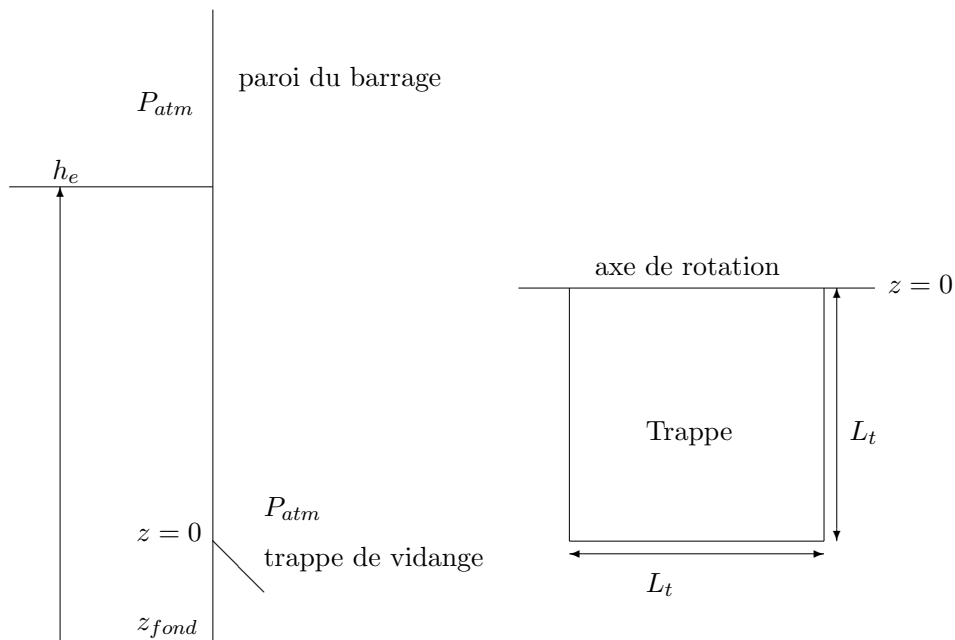


FIGURE 1 : Barrage

La trappe est fermée. On néglige les vitesses dans le lac.

1. Rappeler la relation fondamentale de l'hydrostatique.
2. Calculer le champ de pression en fonction de la profondeur z .
3. Calculer la résultante des forces de pression sur la trappe.

Exercice 2 : Les navires

Soit $\rho_m = 1025 \text{ kg/m}^3$, la densité de l'eau de mer.

Soit $\rho_e = 1000 \text{ kg/m}^3$, la densité de l'eau douce.

On utilisera les termes techniques d'usage : la hauteur immergée est appelée tirant d'eau, la masse du navire est appelée déplacement, la ligne d'eau est l'intersection entre la surface libre de l'eau et la coque du navire.

Les problèmes sont indépendants.

Problème 1

Un navire fait un voyage le long d'un fleuve. Il charge une première cargaison dans un premier port d'eau douce et la ligne d'eau atteint ses marques pour naviguer en mer. Il navigue ensuite vers un deuxième port où la densité de l'eau est $\rho = 1016 \text{ kg/m}^3$. Pour atteindre le port il consomme 20 tonnes de carburants. Il charge dans le deuxième port 120 tonnes à bord et la ligne d'eau atteint ses marques pour naviguer en mer.

Déterminer le déplacement du navire en mer, lorsque la ligne d'eau atteint les marques.

Problème 2

Un navire parallélépipédique de dimensions $24 \text{ m} \times 6 \text{ m} \times 3 \text{ m}$ a un déplacement de 150 tonnes.

Déterminer le tirant d'eau du navire lorsqu'il navigue en mer.

Problème 3

Un navire supposé parallélépipédique d'une longueur de 338 m et d'une largeur de 45 m. Il effectue un voyage entre Tokyo et Singapour (5378 km) à la vitesse de 9,4 m/s en consommant du fuel à raison de 217 tonnes par jour.

Quel doit être le déplacement du navire pour que, d'après nos hypothèses, le tirant d'eau varie de moins de 1% lors du voyage ? Donner la valeur des tirants d'eau initial et final correspondant au cas limite.

Problème 4

Soit un navire dont la vitesse est U . On adimensionne toutes les pressions sur le navire par le terme $\frac{1}{2}\rho U^2$ appelé *pression d'arrêt*. Utiliser le théorème de Bernoulli stationnaire entre un point au loin, se rapprochant du navire à la vitesse U et un point immergée sur le nez du bateau.

Faire apparaître la pression d'arrêt en faisant les hypothèses adéquates et expliquer à quoi correspond cette pression.