Statique des fluides – Exercices – Devoirs

Exercice 1 corrigé disponible

Le Nautile est un sous-marin habité, conçu par l'Ifremer, pour l'observation et l'intervention jusqu'à 6 000 mètres de profondeur.

A1. L'habitacle qui accueille l'équipage est une sphère.

Un panneau cylindrique de 45 centimètres de diamètre permet d'y accéder, par l'intermédiaire d'un sas. Par sécurité toutefois, la sphère a été conçue pour résister à une pression relative pouvant aller jusqu'à P_{max} = 900 bar.

A.1.1 Le manomètre extérieur du Nautile indique une pression absolue P_0 = 1,00 bar avant l'immersion. Lors de la plongée, le manomètre indique une pression absolue P_1 = 600 bar. Quelles auraient été les indications du manomètre s'il avait mesuré les pressions relatives ?

A.1.2 À l'aide du document et en appliquant le principe fondamental de l'hydrostatique (loi de la statique des fluides), indiquer si le Nautile se trouve sous le seuil des 6,00 km lors de la mesure P_1 = 600 bar.

A.1.3 Une pression est le quotient d'une force par une surface. Calculer la force pressante, F_{max}, en méganewton (MN), qui s'applique sur le sas de la sphère à la pression maximale.

A.1.4 Calculer la masse, m_{max}, en tonne (t), à appliquer sur le sas si un test de sécurité devait être fait à l'air libre.

A.2 Le Nautile se stabilise à une profondeur constante lors de la plongée. Le poids $\vec{P}$ du submersible est compensé par la poussée $\vec{F_A}$ d'Archimède tel que $\vec{P}+\vec{F_A}=\vec{0}$

Le Nautile navigue à vitesse constante v = 2,00 nœud. La force motrice, $\vec{F}$ a une intensité F = 300 daN.

A.2.1 Le submersible est soumis à une force de frottements $\vec{f}$ de la part de l'eau de mer. L'intensité f est-elle égale, inférieure ou supérieure à l'intensité F ? Tracer le vecteur, $\vec{f}$ sur le document réponse

A.2.2 « La sphère offre, pour une pression donnée, le meilleur rapport masse/volume disponible, suivie de l'ellipsoïde, puis du cylindre. Mais le choix ne repose pas que sur cet unique critère. En matière d'hydrodynamisme, l'ordre est différent : ellipsoïde, cylindre, sphère. (...] Le choix s'est finalement porté sur une sphère [...], elle-même enchâssée dans une coque ellipsoïdale. [...]Cette coque extérieure bien profilée aide à donner à notre sous-marin un faible coefficient de traînée (C_x) suivant l'axe horizontal[...]. » (source : http://wwz.ifremer.fr)

À l'aide du document, pour une surface frontale valant S = 14 m^2 , calculer le coefficient de trainée, C_x, du Nautile si f = 300 daN. Le choix d'une forme profilée, lors de la conception du Nautile, a-t-il permis d'améliorer le coefficient de traînée ?

Document D1 : Conversions d'unités

Pression : **1,00 bar = 10^5 Pa** Vitesse : **1 nœud = 0,514 $m.s^{-1}$**

Document D2 : Multiples

Méga (M)	kilo (k)	déca (da)	unité
10^6	10^3	10	1

Document D3 : Données physiques

Masse volumique moyenne de l'eau de mer : $\rho_{eau} = 1\,030\ kg.m^{-3}$

L'intensité de la pesanteur terrestre : $g = 9{,}83\ N.kg^{-1}$

Pression atmosphérique : $P_{atm} = 1{,}00\ bar$

Document D4 : Coefficient de trainée C_X

L'intensité de la force de frottements **f** exercée par l'eau est donnée par la relation :

$$f = \frac{1}{2} \times \rho_{eau} \times S \times C_x \times V^2$$

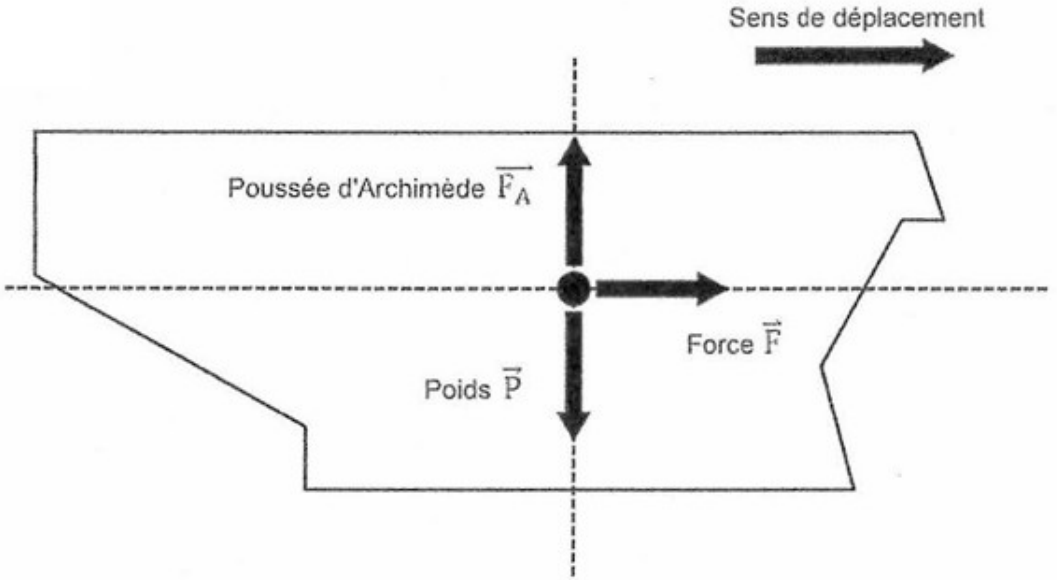
ρ_{eau} : masse volumique de l'eau en $kg.m^{-3}$.
S : surface frontale du *Nautile* en m^2.
C_x : coefficient de trainée sans unité
V : vitesse en $m.s^{-1}$

Document D5 : Coefficient de trainée C_X

Forme	Coefficient de traînée
Sphère	0.47
Demi-sphère	0.42
Cube	1.05
Corps profilé	0.04
Semi-corps profilé	0.09

Mesures des coefficients de traînée

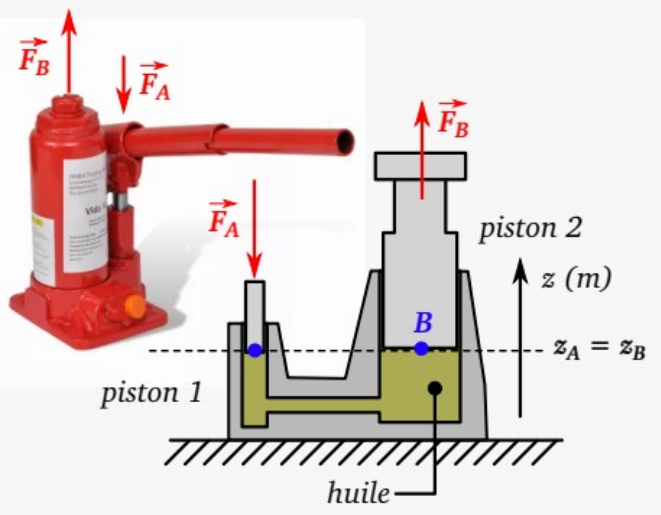
(Question A.2.1) : Vecteurs $\vec{F}$ et $\vec{f}$



Exercice 2 corrigé disponible

Un cric hydraulique est un dispositif qui permet de soulever une charge lourde (piston 2) en actionnant une pompe à main.
Une force de norme $F_A = 100\ N$ est exercée sur le piston 1 dont le diamètre est de 8,00 mm. Le piston 2 a un diamètre de 120 mm.
La masse volumique de l'huile hydraulique est $\rho_{huile} = 800\ kg.m^{-3}$.

a. Déterminer la pression de l'huile au point A.
b. Déterminer la pression de l'huile au point B, et justifier votre réponse.
c. En déduire la norme de la force F_B et expliquer l'intérêt du dispositif.



Exercice 3 corrigé disponible

1. Déterminer le poids d'une voiture de 900 kg.
2. En supposant que cette force se répartie équitablement sur les 4 roues, quelle est la pression subie par un pneu dont la surface de contact avec le sol est de 100 cm^2
3. La pression interne d'un pneu de voiture est d'environ 3 bar. Cette valeur est-elle compatible avec le calcul précédent ? Est-ce une pression absolue ou relative ?

Exercice 4 corrigé disponible

Un baril cylindrique de diamètre d = 57,0 cm et de hauteur h = 89,0 cm est rempli de pétrole, considéré comme incompressible.

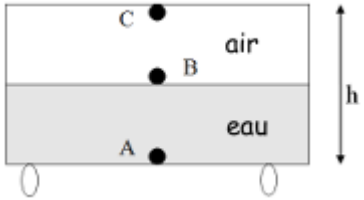
1. Calculer la masse m de pétrole contenu dans le baril.
2. Calculer le poids P du pétrole contenu dans le baril.
3. La pression p exercée par le pétrole sur le fond du baril puis la force pressante; comparer au résultat de la question 2.

Donnée : Masse volumique du pétrole : $\rho = 960\,kg\,.\,m^{-3}$

Exercice 5 corrigé disponible

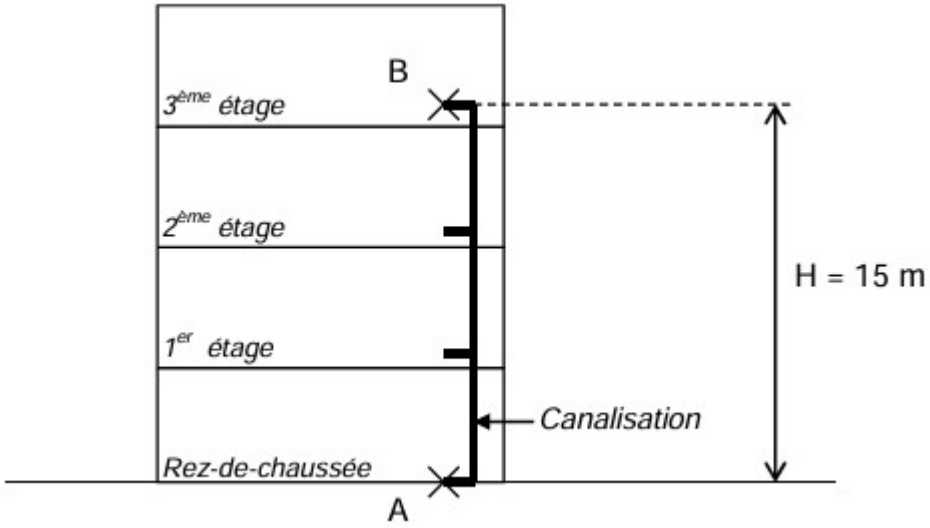
La cuve suivante est à moitié pleine. Calculez la différence de pression entre les points A et B, puis entre les points B et C. Comparer ces résultats et conclure

Donnée : h = 1,6 m



Exercice 6 corrigé disponible

La distribution d'eau chaude sanitaire dans la résidence est collective et, pour un bon fonctionnement, la pression dans les canalisations à l'arrivée de chaque appartement doit être suffisante. On indique que la pression minimale doit être de 2,50 bar. L'eau chaude est produite au rez-de-chaussée de l'immeuble (point A) et on s'intéresse à la distribution en eau chaude des appartements situés en haut de la résidence, c'est-à-dire au 3ème étage. Le schéma ci-dessous décrit la situation :



1 Donner la relation entre les pressions aux points A et B (notées respectivement p_A et p_B) de la canalisation d'eau chaude en appliquant le principe de la statique des fluides.
2 Calculer la pression nécessaire au point A pour assurer une pression de 2,50 bars au point B.
Données : 1 bar = $1{,}00.10^5$ Pa
Masse volumique de l'eau : $\rho = 1{,}00.10^3\, kg\,.\,m^{-3}$ g = 9,81 N.kg^{-1}

Exercice 7

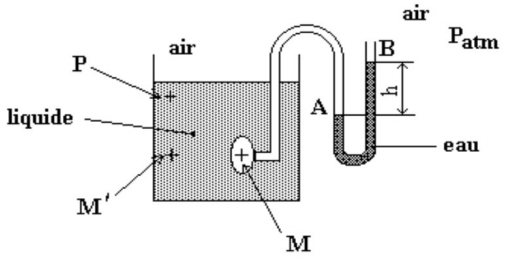
1.2. Donner l'expression de la pression **p** exercée par une force de valeur **F** s'exerçant perpendiculairement sur une surface d'aire **S**. Indiquer les unités de chacun des termes employés.

1.3. En déduire la pression **p** exercée par la brique sur la table.

1.2. Donner l'expression de la pression **p** exercée par une force de valeur **F** s'exerçant perpendiculairement sur une surface d'aire **S**. Indiquer les unités de chacun des termes employés.

1.3. En déduire la pression **p** exercée par la brique sur la table.

2. Une capsule manométrique reliée à un tube en U contenant de l'eau est plongée dans un récipient contenant un liquide :



On suppose que le fluide placé dans le tube en U est du mercure liquide de masse volumique $\rho = 13600\, kg/m^3$

2.1. La dénivellation dans le tube en U représenté sur le schéma ci-dessus vaut h = 5 cm.
Calculer la pression p_A au point A sachant que $p_B = p_{atm} = 10^5$ Pa.
Cette pression est celle qui règne également au point M.

2.2. On déplace la capsule manométrique au point M' situé dans le même plan horizontal que le point M. Comparer les pressions aux points M et M'. Justifier.

2.3. On déplace la capsule manométrique au point P. Comparer les pressions aux points M et P. Justifier.

Exercice 8

La descente du Terrible

DOCUMENT 1 - LE TERRIBLE, UN SOUS-MARIN FRANÇAIS

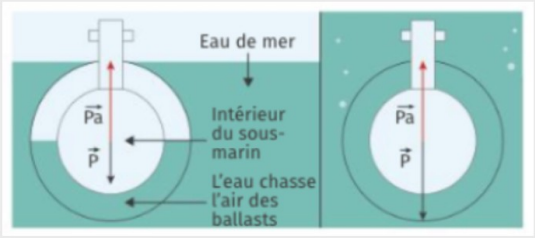
La France possède actuellement 10 sous-marins dont le Terrible, le dernier à avoir été mis en service le 20 septembre 2010. Celui-ci peut descendre à une profondeur de 400 m en emportant à son bord 111 hommes. Il fait 138 m de longueur et a une masse de 12 640 tonnes lorsqu'il est en surface. Il déplace $1{,}43\ .10^4\ m^3$ d'eau lorsqu'il est totalement immergé. Sa coque est fabriquée dans un acier pouvant supporter 1 000 N par $m\,m^2$.

DOCUMENT 2 - LA POUSSÉE D'ARCHIMÈDE

Un sous-marin au repos est soumis à deux forces verticales : son poids et la poussée d'Archimède. La poussée d'Archimède est une force orientée vers le haut, engendrée par la différence de pression de l'eau entre le bas et le haut du sous-marin. Son intensité Π est égale au produit de la masse d'eau déplacée par l'intensité de la pesanteur g : $\Pi = m_{eau\ deplacee} \cdot g$

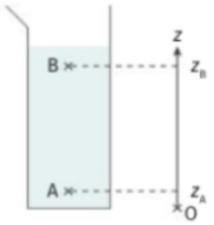
Un sous-marin peut modifier sa masse en introduisant de l'eau dans ses ballasts. Lorsque le sous-marin est immergé, il remplit ses ballasts pour que la poussée d'Archimède soit de même intensité que son poids, afin de ne pas couler directement au fond de l'eau. On dit qu'il flotte entre deux eaux.

Pour remonter, le sous-marin introduit de l'air dans les ballasts afin de chasser une partie de son eau. Sa masse diminue alors.



DOCUMENT 3 - LOI FONDAMENTALE DE LA STATIQUE DES FLUIDES

Dans un champ de pesanteur g uniforme, la différence de pression p entre deux points A et B vaut $p_A - p_B = \rho \cdot g \cdot (z_B - z_A)$ où la pression p est en pascal (Pa), la masse volumique du fluide ρ en $kg.m^{-3}$ et z en mètre m.



DONNÉES :

Pression atmosphérique : $p_{atm} = 1{,}000\ atm = 1013\ hPa = 1{,}00\ bar$

$\rho(CO_2) = 1{,}87\ kg.m^{-3}$

$\rho(eau\ de\ mer) = 1{,}0359\ kg.L^{-1}$

$g = 9{,}81\ m.s^{-2}$

A. Le Terrible au repos en profondeur

1. Représenter sur un schéma le poids du Terrible ainsi que la poussée d'Archimède qu'il subit lorsque ces deux forces se compensent.
2. Que peut-on dire du vecteur variation vitesse ?
3. Déterminer la masse d'eau de mer que le Terrible doit introduire dans ses ballasts pour que son poids soit de même intensité que la poussée d'Archimède qu'il subit.

B. Une terrible pression ?

1. A l'aide de la loi fondamentale de la statique des fluides, calculer la pression de l'eau entourant le sous-marin lorsque celui-ci est immergé à de profondeur de 350m de profondeur
2. Calculer l'intensité de la force de pression de l'eau agissant sur 1,5m² de la coque du sous-marin
3. Sachant que l'intérieur d'un sous-marin est laissé à la pression P_0, calculer l'intensité de la force de pression de l'air sur 1,5m² de sa coque
4. Représenter ces deux forces sur un schéma à l'échelle : 1cm ↔ 10^6 N
5. Calculer la résultante de ces forces
6. La coque supportera-t-elle cette force pressante ? Décrire le raisonnement.