

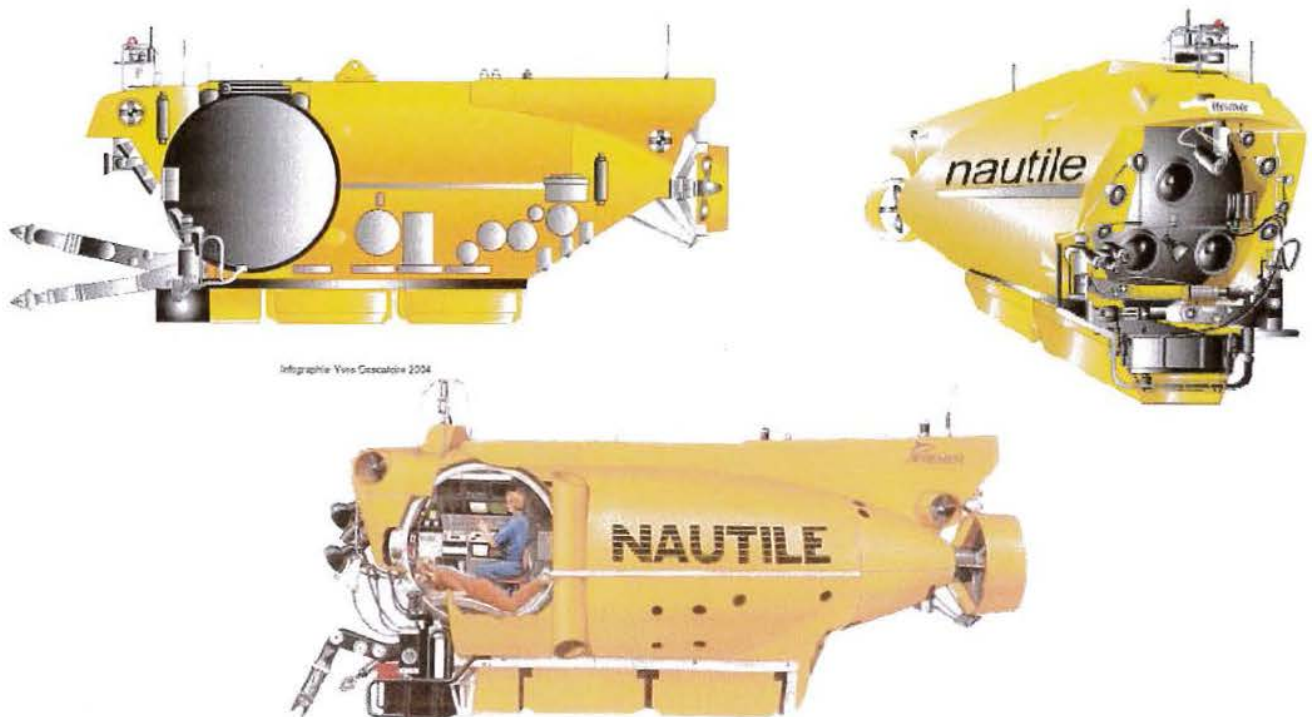
## PRÉSENTATION DU SUBMERSIBLE LE NAUTILE

Les documents du sujet sont issus des sites suivants :

[http://wwz.ifremer.fr/grands\\_fonds/Les-moyens/Les-engins](http://wwz.ifremer.fr/grands_fonds/Les-moyens/Les-engins)

[https://fr.wikipedia.org/wiki/Nautile\\_\(sous-marin\\_de\\_poche\)](https://fr.wikipedia.org/wiki/Nautile_(sous-marin_de_poche))

Le *Nautile* est un sous-marin habité, conçu par l'Ifremer, pour l'observation et l'intervention jusqu'à 6 000 mètres de profondeur. Il rend accessible 97 % de la superficie des fonds marins.



### Caractéristiques techniques :

Profondeur d'intervention : 6 000 m

Masse (pour une plongée à 6 000 m) :  
19 500 kg

Équipage : 3 personnes

Réglage d'assiette par transfert de mercure :  
 $\pm 10^\circ$

Propulsion principale : 1 propulseur axial orientable

Autonomie (travail sur le fond) à 6 000 m : 5 h

#### Télémanipulation :

1 bras de préhension à 4 degrés de liberté  
(+ ouverture et fermeture de la pince)

1 bras de manipulation à 6 degrés de liberté  
(+ ouverture et fermeture de la pince)

## PARTIE A – PLONGÉE ET EXPLORATION

Cette partie fait appel aux documents D1 à D8 pages 10 et 11.

**A.1** 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. Sachant que plus de 97 % de la surface des océans est à moins de 6 000 mètres de profondeur, les concepteurs retiennent cette référence. Par sécurité toutefois, la sphère a été conçue pour résister à une **pression relative** pouvant aller jusqu'à  $P_{\max} = 900 \text{ bar}$ .

**A.1.1** Le manomètre extérieur du *Nautilus* indique une pression absolue  $P_0 = 1,00 \text{ bar}$  avant l'immersion. Lors de la plongée, le manomètre indique une pression absolue  $P_1 = 600 \text{ bar}$ . Quelles auraient été les indications du manomètre s'il avait mesuré les pressions relatives ? Justifier votre réponse.

**A.1.2** À l'aide des **documents page 4** et en appliquant le principe fondamental de l'hydrostatique (loi de la statique des fluides), indiquer si le *Nautilus* se trouve sous le seuil des 6,00 km lors de la mesure  $P_1 = 600 \text{ bar}$ .

**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 *Nautilus* se stabilise à une profondeur constante lors de la plongée. Le poids,  $\vec{P}$ , du sous-mersible est compensé par la poussée d'Archimède  $\vec{F}_A$  :

$$\vec{P} + \vec{F}_A = \vec{0}$$

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

**A.2.1** Le sous-mersible 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 DR1 page 6**.

**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 des **documents page 4**, pour une surface frontale valant  $S = 14 \text{ m}^2$ , calculer le coefficient de traînée,  $C_x$ , du *Nautilus* si  $f = 300 \text{ daN}$ .

Le choix d'une forme profilée, lors de la conception du *Nautilus*, a-t-il permis d'améliorer le coefficient de traînée ?

**A.2.3** Le pilote arrête le moteur.

On rappelle le principe fondamental de la dynamique :

$$\vec{P} + \vec{F}_A + \vec{F} + \vec{f} = m \cdot \vec{a}$$

Choisir et recopier sur votre copie la proposition correspondante à cette situation :

<b>Proposition 1 :</b>	F diminue	f augmente	v diminue.
<b>Proposition 2 :</b>	F augmente	f augmente	v diminue.
<b>Proposition 3 :</b>	F est nulle	f augmente	v diminue.
<b>Proposition 4 :</b>	F est nulle	f diminue	v diminue.

**A.3** Le *Nautil* est à l'arrêt pour récolter un échantillon de roche à l'aide de son bras télémanipulateur. En extension maximale, le bras peut encore exercer une force  $F_1 = 80,0 \text{ daN}$ .

Le mouvement du bras et la prise d'objet peuvent déclencher une rotation du submersible qui risque de le déstabiliser.

« Il est intéressant de disposer d'un moyen simple pour faire varier l'assiette de plus ou moins dix degrés. [...] Sur le *Nautil*, la solution retenue repose sur un circuit [...] de mercure, qui sous pression d'huile peut être déplacé rapidement de l'extrême avant à l'extrême arrière. »

Source : <http://wwz.ifremer.fr>

**Voir les documents D7 et D8 page 5.**

**A.3.1** Placer sur le **document réponse DR2 page 6** la distance,  $d_1$ , correspondant au « bras de levier » de la force  $\vec{F}_1$  lorsque le *Nautil* prélève un échantillon de roche.

**A.3.2** Calculer le moment de force  $M_{\vec{F}_1}$  créé par la force,  $F_1$ , exercée par l'échantillon récolté sachant que  $M_{\vec{F}_1} = F_1 \times d_1$  et que le bras de levier,  $d_1$ , vaut **4,00 m**.

**A.3.3** Il va falloir compenser le moment de force  $M_{\vec{F}_1}$  par un autre moment de force  $M_{\vec{F}_2}$  pour garder la même assiette. Le mouvement du mercure assure cette stabilité en jouant sur les moments de force qui agissent sur le sous-marin :  $M_{\vec{F}_1} - M_{\vec{F}_2} = 0$ .

Calculer alors le volume,  $V_2$ , du mercure nécessaire pour garder l'assiette nulle, sachant que le bras de levier correspondant à  $\vec{F}_2$  vaut  $d_2 = 3,00 \text{ m}$ . Donner le résultat final en litres (L).

**A.3.4** À l'aide du **document D8 page 5**, indiquer l'inconvénient d'avoir du mercure à bord du *Nautil*.

**A.3.5** « En terrain accidenté ou pour certaines observations, il est intéressant de disposer d'un moyen simple pour faire varier l'assiette de plus ou moins dix degrés. [Une autre option] serait [...] de déplacer la batterie principale par vérin à vis. » (source : <http://wwz.ifremer.fr>)

Argumenter, en vous aidant du **document D8 page 5**, le choix d'un circuit de mercure à bord du *Nautil*.

---

**Document D1 : Conversions d'unités**Pression : 1,00 bar =  $10^5$  PaVitesse : 1 nœud =  $0,514 \text{ m.s}^{-1}$ 

---

**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 :  $\rho_{\text{eau}} = 1\,030 \text{ kg.m}^{-3}$ L'intensité de la pesanteur terrestre :  $g = 9,83 \text{ N.kg}^{-1}$ Pression atmosphérique :  $P_{\text{atm}} = 1,00 \text{ bar}$ 

---






**Document D4 : Coefficient de traînée  $C_x$** L'intensité de la force de frottements  $f$  exercée par l'eau est donnée par la relation :

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

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

---

**Document D5 : Coefficient de traînée  $C_x$** 

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

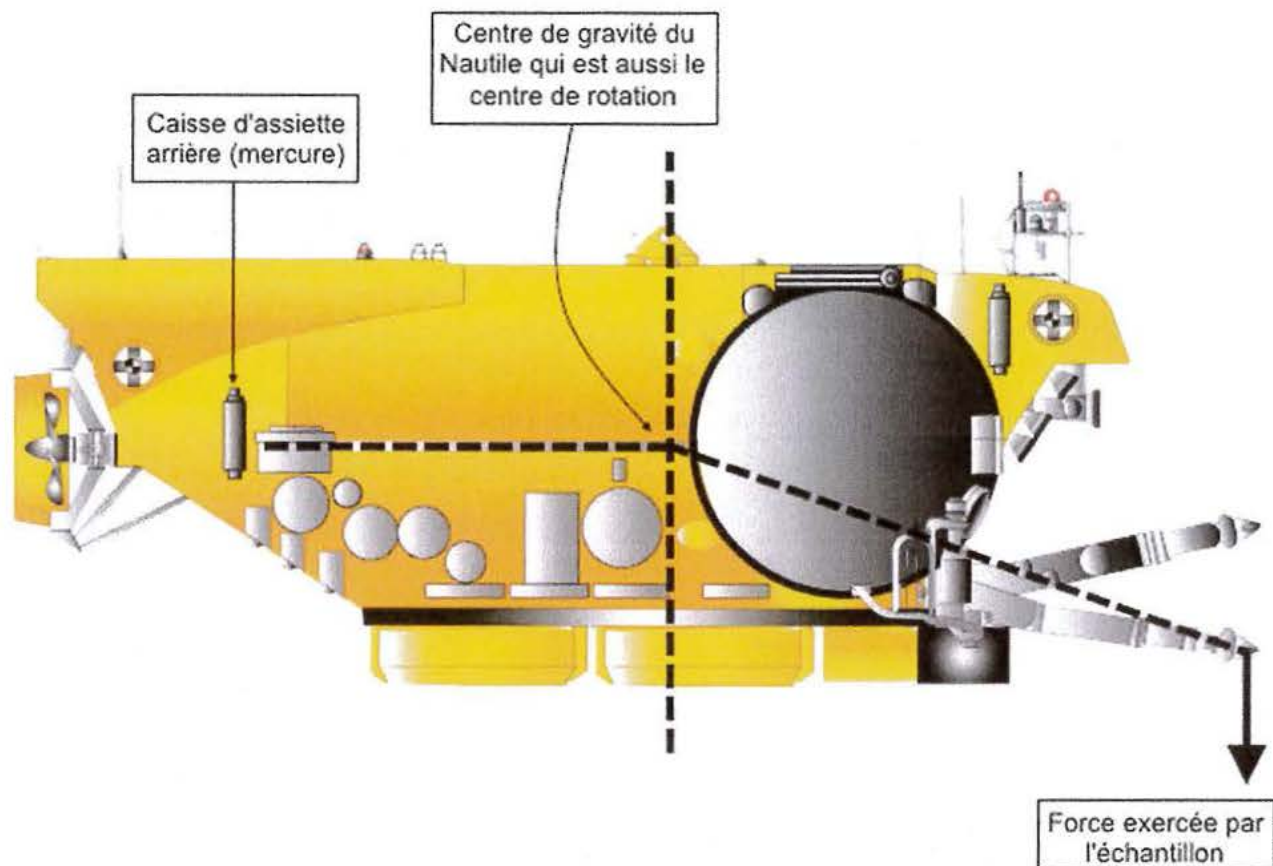
Mesures des coefficients de traînée

---

**Document D6 : L'assiette**

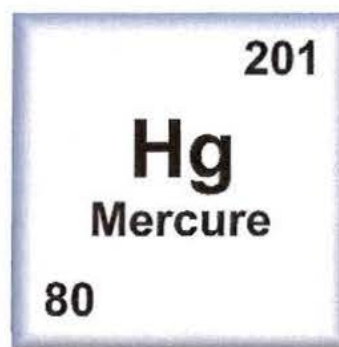
L'assiette désigne la position de l'axe d'un aéronef, d'un navire ou d'un sous-marin par rapport au plan horizontal.

## Document D7 : La récolte d'échantillons



## Document D8 : Le mercure

**Symbole :** Hg  
**Couleur :** argenté, blanc  
**Masse volumique :**  $13\,600 \text{ kg.m}^{-3}$   
**État ordinaire :** liquide

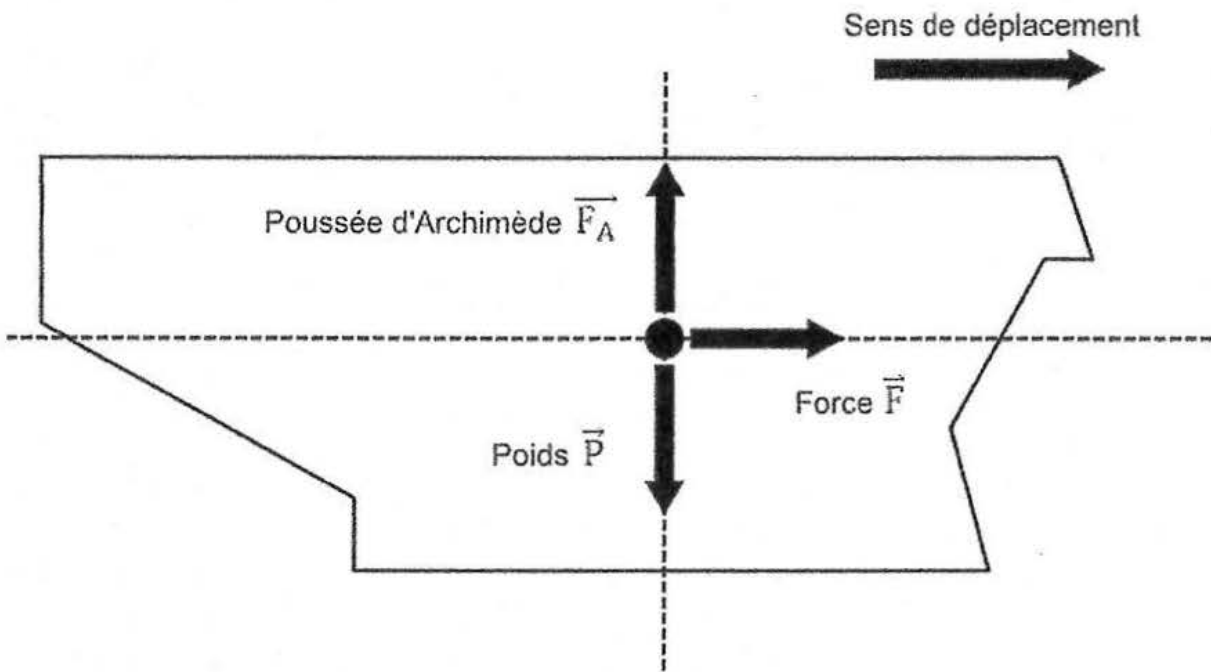


SGH :



Danger

DR1 (Question A.2.1) : Vecteurs  $\vec{F}$  et  $\vec{f}$



DR2 (Question A.3.1) : Bras de levier  $d_1$

