

PRÉSENTATION DU SUBMERSIBLE LE NAUTILE

PARTIE A - PLONGÉE ET EXPLORATION

A.1.

A.1.1. La pression relative est définie par :

$$P_{rel} = P_{abs} - P_{atm} \quad \text{avec } P_{atm} = 1 \text{ bar}$$

Donc pour les pressions P_0 et P_1 :

$$P_0 = 1 - 1 = 0 \text{ bar}$$

$$P_1 = 600 - 1 = 599 \text{ bar}$$

A.1.2. D'après le principe fondamental de l'hydrostatique entre les points A (à la surface) et B (position du Nautille), on a la relation :

$$P_A + \rho g z_A = P_B + \rho g z_B \quad \text{donc} \quad \rho g (z_A - z_B) = P_B - P_A \quad \text{avec} \quad h = z_A - z_B$$

$$h = \frac{P_B - P_A}{\rho g} \quad \text{donc} \quad h = \frac{P_B - P_A}{\rho g} = \frac{(600-1) \times 10^5}{1030 \times 9,83} = 5916 \text{ m} = 5,92 \text{ km}$$

Donc le Nautille se trouve à une profondeur de 5,92 km et n'est en dessous de la limite des 6 km.

A.1.3 Le sas a un diamètre de 45 cm donc un rayon de 22,5 cm.

On a la relation : $S = \pi R^2 = 3,14 \times 0,225^2 = 1,59 \times 10^{-1} \text{ m}^2$

D'après l'énoncé, on a la relation :

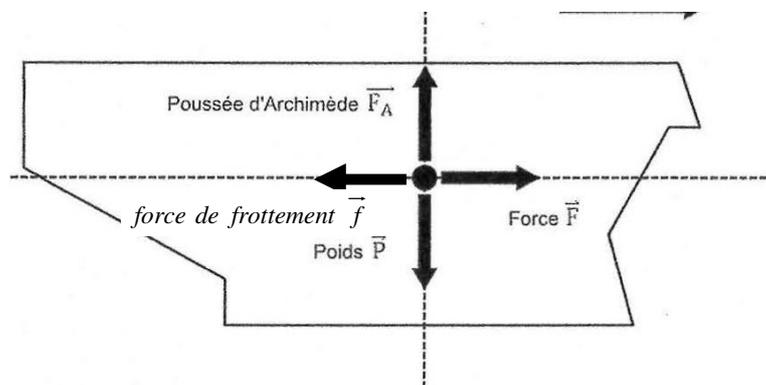
$$P = \frac{F_{max}}{S} \quad \text{donc} \quad F_{max} = P \times S = 900 \times 10^5 \times 1,59 \times 10^{-1} = 1,43 \times 10^7 \text{ N} = 14,3 \text{ MN}$$

A.1.4 A l'air libre, la force due à la masse positionnée sur le sas correspond au poids. On a la relation :

$$P = m \times g \quad \text{donc} \quad m = \frac{P}{g} = \frac{F_{max}}{g} = \frac{1,43 \times 10^7}{9,83} = 1,45 \times 10^6 \text{ kg} = 1,45 \times 10^3 \text{ t}$$

A.2.

A.2.1. La vitesse du Nautille est constante donc, d'après le principe d'inertie, les forces qui s'exercent sur le Nautille se compensent. Le poids et la poussée d'Archimède se compensent donc la force de frottement et la force de traction se compensent. Donc l'intensité de f est égale à l'intensité de F .



A.2.2. D'après le document D1, 1 nœud = 0,514 m.s⁻¹. La vitesse du Nautil est de 2 nœuds donc $v = 2 \times 0,514 = 1,028 \text{ m.s}^{-1}$.

$f = 300 \text{ daN} = 3000 \text{ N}$

D'après le document D4, la force de frottement est donnée par la relation :

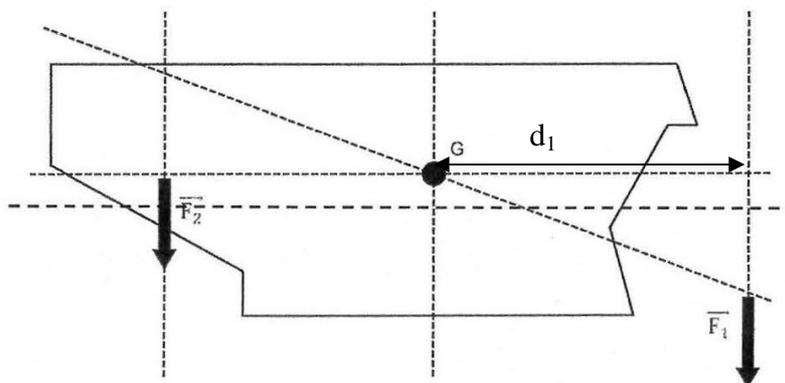
$$f = \frac{1}{2} \times \rho_{\text{eau}} \times S \times C_x \times v^2 \quad \text{donc} \quad C_x = \frac{f}{\frac{1}{2} \times \rho_{\text{eau}} \times S \times v^2} = \frac{2f}{\rho_{\text{eau}} \times S \times v^2} = \frac{2 \times 3000}{1030 \times 14 \times 1,028^2} = 0,39$$

Le choix d'une forme profilée, lors de la conception du Nautil, a permis d'améliorer le coefficient de traînée car il est inférieur à celui d'une sphère qui est de 0,47.

A.2.3. Si le pilote arrête le moteur, $F = 0$. Or la force de frottement subsiste donc la vitesse v diminue. De plus la force de frottement est proportionnelle à la vitesse au carré (d'après la question précédente) donc la force de frottement f diminue également. Il s'agit donc de la proposition 4.

A.3.

A.3.1.



A.3.2. Calcul du moment de la force :

D'après l'énoncé, on a la relation : $M_{\vec{F}_1} = F_1 \times d_1 = 800 \times 4 = 3200 \text{ N.m}$

A.3.3. D'après la relation de l'énoncé :

$$M_{\vec{F}_1} = M_{\vec{F}_2} \quad \text{donc} \quad M_{\vec{F}_2} = 3,2 \times 10^3 \text{ N.m}$$

$$\text{or} \quad M_{\vec{F}_2} = F_2 \times d_2 \quad \text{donc} \quad F_2 = \frac{M_{\vec{F}_2}}{d_2} = \frac{3,2 \times 10^3}{3} = 1067 \text{ N}$$

Cette force \vec{F}_2 correspond au poids du mercure donc $P = F_2 = 1067 \text{ N}$

On a la relation :

$$P = m \times g \quad \text{donc} \quad m = \frac{P}{g} = \frac{1067}{9,83} = 108,5 \text{ kg}$$

On a également la relation permettant de calculer la masse volumique :

$$\rho = \frac{m}{V} \quad \text{donc} \quad V = \frac{m}{\rho} = \frac{108,5}{13600} = 7,98 \times 10^{-3} \text{ m}^3 = 7,98 \text{ L}$$

A.3.4. D'après le document D8, l'inconvénient d'avoir du mercure à bord du Nautil est qu'il est toxique et dangereux pour la santé et l'environnement.

A.3.5. D'après le document D8, le mercure a une grande masse volumique donc une petite quantité est suffisante pour faire varier l'assiette. Cette petite quantité peut être également déplacée rapidement contrairement au déplacement de la batterie principale par vérin à vis.

PARTIE B - STOCKAGE DE L'ÉNERGIE

B.1.

B.1.1. L'énergie s'exprime en W.h mais aussi en V.A.h, la tension s'exprime en V. D'après l'unité de la capacité en A.h, on a la relation :

$$Q_1 = \frac{E_1}{U_1} = \frac{40000}{220} = 181,8 \text{ A.h}$$

B.1.2. Calcul de la durée de charge :

On a la relation :

$$Q_1 = I_1 \times \Delta t \quad \text{donc} \quad \Delta t = \frac{Q_1}{I_1} = \frac{180}{15,0} = 12,0 \text{ h}$$

B.1.3. Un onduleur permet de transformer le courant continu en courant alternatif

B.1.4. Calcul de la puissance et de l'énergie mécanique :

D'après l'énoncé, on a la relation :

$$P_{\text{méca}} = F \times v = 3000 \times 2 \times 0,514 = 3084 \text{ W} = 3,1 \text{ kW}$$

On a également la relation :

$$E_{\text{méca}} = P_{\text{méca}} \times \Delta t = 3084 \times 5 = 1,54 \times 10^4 \text{ W.h} = 15,4 \text{ kW.h}$$

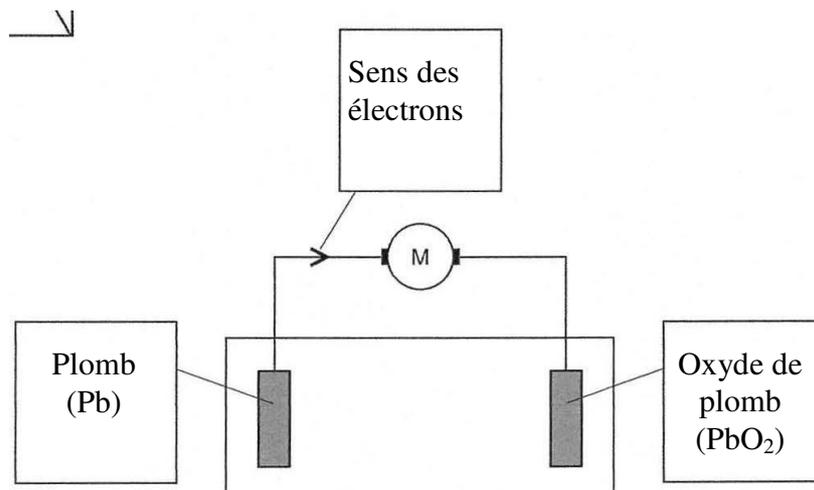
B.1.5. Calcul du pourcentage d'énergie restant :

On a utilisé une énergie de 15,4 kW.h donc il reste $40 - 15,4 = 24,6$ kW.h.

$$\% \text{ énergie} = \frac{40 - 15,4}{40} = 0,615 \text{ soit } 61,5 \%$$

B.2.

B.2.1.



B.2.2. A la cathode la réaction est la suivante : $\text{PbO}_2 + 2\text{e}^- + 4\text{H}^+ = \text{Pb}^{2+} + 2\text{H}_2\text{O}$

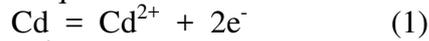
Les ions H^+ sont des réactifs et disparaissent.

Les bonnes affirmations sont :

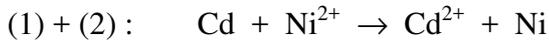
- La réaction à la cathode consomme des ions H^+
- La réaction à la cathode va augmenter le pH à l'intérieur de la batterie

B.3.

B.3.1. Les demi-équations sont :



L'équation de la réaction s'écrit :



B.3.2. D'après le document 10, cette batterie lithium-ion a été choisie car elle possède la densité massique et volumique est élevée. En effet cela permet d'avoir une batterie de masse et de volume plus faible que les autres. Et ces critères de masse et de volume sont importants dans le cas d'un sous-marin. Si la masse de la batterie est trop élevée, il faudra compenser par d'autres matériaux moins denses que l'eau.

B.4. Le moteur fournit une puissance mécanique maximale $P_{\text{méca}}$ de 5,00 kW. Au niveau du moteur, on a la relation :

$$\eta_m = \frac{P_u}{P_a} = \frac{P_{\text{méca}}}{P_{aM}} \quad \text{donc} \quad P_{aM} = \frac{P_{\text{méca}}}{\eta_m} = \frac{5,00}{0,95} = 5,26 \text{ kW}$$

L'énergie perdue P_{PM} est de :

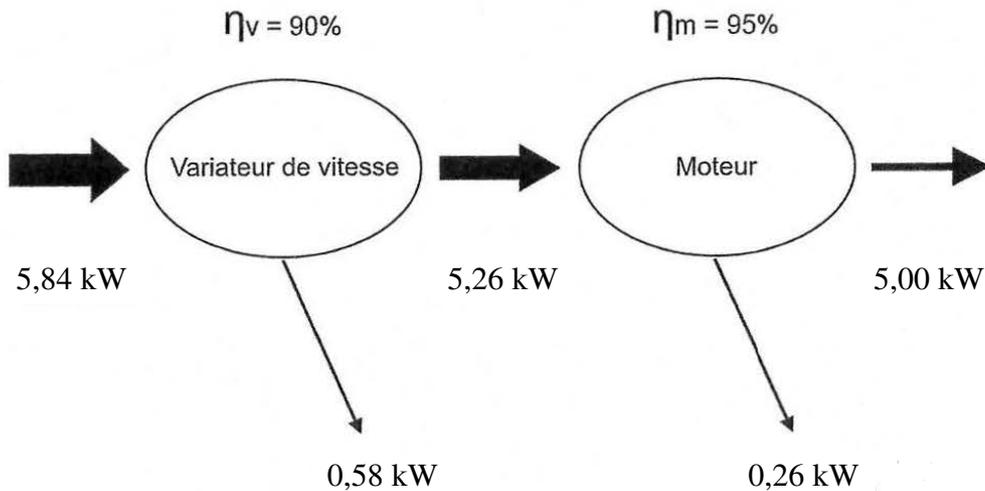
$$P_{aM} = P_{\text{méca}} + P_{PM} \quad \text{donc} \quad P_{PM} = P_{aM} - P_{\text{méca}} = 5,26 - 5,00 = 0,26 \text{ kW}$$

Au niveau du variateur de vitesse, on a la relation :

$$\eta_v = \frac{P_u}{P_a} = \frac{P_{aM}}{P_{aV}} \quad \text{donc} \quad P_{aV} = \frac{P_{aM}}{\eta_v} = \frac{5,26}{0,90} = 5,84 \text{ kW}$$

L'énergie perdue P_{PV} est de :

$$P_{aV} = P_{aM} + P_{PV} \quad \text{donc} \quad P_{PV} = P_{aV} - P_{aM} = 5,84 - 5,26 = 0,58 \text{ kW}$$

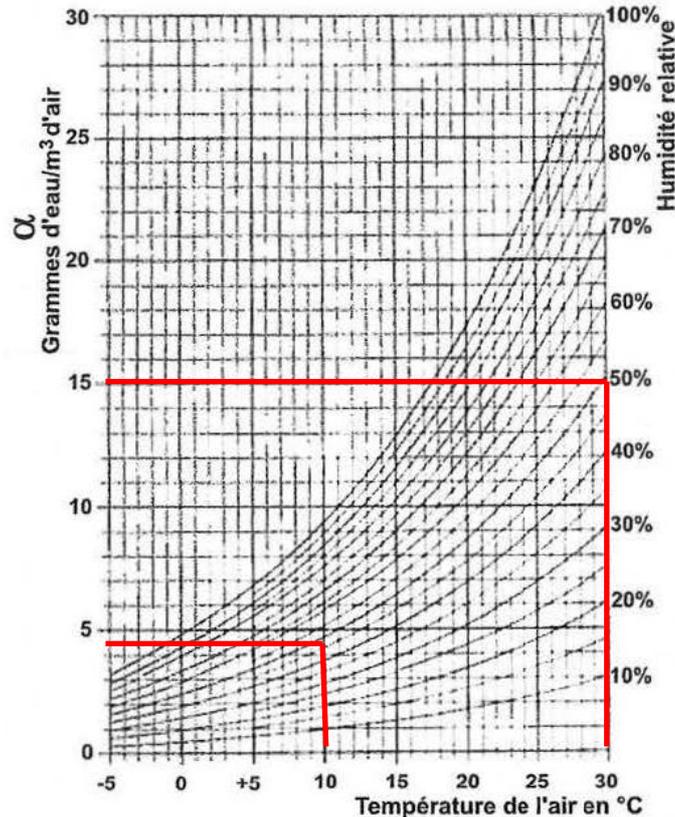


PARTIE C - PROTECTION DES BIENS ET DES PERSONNES

C.1.

C.1.1. Le terme qui aurait dû être employé pour ce changement d'état est le terme liquéfaction c'est-à-dire le passage de l'état vapeur à l'état liquide.

C.1.2.



Si $\theta_1 = 30\text{ °C}$, lorsque l'humidité relative de l'air vaut $HR_1 = 50\%$, la valeur de la masse d'eau α par m^3 d'air est de 15 g.

Si $\theta_2 = 10\text{ °C}$, lorsque l'humidité relative de l'air vaut $HR_2 = 45\%$, la valeur de la masse d'eau α par m^3 d'air est de 4,3 g.

C.1.3. On passe de l'air à 30 °C ayant une humidité relative de 50% à de l'air à l'intérieur de la sphère est à 10 °C avec une humidité relative de 45% . Donc, d'après la question précédente, la masse d'eau par m^3 d'air diminue de $15 - 4,3 = 10,7\text{ g}$. La masse d'eau qui est passée de l'état gazeux à l'état liquide est de $10,7\text{ g}$ pour 1 m^3 d'air.

Le volume de de la sphère habitable du Nautille est de $4,0\text{ m}^3$ donc la masse d'eau qui est passée de l'état gazeux à l'état liquide est :

$$m_{\text{eau}} = 10,7 \times 4 = 42,8\text{ g}$$

C.2.

C.2.1. Calcul de la profondeur :

D'après le document D12, la vitesse des ondes sonores dans l'eau est de 1480 m.s^{-1} .

On a la relation :

$$v = \frac{d}{t} \quad \text{donc} \quad d = v \times t = 1480 \times 2 = 2960\text{ m} = 2,96\text{ km}$$

C.2.2. D'après le document D13, les longueurs d'ondes limites sont $\lambda_{\min} = 1 \text{ m}$ et $\lambda_{\max} = 10 \text{ m}$.
D'après l'énoncé, on a la relation :

$$c = \lambda \times f \quad \text{donc} \quad f = \frac{c}{\lambda}$$

$$f_{\min} = \frac{c}{\lambda_{\max}} = \frac{3,00 \times 10^8}{10} = 3,00 \times 10^7 \text{ Hz} = 30,0 \text{ MHz}$$

$$f_{\max} = \frac{c}{\lambda_{\min}} = \frac{3,00 \times 10^8}{1} = 3,00 \times 10^8 \text{ Hz} = 300 \text{ MHz}$$

C.2.3. La grandeur manquante est le champ magnétique oscillant exprimé en tesla (T).

C.3.

C.3.1. On a 0,04 % pour 400 ppm donc pour le seuil limite de la concentration en dioxyde de carbone qui est de 1 % on a une concentration de 10000 ppm.

C.3.2. L'intervalle de la mesure est de :

$$C_{\max} = 9700 + 50 + 0,03 \times 9700 = 10041 \text{ ppm}$$

$$C_{\min} = 9700 - 50 - 0,03 \times 9700 = 9359 \text{ ppm}$$

Il est donc possible que la concentration en dioxyde de carbone dépasse le seuil limite de 10000 ppm donc il y a danger pour l'équipage.

C3.3. Calcul du nombre de moles de chaux :

On a la relation :

$$n_{\text{chaux}} = \frac{m_{\text{chaux}}}{M_{\text{chaux}}} = \frac{4000}{74,1} = 54,0 \text{ mol}$$

Calcul du volume maximal de dioxygène pouvant être absorbé :

D'après l'équation de réaction de l'étape 1 on a la relation : $n_{\text{CO}_2} = n_{\text{H}_2\text{CO}_3}$

D'après l'équation de réaction de l'étape 2 on a la relation : $n_{\text{H}_2\text{CO}_3} = n_{\text{Ca(OH)}_2}$

Donc on a la relation :

$$n_{\text{CO}_2} = n_{\text{Ca(OH)}_2} = 54,0 \text{ mol}$$

D'après l'énoncé, 1 mole de gaz occupe un volume de 23 L donc

$$V_{\text{CO}_2} = 54,0 \times 23,0 = 1242 \text{ L}$$

Calcul de la capacité (en L/kg) d'absorption du dioxyde de carbone par la chaux sodée.

$$\text{capacité} = \frac{V_{\text{CO}_2}}{m_{\text{chaux}}} = \frac{1242}{4,0} = 310,5 \text{ L.kg}^{-1}$$

C.3.4. Dans la chaux sodée du commerce, il y a 80 % de chaux Ca(OH)_2

Donc la capacité théorique d'absorption pour 1 kg de chaux sodée sera de : $310,5 \times 0,8 = 248 \text{ L}$

Cette valeur est supérieure à la valeur de la chaux sodée du commerce qui est comprise entre 150 et 200 L. Pour expliquer cette différence, on peut faire l'hypothèse que les réactions proposées sont limitées et ne sont pas totales.