

La rédaction et l'orthographe sont également appréciées. Calculatrice autorisée en mode examen.

EXERCICE A – NUISANCES SONORES D'UN AÉROPORT [7 pts]

Les services d'un aéroport commandent, à un laboratoire spécialisé, une étude sur les nuisances sonores produites. En effet, cet aéroport est devenu depuis quelques mois la plate-forme de décollage et d'atterrissage pour des vols d'avions de chasse.

L'objectif de cet exercice est d'étudier ces nuisances sonores et l'atténuation de celles-ci à l'aide de la pose d'un vitrage.

Donnée :

- La relation entre le niveau d'intensité sonore L (dB) et intensité sonore I ($\text{W}\cdot\text{m}^{-2}$) :

$$L = 10 \cdot \log\left(\frac{I}{I_0}\right)$$

- L'intensité sonore de référence I_0 est égale à $1,0 \times 10^{-12} \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$.

Le laboratoire a installé ses appareils de mesure au voisinage de l'habitation la plus proche de l'aéroport. L'intensité sonore I_{A1} générée par un avion de chasse A1 lors du décollage a été mesurée I_{A1} est égale à $7,9 \times 10^{-6} \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$.

- Calculer le niveau d'intensité sonore L_{A1} correspondant à l'intensité sonore I_{A1} .

La figure 1 représente les variations du niveau d'intensité sonore (en dB) en fonction de la distance (en m) pour trois avions de type A1, A2 et A3.

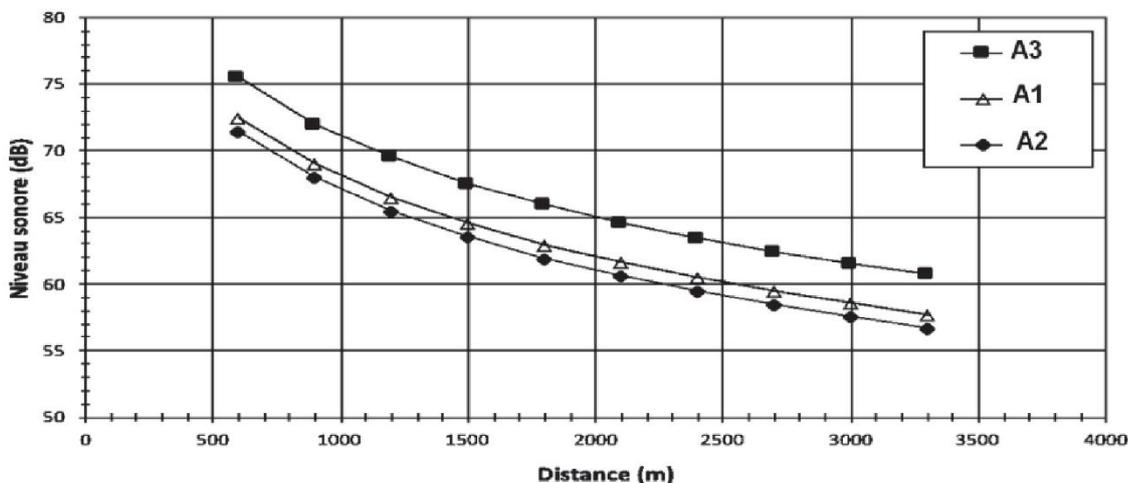


Figure 1. Représentation des variations du niveau d'intensité sonore en fonction de la distance pour différents types d'avions.

- À l'aide des données, déterminer la distance d à laquelle se trouve l'habitation la plus proche de l'aéroport.
- Parmi les trois types d'avions étudiés A1, A2 et A3, citer l'avion le plus bruyant.
- En utilisant la figure 1, estimer la diminution du niveau d'intensité sonore L lorsque la distance à la source est multipliée par deux.

Si plusieurs sources émettent des ondes sonores alors l'intensité sonore qui en résulte correspond à la somme des intensités sonores de toutes les sources.

- Calculer le niveau d'intensité sonore L_{total} qui serait mesuré chez ce riverain si deux avions de chasse A1 décollaient au même instant.

Donnée :

- L'intensité sonore I à une distance d (en mètre) d'une source émettant dans toutes les directions est liée à la puissance sonore P (en watt) de cette source par la relation $I = \frac{P}{S}$ où S représente la surface de la sphère de rayon d soit $S = 4\pi d^2$.

Un autre avion de chasse A4, encore plus bruyant, émet dans l'air un son d'une puissance P égale à 452 kW.

6. Calculer le niveau d'intensité sonore L_{A4} de cet avion de chasse A4 perçu à proximité de l'habitation d'un riverain habitant à la distance d égale à 900 m de la piste.

Données :

- Le tableau suivant présente une échelle de niveaux d'intensité sonores et les sensations associées.

Niveau d'intensité sonore (dB)	0	40	60	80	90	120
Sensation	Limite d'audibilité	Bruit de fond calme	Bruit gênant	Bruit très gênant	Seuil de danger	Seuil de douleur

7. À l'aide des données du tableau précédent, déterminer si le niveau d'intensité sonore L_{A4} est vraiment nuisible pour ce riverain.

L'analyse des bruits émis par l'avion de chasse A4 fait apparaître un sifflement caractéristique, de fréquence proche de 3500 Hz dû aux moteurs de l'avion. Pour limiter les nuisances sonores, une étude préconise de changer le type de vitrage des fenêtres des maisons placées à proximité. Ces fenêtres sont actuellement équipées de vitrage 4 mm. La figure 2 ci-après représente les variations de l'atténuation en fonction de la fréquence du son émis pour différents types de vitrages.

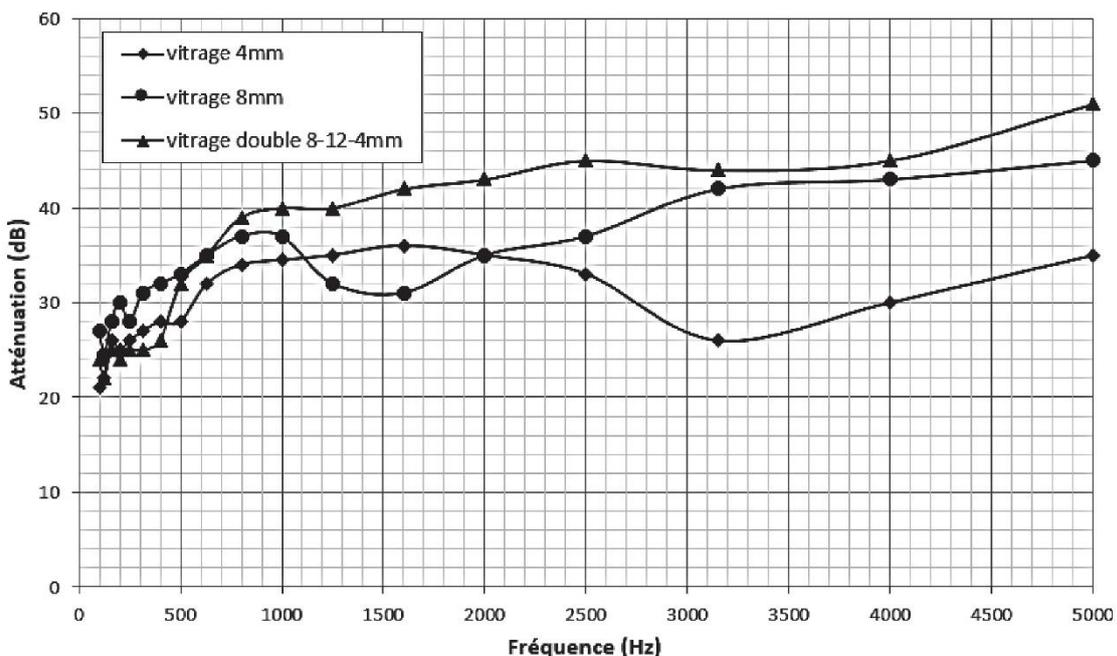


Figure 2. Représentation des variations de l'atténuation en fonction de la fréquence du son émis pour différents types de vitrages.

8. Conseiller le riverain quant au choix du type de vitrage à installer. Puis, indiquer si ce choix résoudra le problème des nuisances sonores.

EXERCICE B – STOCKAGE DE L'ÉNERGIE [9 pts]

Voir également l'annexe en fin d'exercice

- B.1** La batterie principale du sous-marin alimente le moteur de propulsion principal, les moteurs verticaux, latéraux et les auxiliaires de puissance tels que les stations d'huile et les projecteurs.

La batterie auxiliaire alimente les équipements et les instruments.

Enfin, une batterie de secours, située à l'intérieur de la sphère, alimente le téléphone sous-marin et les systèmes de sécurité.

Données :

La batterie principale ($U_1 = 220 \text{ V}$) possède une énergie $E_1 = 40,0 \text{ kW.h}$.

La batterie auxiliaire ($U_2 = 28 \text{ V}$) possède une énergie $E_2 = 6,50 \text{ kW.h}$.

- B.1.1** En vous appuyant sur une analyse dimensionnelle, calculer la capacité, Q_1 , de la batterie principale, en **A.h**.
- B.1.2** Après chaque plongée la batterie principale est rechargée avec un courant d'intensité $I_1 = 15,0 \text{ A}$. Calculer la durée de charge Δt nécessaire avant la préparation de la prochaine mission, en supposant que $Q_1 = 180 \text{ A.h}$.
- B.1.3** Afin d'alimenter la sphère habitée, le submersible est également équipé d'onduleurs (entrée : 220 V DC / sortie : 115 V AC ; 60 Hz). Quelle est la fonction d'un onduleur ?
- B.1.4** L'autonomie (travail sur le fond à $6\,000 \text{ m}$) du *Nautile* est de cinq heures. Supposons que le *Nautile* reste à sa vitesse maximale $v_{\text{max}} = 2,00 \text{ nœud}$ avec une force horizontale de propulsion $F = 300 \text{ daN}$. Donnée : $1 \text{ nœud} = 1,85 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$.

Calculer la puissance mécanique $P_{\text{méca}} = F \times v$ fournie par le *Nautile* lors de cette croisière.

Calculer l'énergie mécanique, $E_{\text{méca}}$ (en W.h), dépensée.

- B.1.5** Calculer alors le pourcentage d'énergie restant dans la batterie principale pour la remontée en surface et assurer la sécurité de l'équipage.

- B.2** Le *Nautile* est équipé de batteries en technologie plomb – oxyde de plomb :

Les demi-équations aux électrodes d'une batterie au plomb sont :

À l'anode : $\text{Pb} = \text{Pb}^{2+} + 2\text{e}^-$.

À la cathode : $\text{PbO}_2 + 2\text{e}^- + 4\text{H}^+ = \text{Pb}^{2+} + 2\text{H}_2\text{O}$.

- B.2.1** Compléter le schéma du **document réponse DR3 page 5** avec les trois termes suivants :

Oxyde de plomb (PbO_2) – Plomb (Pb) – Sens des électrons e^- .

- B.2.2** Recopier sur votre copie la (les) bonne(s) affirmation(s) :

- La réaction à la cathode consomme des ions H^+ .
- La réaction à la cathode produit des ions H^+ .

B.3 D'autres types de batteries combinent d'autres couples que celui plomb – oxyde de plomb. Les plus usuelles utilisent les couples oxyde d'argent – zinc (submersible japonais) ou nickel – cadmium (submersible russe).

B.3.1 La batterie nickel – cadmium fait intervenir les couples oxydant / réducteur suivants : Ni^{2+}/Ni et Cd^{2+}/Cd . Le métal cadmium (Cd) est oxydé tandis que l'ion Ni^{2+} est réduit lorsque la batterie se décharge.

Écrire la demi-équation d'oxydation puis la demi-équation de réduction.

Écrire l'équation globale d'oxydoréduction.

B.3.2 Un autre submersible japonais *Shinkai 6500* a, pour sa part, été équipé avec une batterie lithium – ion en 2004. À l'aide des **documents D9 et D10** ci-dessous, justifier ce choix.

B.4 Le *Nautilus* est équipé d'un moteur lié à une hélice. Ce moteur électrique peut développer jusqu'à $P_u = 5,00 \text{ kW}$ de puissance mécanique. Un variateur de vitesse permet de régler la vitesse de rotation du moteur.

Compléter la chaîne de puissance du **document réponse DR4 page 5** avec les valeurs, en kilowatt (kW), des cinq puissances manquantes lorsque le moteur fournit la puissance maximale.

DOCUMENTS EN LIEN AVEC L'EXERCICE B

Document D9 :

Il n'est guère possible aujourd'hui de disposer d'un moyen de fabriquer de l'énergie sur un petit sous-marin. La taille exclut le nucléaire, l'immersion exclut le rejet de gaz de combustion. **Ce sera donc une alimentation par batteries. Mais le poids du kW.h stocké est élevé dans l'eau, et la flottabilité chère et encombrante.** Ce critère est très important. En effet, plus un équipement est lourd plus il faudra compenser à l'aide de matériaux (mousses) moins denses que l'eau.

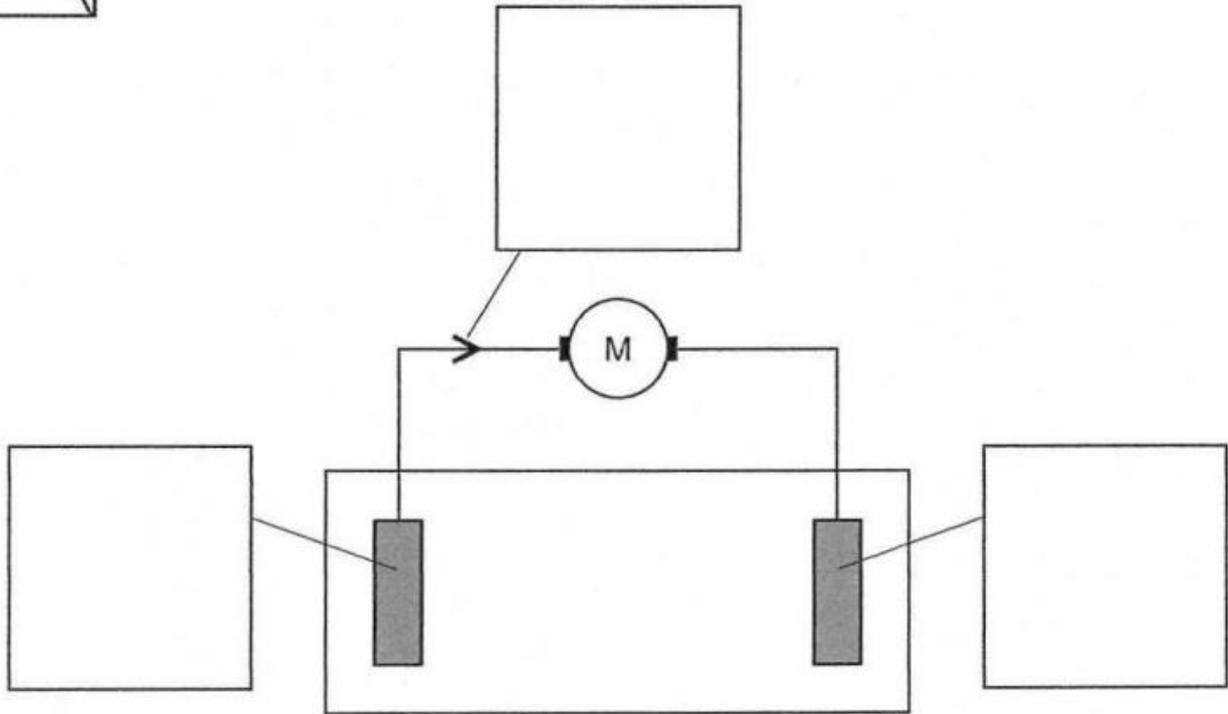
Document D10 : Comparatif de différentes technologies de batteries.

Type	Densité massique en W.h/kg	Densité volumique en W.h/L	Tension d'un élément	Durée de vie (nombre de recharges)	Auto- décharge par mois
Plomb	30-50	75-120	2 V	400-1200	5%
Ni-Cd	45-80	80-150	1,2 V	2000	> 20%
Li-ion	150-190	220-330	3,6 V	500-1000	10%
Oxyde d'argent-Zn	80-140	300-510	1,6 V	20-25	< 1%

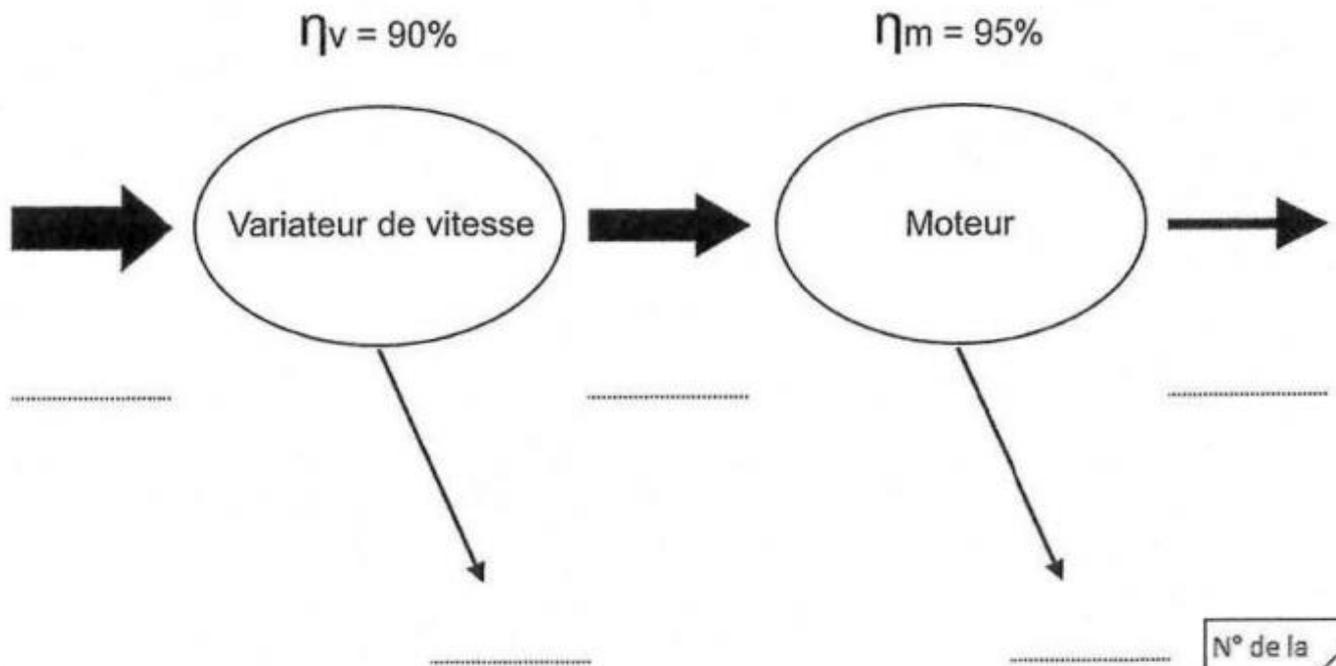
Annexe à numéroté et à remettre avec la copie à la fin de l'épreuve même non complétée

(placer à l'intérieur de la copie pour agrafage)

DR3 (Question B.2.1) : Batterie au plomb



DR4 (Question B.4) : Bilan de puissances



16PY2DSPNC1

N° de la
copie
... / ...