

**CONCOURS POUR L'ADMISSION EN FORMATION DES INGENIEURS DE L'ECOLE NATIONALE SUPERIEURE
MARITIME AU TITRE DE L'ANNEE 2018**

PHYSIQUE

(Durée : 2 heures)

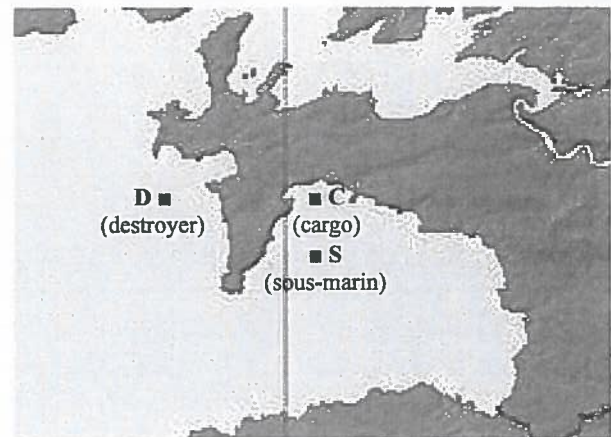
Exercice I : Bataille Navale (7 pts)

Deux joueurs se livrent une bataille navale « en ligne » utilisant un simulateur en « temps réel ».

Le capitaine du sous-marin S et le commandant du destroyer D ont pour mission d'être les premiers à couler le cargo C, au mouillage dans la baie.

C'est le dernier tour, il faut tirer.

Les positions respectives des bâtiments C, D et S sont indiquées sur la carte ci-contre.



Partie I : Tir du sous-marin

Pour le sous-marin, le cargo est situé en C tel que $SC = d = 3,20 \text{ km}$.

Le sous-marin tire une torpille dans l'axe du cargo à une vitesse de valeur $v_0 = 2,00 \cdot 10^1 \text{ m.s}^{-1}$. Elle se propage horizontalement, avec un mouvement rectiligne uniforme, juste sous la surface de l'eau.

L'étude du mouvement sera faite dans le référentiel terrestre, galiléen, suivant un axe Sx comme l'indique le schéma ci-dessous :



On rappelle que tout corps immergé dans un fluide subit de la part de ce fluide une poussée verticale dite « poussée d'Archimède » d'intensité égale au poids du volume de fluide déplacé.

Données	Masse de la torpille	Volume de la torpille	Densité de l'eau de mer	Champ de pesanteur
	$m_T = 1,31 \cdot 10^3 \text{ kg}$	$V_T = 1,18 \text{ m}^3$	$d_{\text{mer}} = 1,11$	$g = 9,81 \text{ m.s}^{-2}$

1.1. Justifier que la torpille se déplace sur un axe horizontal par un schéma et par un calcul, en utilisant des actions mécaniques judicieusement choisies.

La torpille est propulsée à l'aide d'un moteur électrique qui fournit une poussée constante tout au long du déplacement.

1.2. Justifier sans calcul la nature du mouvement. Compléter le schéma de la question précédente.

1.3. Calculer la durée du tir.

Partie II : Tir du destroyer

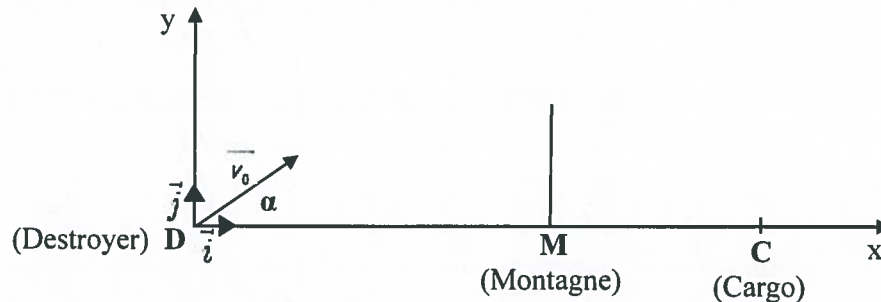
Pour le destroyer, le cargo C est tel que $DC = L = 13,5$ km.

Il veut que son projectile frappe la mer en C, il oriente son canon et définit ses paramètres de tir.

Il choisit de faire partir son obus de D avec une vitesse de valeur $v_0 = 7,25 \cdot 10^2$ m.s⁻¹ et un angle $\alpha = 7,30^\circ$ par rapport à l'horizontale.

L'obus de masse $m = 4,44$ kg sera considéré comme ponctuel et on considérera que l'action de l'air est négligeable.

L'étude du mouvement sera faite dans le référentiel terrestre, galiléen, dans lequel on choisit un repère Dxy comme l'indique le schéma ci-dessous :



II.1. Équations horaires paramétriques et trajectoire

2.1.a. Faire le bilan des forces appliquées à l'obus pendant son mouvement entre D et C. Indiquer leurs caractéristiques (direction, sens, grandeur) et l'expression vectorielle.

2.1.b. Établir l'expression du vecteur accélération de l'obus au cours de son mouvement.

2.1.c. Montrer que les équations horaires paramétriques du mouvement de la balle sont :

$$x(t) = v_0 \cdot \cos \alpha \cdot t$$

$$y(t) = -\frac{g}{2} \cdot t^2 + v_0 \sin \alpha \cdot t$$

2.1.d. Dédurre des équations précédentes l'équation littérale de la trajectoire de l'obus dans le plan xDy.

2.1.e. Montrer que numériquement : $y(x) = -9,48 \cdot 10^{-6} \cdot x^2 + 0,128 \cdot x$

Donnée : $g = 9,81$ m.s⁻²

II.2. Efficacité du tir

2.2.a. Montrer que le tir est bien paramétré pour atteindre le cargo C.

Lors de son tir, ce joueur n'a pas tenu compte de la présence de la montagne derrière laquelle s'abrite le cargo. Elle se situe à une distance $DM = d = 9,20$ km du destroyer et elle culmine à une hauteur $H = 480$ m au dessus de l'eau.

2.2.b. Vérifier par un calcul si l'obus passe au-dessus de la montagne.

Le destroyer a le temps d'armer un second tir. Il oriente son canon de manière à passer par dessus la montagne. Il choisit un angle $\alpha' = 82,7^\circ$.

2.2.c. Montrer que ce tir est réussi.

On considérera que les 2 tirs successifs se font sans perte de temps.

2.2.d. Calculer la durée qui s'écoule avant que le destroyer touche le cargo.

2.2.e. Montrer que son erreur lui coûte la partie.

Exercice II : La croisière s'amuse (6 pts)

Données

- Masse volumique de la glace : $\mu_s = 920 \text{ kg/m}^3$
- Capacité thermique massique de la glace : $c_s = 2,06 \text{ kJ.kg}^{-1}.\text{°C}^{-1}$
- Capacité thermique massique de l'eau liquide : $c_L = 4,18 \text{ kJ.kg}^{-1}.\text{°C}^{-1}$
- Chaleur latente de solidification de l'eau : $L_s = - 3,33.10^2 \text{ kJ.kg}^{-1}$

Rappel

La chaleur latente de solidification de l'eau est l'énergie mis en jeu lors de la transformation d'un kilogramme d'eau liquide en glace.

Un armateur souhaite doter son luxueux bateau de croisière d'un complexe destiné au divertissement de ses passagers.

Il s'interroge sur l'aspect énergétique de son projet, composé principalement d'une patinoire et d'une piscine chauffée.

Partie I : La piscine chauffée

Pour le système de chauffage, il opte pour une pompe à chaleur (PAC) « air - eau ». Grâce à l'énergie électrique qu'elle reçoit, cette machine thermique prend de la chaleur à une source froide de température constante pour la donner à une source chaude de température variable au cours du temps.

La température de l'air extérieur où est placée la PAC est $\theta_1 = 14^\circ\text{C}$. La piscine étant couverte, on négligera les échanges thermiques avec l'extérieur : la température initiale de l'eau vaut $\theta_2 = 14^\circ\text{C}$, avant chauffage.

1.1. Identifier la source chaude et la source froide.

1.2. Faire apparaître sur un diagramme énergétique, le sens des transferts d'énergie Q_1 , Q_2 et $W_{\text{élec}}$ entre le système PAC, la source froide, la source chaude et le réseau électrique. Discuter de leur signe.

1.3. On souhaite chauffer l'eau de la piscine de masse $m_2 = 54.10^3 \text{ kg}$ à une température $\theta_f = 30^\circ\text{C}$.

1.3.a. Calculer la variation d'énergie interne ΔU_2 de l'eau.

1.3.b. Déduire le transfert thermique Q_2 de la PAC à la source chaude.

1.4. La PAC consomme une puissance électrique $P_{\text{élec}} = 25 \text{ kW}$ pour une efficacité thermique (à savoir rapport en valeur absolu de l'énergie utile sur l'énergie fournie) $e_{\text{Th}} = 3,5$.

1.4.a. Calculer l'énergie électrique $W_{\text{élec}}$ transférée à la PAC.

La préparation du bateau (ménage, ravitaillement...) nécessite une escale de 12h avant la montée des passagers.

1.4.b. Indiquer si la durée de l'escale suffit pour chauffer la piscine.

1.5. La PAC fonctionnant comme une machine cyclique, son bilan énergétique est nul sur un cycle.

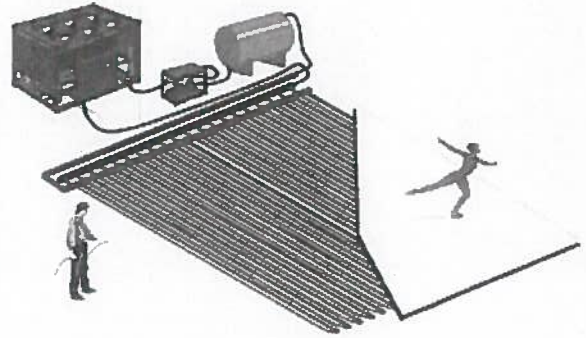
1.5.a. Montrer que la PAC reçoit de la source froide une énergie $E_1 = 2,6 \text{ GJ}$.

1.5.b. Expliquer pourquoi cette énergie peut-elle être qualifiée de « gratuite ».

Partie II : La patinoire

Le « tapis glacier » de la patinoire sera constitué d'une couche d'eau de largeur $l=8,0\text{m}$, de longueur $L=12,0\text{m}$ et d'épaisseur $e=7,0\text{ cm}$ environ.

L'eau sera alors refroidie d'une température initiale $T_i=14^\circ\text{C}$ à une température finale $T_F= - 12^\circ\text{C}$ par un système de tuyaux dans lesquels circule un fluide réfrigérant.



- 2.1. Enumérer les différents modes de transfert thermiques, puis expliquer ceux qui sont ici prépondérants.
- 2.2. Calculer la masse m_{eau} d'eau nécessaire à la fabrication du « tapis glacier » de la patinoire.
- 2.3. Calculer la variation d'énergie interne ΔU_{eau} de l'eau lors de la fabrication de ce « tapis glacier ».
- 2.4. Indiquer s'il serait possible de coupler la piscine avec la patinoire sur le plan énergétique.
- 2.5. Expliquer l'intérêt d'un tel couplage.

Exercice III : La corne de brume (7 pts)

En 1870, ingénieur spécialisé sur les questions de sécurité en mer, vous êtes mandaté par le préfet maritime de Brest.

Ordre de mission « Rédiger un rapport apportant une solution technique fiable pour sécuriser la navigation autour de la chaussée de Sein »

Hypothèses de travail :

- La dissipation d'énergie au cours de la propagation est négligeable.
- La source est isotrope, c'est-à-dire émettant la même énergie dans toutes les directions de l'espace.

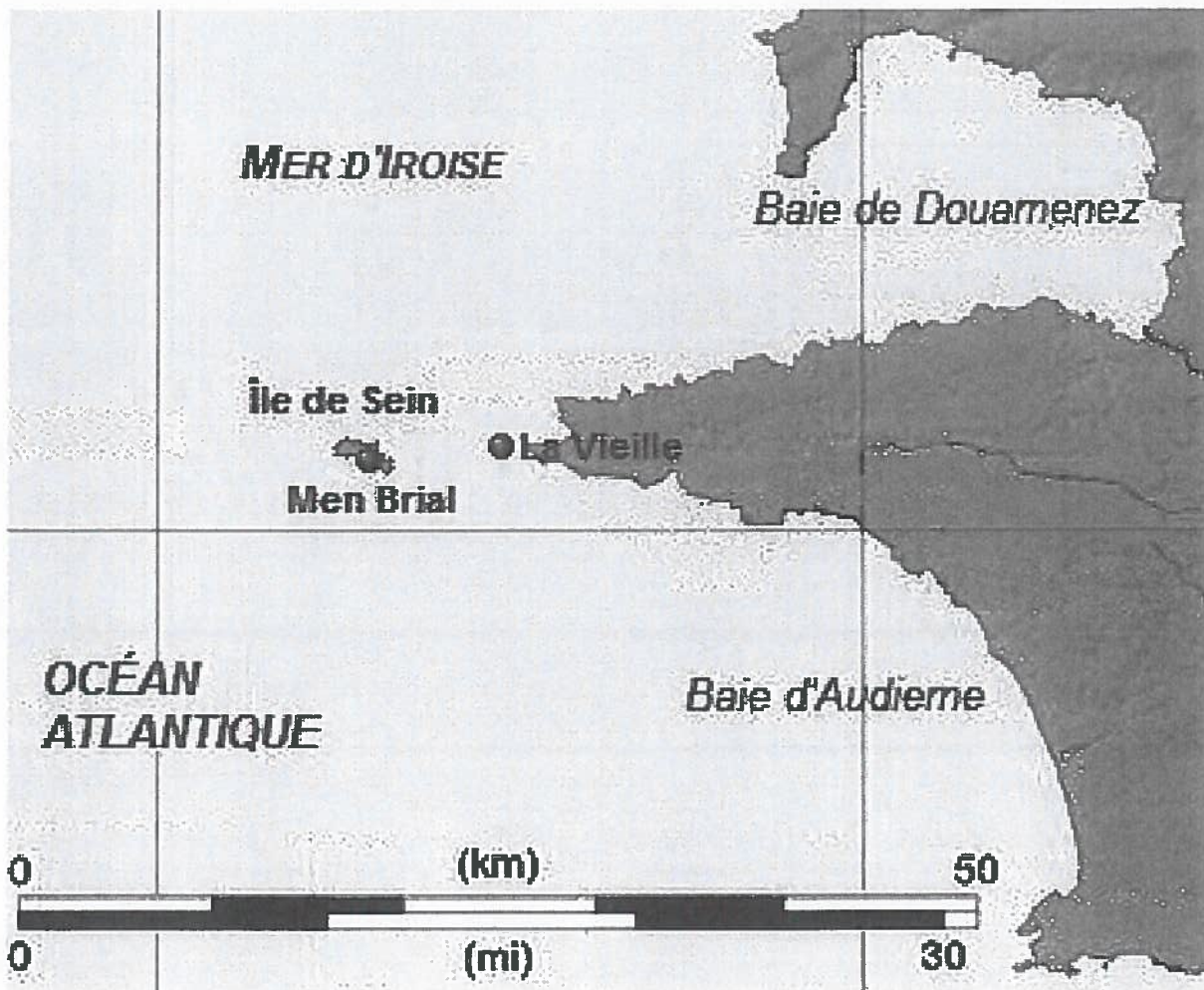
L'analyse des données ainsi que la démarche suivie seront évaluées et nécessitent d'être menées avec rigueur (calculs littéraux et numériques correctement présentés et menés à termes, regard critique sur le résultat et les hypothèses formulées).

Etat de la situation

En Bretagne, dans la mer d'Iroise, la « chaussée de Sein » est une longue suite d'écueils à fleur d'eau, sans doute la plus dangereuse de nos côtes. Au moyen âge, les seigneurs du pays s'enrichissaient en vendant les innombrables épaves des navires qui s'y brisaient...

Le 15 mai 1839, le passage est sécurisé, deux phares sont construits : « la vieille » sur le Bec du Raz et « Men Brial » sur l'île de Sein.

Par temps clair, leur lumière porte d'un phare à l'autre, si bien qu'un bateau voyant une lumière par babord et une lumière par tribord sait qu'il rentre dans la zone de danger.



Néanmoins, dès qu'une brume, même légère, obscurcit l'air, le danger guette, car leur lumière ne porte plus jusqu'à la limite des récifs.

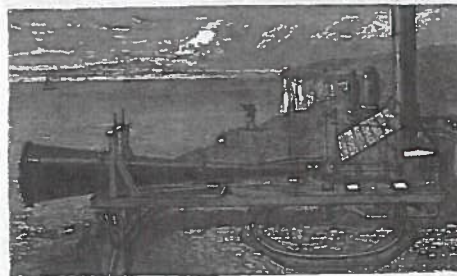
Document 1 : Un inventeur dans le brouillard

Vers 1850, Robert Foulis (scientifique et ingénieur en mécanique d'origine écossaise) rentrait chez lui un soir de brouillard. Il remarqua en entendant sa fille jouer du piano que les notes basses portaient plus loin et se dit que ce principe pourrait être appliqué au problème des signaux de brume.

Ainsi, pour remplacer les canons, il inventa la corne de brume. Ce dispositif émet un son à proximité des lieux de danger pour se substituer aux signaux visuels, masqués par le brouillard, afin de donner l'alerte aux navires.

Le 26 juin 1860, Calédon Leeds Daboll (entrepreneur américain) dépose un brevet en son nom propre et pour son propre avantage :

brevet américain n° 28837 « avertisseur de brume » qui applique mécaniquement de l'air condensé à une trompette ou un sifflet dans le but de donner des signaux sonores maritimes.



La corne de brume de Daboll était une « clarinette monster » faite de laiton comme une trompette. Elle était alimentée par de l'air comprimé et avait généralement dix-sept pieds de long (1 pied = 30,5 cm) de sorte que son niveau d'intensité sonore est encore de 100 dB à 100 mètres de l'instrument.

D'après www.dielette.fr

Document 2 : Les cuivres, en avant la musique !

La corne de brume fait partie de la grande famille des cuivres. Le point commun de ces instruments n'est pas la matière qui les constitue, mais la manière de produire un son par le biais d'une embouchure qui fait vibrer la colonne d'air d'une cavité résonnante tubulaire de longueur variable (corps de l'instrument).

La fréquence du son émis dépend de la longueur de la colonne d'air. Autrement dit, c'est la longueur la corne de brume qui détermine la note. Ce phénomène est dû à la formation d'ondes stationnaires dans le corps de l'instrument.

Physiquement la loi s'exprime par : « la demi-longueur d'onde de la fréquence du fondamental est égale à la longueur du tube ».

D'après www.wikipedia.fr

Document 3 : L'intensité sonore d'une source isotrope

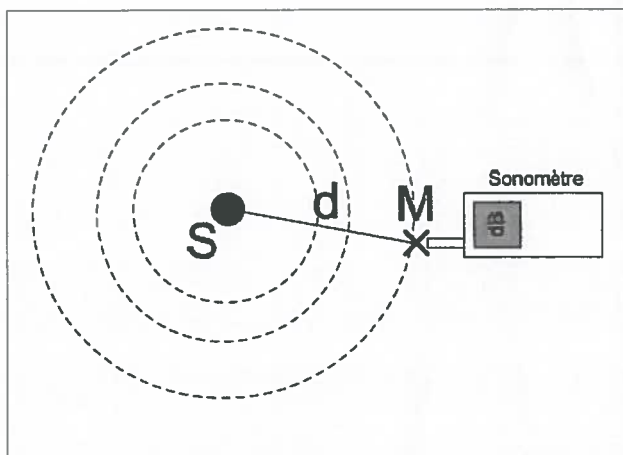
Pour une source isotrope de puissance P , l'intensité sonore I en un point M distant de d de la source vaut :

$$I = \frac{P}{4\pi d^2} \quad \text{avec } I \text{ en } \text{W.m}^{-2} ; P \text{ en } \text{W} ; d \text{ en } \text{m}$$

Le niveau sonore L au point M est alors :

$$L = 10 \log \frac{I}{I_0} \quad \text{avec } I \text{ en } \text{W.m}^{-2} ; L \text{ en } \text{dB}$$

Intensité acoustique de référence $I_0 = 1,0 \times 10^{-12} \text{ W.m}^{-2}$



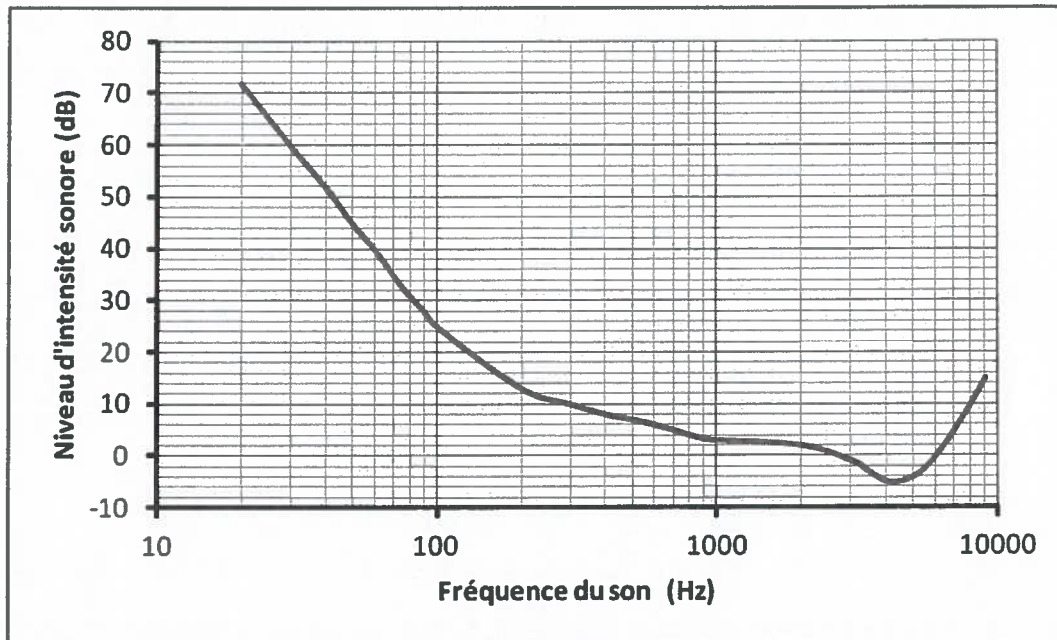
Document 4 : Célérité du son dans l'air en fonction de la température

La vitesse du son dans l'air dépend de la température :

Température en °C	0	10	20	30	40	50
Célérité en m.s ⁻¹	331	337	343	349	355	360

Document 5 : Seuil d'audibilité de l'oreille humaine en fonction de la fréquence

Le graphique ci-dessous indique les valeurs minimales de niveau d'intensité sonore audible en fonction de la fréquence du son.



Nota :

1. Aucun document n'est autorisé.
2. Délits de fraude : "Tout candidat pris en flagrant délit de fraude ou convaincu de tentative de fraude peut se voir attribuer la note zéro, éliminatoire, sans préjudice de l'application des sanctions prévues par les lois et règlements en vigueur réprimant les fraudes dans les examens et concours publics".