Ce document a été mis en ligne par l'organisme FormaV®.

Toute reproduction, représentation ou diffusion, même partielle, sans autorisation préalable, est strictement interdite.

Pour consulter tous nos sujets d'annales et corrigés du Bac STL, veuillez visiter :
bacstl.fr/annales-sujets-et-corriges

BACCALAURÉAT TECHNOLOGIQUE

ÉPREUVE D'ENSEIGNEMENT DE SPÉCIALITÉ

Session 2023

SCIENCES ET TECHNOLOGIES DE LABORATOIRE

Sciences physiques et chimiques en laboratoire

Durée de l'épreuve : **3 heures**

L'usage de la calculatrice avec mode examen actif est autorisé.
L'usage de la calculatrice sans mémoire, « type collège » est autorisé.

Dès que le sujet vous est remis, assurez-vous qu'il est complet.
Le sujet se compose de 13 pages, numérotées de 1/13 à 13/13.

La page 13 est à rendre avec la copie.

Le candidat traite les 3 parties qui sont indépendantes**.**

De l’importance de la surveillance des océans

Les efforts de surveillance des océans sont particulièrement déterminants à un moment où l'océan, les zones côtières et les écosystèmes marins de la planète subissent de grands changements dus à l'augmentation des émissions de gaz à effet de serre, la pollution côtière, la surpêche, le développement côtier ou encore la pression démographique croissante.

L'une des principales composantes du système d'observation des océans est le programme Argo. Il s'agit d'un partenariat de collaboration de plus de 30 pays sur tous les continents, tous travaillant ensemble pour constituer un réseau mondial homogène de plus de 3 000 flotteurs profileurs qui collectent des données à travers les océans du monde afin de mesurer, enregistrer et transmettre, pour la première fois en temps réel et à l’échelle mondiale, les caractéristiques physiques de l'océan en profondeur ainsi que la température et la salinité de l’océan.

D’après : https://fr.unesco.org/themes/surveillance-locéan

Ce sujet traite de plusieurs applications de la physique et de la chimie en lien avec l’étude et la surveillance des caractéristiques des océans.

Il comporte trois parties indépendantes, le candidat peut les traiter dans l’ordre de son choix.

Partie A	Analyse de l’eau de mer	7 points
Partie B	Bathymétrie	7,5 points
Partie C	Vie à bord d’un bateau	5,5 points

Partie A - Analyse de l'eau de mer (7 points)

Une équipe de scientifiques est embarquée sur le bateau afin de vérifier la salinité de l'eau de mer. Surveiller sa valeur est important car d'une part, elle a une influence sur la vie aquatique, et d'autre part sur la célérité des ondes sonores dans l'eau de mer, dont la connaissance est utile pour déterminer les valeurs de différentes grandeurs physiques.

Données :

Masse molaire des ions chlorure : $M(Cl^-) = 35{,}5\ g \cdot mol^{-1}$

À 25°C :

- Constante d'équilibre de solubilité du chlorure d'argent $Ks_1(AgCl(s)) = 1{,}8 \times 10^{-10}$;
- Constante d'équilibre de solubilité du chromate d'argent $Ks_2(Ag_2CrO_4\,(s)) = 1{,}6 \times 10^{-12}$.

Le pH de l'eau de mer étudiée a une valeur égale à 7,2 et sa masse volumique ρ vaut $1\,025\ kg \cdot m^{-3}$.

Définitions : chlorinité et salinité d'une eau de mer

Une eau de mer est une solution aqueuse dans laquelle sont dissous de nombreux ions (chlorure, sodium, sulfate, magnésium…). La **salinité** *S* de l'eau de mer correspond à la masse totale de sels dissous par kilogramme d'eau de mer. Elle est calculée à partir de la mesure de la **chlorinité** *Ch* grâce à la relation suivante :

$$S = 1{,}80655 \times Ch$$

La **chlorinité** *Ch* correspond à la masse d'ions chlorure par kilogramme d'eau de mer. Elle peut être déterminée par titrage des ions chlorure par les ions argent Ag^+.

Après avoir prélevé un échantillon de l'eau de mer à étudier, les scientifiques cherchent à déterminer la concentration en ions chlorure Cl^- de celle-ci.

Compte tenu de la forte valeur de la concentration en ions, une dilution de l'eau de mer au $1/10^{ème}$ est réalisée pour effectuer le titrage avec une solution de nitrate d'argent. L'eau de mer correspond à la solution S_0. La solution diluée correspond à la solution S_1.

Q1- Déterminer la valeur du volume de solution S_0 qui doit être prélevé pour préparer 100 mL de solution S_1 diluée.

Q2- Donner le protocole expérimental permettant de préparer 100 mL de solution S_1 à partir de la solution S_0. Nommer la verrerie nécessaire à cette préparation.

Dosage des ions chlorure par la méthode de Mohr et ses limites

Il consiste en un titrage colorimétrique des ions chlorure présents dans une solution à l'aide d'une solution de nitrate d'argent.

L'équation support de la réaction de titrage est :

$$Ag^+(aq) + Cl^-(aq) \rightarrow AgCl(s)$$

L'indicateur de fin de titrage utilisé pour repérer l'équivalence est le chromate de potassium. En effet, après l'équivalence, les ions argent versés en excès réagissent avec les ions chromate pour former un précipité rouge de chromate d'argent. La transformation chimique est modélisée par l'équation :

$$2\ Ag^+(aq) + CrO_4^{2-}(aq) \rightarrow Ag_2CrO_4\ (s)$$

Le domaine de pH pour lequel on peut utiliser la méthode de Mohr est restreint au domaine : 6,5 < pH < 7,5.

En milieu basique (pH > 7,5) une partie des ions $Ag^+(aq)$ est consommée par une réaction parasite de précipitation qui forme de l'hydroxyde d'argent AgOH(s). Cette méthode ne peut donc pas être utilisée en milieu basique avec pH > 7,5.

En milieu acide (pH < 6,5), le précipité de chromate d'argent Ag_2CrO_4 (s) est soluble : on ne peut donc plus repérer l'équivalence du dosage par apparition du précipité rouge brique. Cette méthode ne peut donc pas être utilisée en milieu acide avec pH < 6,5.

D'après http://eduterre.ens-lyon.fr/

Q3- Indiquer, en justifiant la réponse, si la méthode de Mohr est utilisable dans le cas présent.

Q4- Donner deux caractéristiques d'une réaction de titrage.

Q5- Expliquer pourquoi la méthode de Mohr ne peut pas être utilisée en milieu basique.

Q6- Écrire l'équation de la réaction modélisant la dissolution dans l'eau du chlorure d'argent puis déterminer la valeur de la solubilité s_1 du chlorure d'argent.

Q7- Écrire l'équation de la réaction modélisant la dissolution dans l'eau du chromate d'argent puis montrer que sa solubilité a une valeur $s_2 = 7{,}4 \times 10^{-5}$ mol·L^{-1}.

On admet que le précipité qui se forme en premier est le précipité de chlorure d'argent.

Q8- Expliquer qualitativement pourquoi le chromate de potassium sert d'indicateur de fin de réaction.

Protocole de titrage

- Verser, à l'aide d'une pipette jaugée, un volume $V_1 = 10{,}0$ mL de solution S_1 d'eau de mer diluée dans un bécher puis ajouter quelques gouttes de solution de chromate de potassium (la solution à titrer doit devenir jaune).
- Remplir la burette graduée avec la solution titrante de nitrate d'argent de concentration $C_2 = 5{,}00 \times 10^{-2}$ mol·L^{-1} et ajuster le zéro (éliminer toute bulle d'air).
- Verser la solution titrante dans le bécher millilitre par millitre pour déterminer grossièrement le volume à l'équivalence.
- Refaire le titrage en versant rapidement la solution titrante jusqu'à un volume inférieur à celui trouvé précédemment, puis verser la solution goutte à goutte jusqu'à l'apparition de la couleur rouge.
- On obtient un volume à l'équivalence $V_{eq} = 11{,}2$ mL.

Q9- Faire un schéma légendé du dispositif utilisé pour réaliser ce titrage, en précisant les noms pour la verrerie et les solutions utilisées.

Q10- Établir la relation à l'équivalence entre la concentration en ions chlorure C_1, la concentration en ions argent C_2 et les volumes V_1 et V_{eq}.

Q11- Déterminer la valeur de la concentration C_1 des ions chlorure dans la solution S_1 d'eau de mer diluée puis celle de la concentration des ions chlorure C_0 dans l'eau de mer.

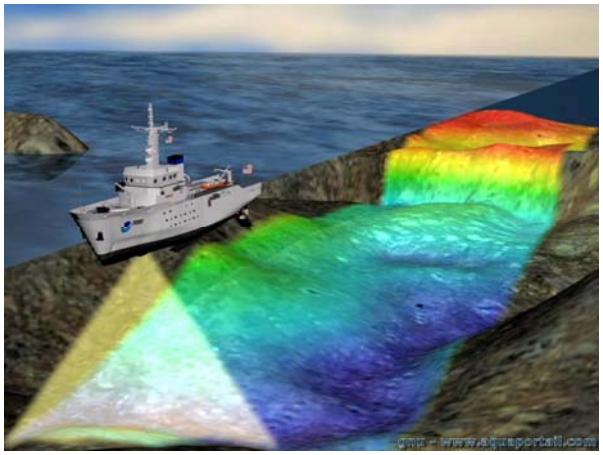
Q12- Montrer que la salinité S de l'eau de mer étudiée vaut 35,0 g·kg^{-1}.

Le candidat est amené à prendre des initiatives et à présenter la démarche suivie même si elle n'a pas abouti.

Partie B - Bathymétrie (7,5 points)

La bathymétrie consiste à cartographier le fond des océans. Pour ce faire, on utilise des sonars qui envoient des impulsions sonores sous le bateau et écoutent leurs échos renvoyés par les obstacles qu'elles rencontrent.

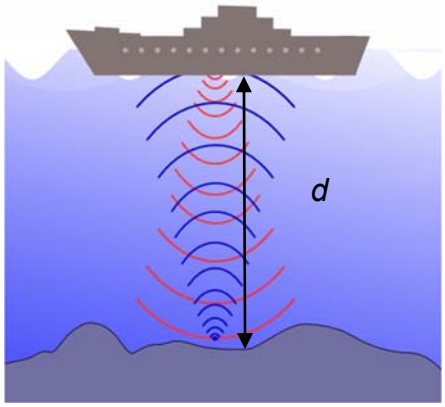
D'après https://blogs.ifremer.fr/bicose/fiches-scientifiques/la-bathymetrie/



D'après https://www.aquaportail.com/definition-3272-sonar.html

I - Étude du sonar

Le sonar émet une onde acoustique de fréquence réglable sous forme d'impulsions. Cette onde se propage vers le bas, à la verticale du bateau. Après réflexion sur le fond marin, elle est de nouveau captée par le sonar qui mesure le décalage temporel Δt entre l'émission et la réception du signal. Il est ensuite possible de déterminer la profondeur *d* à laquelle se trouve le fond marin connaissant la célérité de l'onde dans l'eau.
Plusieurs facteurs influent sur la célérité du son dans l'eau : la pression (liée à la profondeur), la température et la salinité de l'eau de mer. Il convient donc d'ajuster les mesures en temps réel.



D'après Wikimedia Commons

Fréquence d'émission des sonars

La fréquence d'émission du sonar est choisie en fonction de son utilisation. Les hautes fréquences (plusieurs dizaines ou centaines de kHz) permettent la détection de petits objets et peuvent ainsi réaliser de véritables images. En revanche, ces ondes sont rapidement absorbées par l'eau de mer.
Plus on diminue la fréquence, plus les distances de détection sont grandes, mais on perd en qualité d'image.

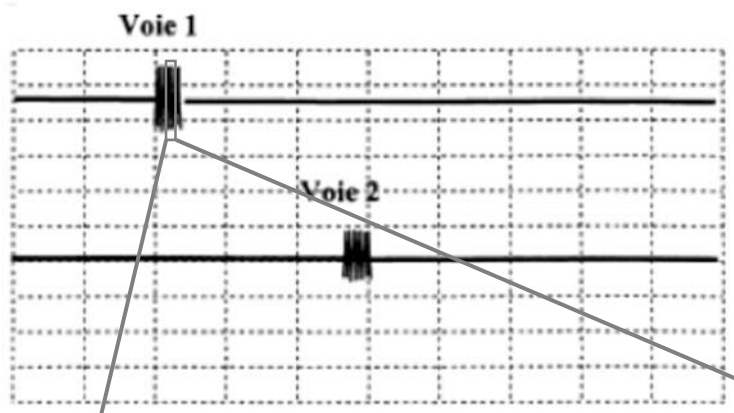
Utilisation	Grands fonds	Talus, pente	Plateaux continentaux	Petits fonds
Fréquence	12 kHz	20 - 30 kHz	100 kHz	200 - 500 kHz
Profondeur	3 à 12 km	1 à 3 km	100 à 500 m	20 à 100 m

Q13- Indiquer deux phénomènes pouvant affaiblir l'amplitude du signal reçu. Préciser où ces phénomènes interviennent (on pourra s'aider d'un schéma).

Q14- Indiquer, en justifiant la réponse, quelles sont les fréquences des sonars qui appartiennent au domaine des fréquences audibles pour l'oreille humaine.
À quel domaine spectral les autres fréquences appartiennent-elles ?

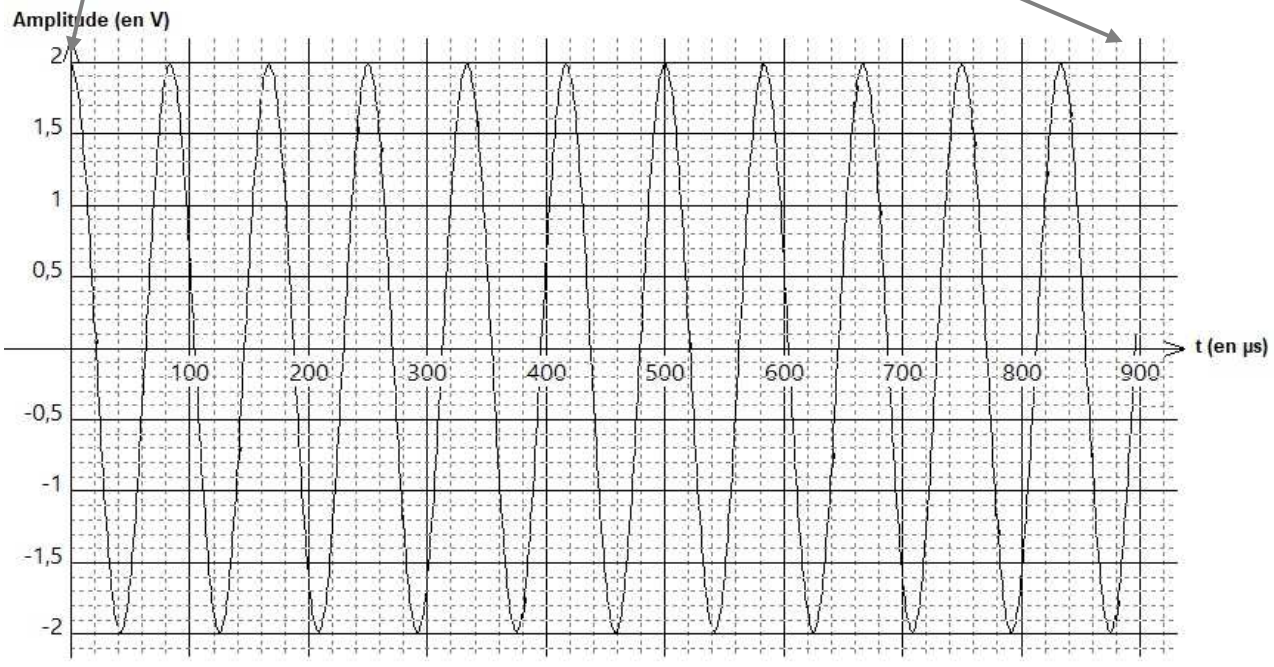
Les signaux émis et reçus par le sonar sont visualisés sur un oscilloscope. Les oscillogrammes sont donnés ci-après.

Signal émis (voie 1) et signal reçu (voie 2) par le sonar (simulation au laboratoire)



Sensibilité horizontale :
2,0 s / div

Agrandissement d'une portion du signal



Q15- Déterminer le plus précisément possible la période *T* des ondes émises par le sonar.

Q16- En déduire la fréquence *f* des ondes émises par le sonar.

Q17- Indiquer si les ondes sonores sont des ondes longitudinales ou transversales. Deux schémas a et b sont proposés ci-dessous. Choisir, en justifiant la réponse, celui qui illustre ce type d'ondes.



a) Propagation le long d'une corde



b) Propagation le long d'un ressort

Q18- Les valeurs moyennes de température et de salinité de la mer dans la zone d'étude sont les suivantes : température : 20 °C ; salinité : 35 g·kg^{-1}.

Sur **l'annexe 1 à rendre avec la copie***,* déterminer graphiquement, dans ces conditions, la valeur de la célérité v des ondes produites par le sonar dans l'eau de mer.

Q19- À l'aide de l'oscillogramme fourni, estimer la valeur du retard Δt entre l'émission et la réception du signal.

Q20- En utilisant les résultats précédents, estimer la valeur de la distance d à laquelle se trouve le fond marin.

<u>Données :</u> précision du sonar

L'incertitude-type u_d sur la mesure de la distance d est donnée par la relation suivante : $\frac{u_d}{d} = \sqrt{\left(\frac{u_V}{V}\right)^2 + \left(\frac{u_{\Delta t}}{\Delta t}\right)^2}$ où u_V et $u_{\Delta t}$ représentent respectivement les incertitudes-types sur v et Δt.

On suppose que $\frac{u_V}{V} = 0{,}005$ et que l'incertitude-type sur Δt est $u_{\Delta t} = 0{,}2$ s.

Q21- Déterminer la valeur de l'incertitude-type u_d .

Q22- Exprimer le résultat de la mesure de la distance d avec le nombre de chiffres significatifs adapté.

Q23- Indiquer, en justifiant la réponse, si la fréquence utilisée est adaptée à la distance mesurée.

II - Impact du sonar sur la faune



« La pollution sonore, notamment celle générée par les impulsions sonores résultant de l'utilisation de sonars et des relevés sismiques, interfère avec la faculté des cétacés à communiquer et se déplacer. Assourdis, désorientés ou effrayés par ces sons, les animaux se retrouvent alors sur le rivage.

Les espèces qui évoluent en haute mer, comme les baleines à bec, sont particulièrement sensibles aux sonars, même si elles nagent à plusieurs kilomètres de distance. Les échouages multiples de baleines à bec qui se sont produits à Guam sont ainsi associés à l'activité des sonars navals. »

Extrait d'un article de presse, d'après https://www.nationalgeographic.fr/animaux/pourquoi-les-cetaces-sechouent-ils-sur-les-plages

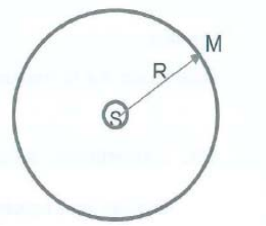
Un navire faisait des relevés topographiques à 55,0 km du lieu d'échouage des baleines à becs. Le sonar était réglé sur une fréquence f = 12 kHz et sa puissance était de l'ordre de 1 MW.

Les baleines à becs sont capables de percevoir les sons entre 100 Hz et 180 kHz, avec une sensibilité maximale entre 10 kHz et 100 kHz.

Dans cette plage de fréquence leur seuil d'audition est inférieur à 60 dB.

D'après le guide « Préconisations pour limiter les impacts des émissions acoustiques en mer d'origine anthropique sur la faune marine » de Juin 2020 du Ministère de la transition écologique et solidaire.

Intensité sonore et niveau d'intensité sonore



L'intensité sonore I reçue en un point M, situé à une distance R du sonar, est liée à la puissance acoustique P du sonar par la relation :

$$I = \frac{P}{4 \times \pi \times R^2}$$

La relation entre le niveau d'intensité sonore L en dB et l'intensité sonore I en $W \cdot m^{-2}$ est la suivante :

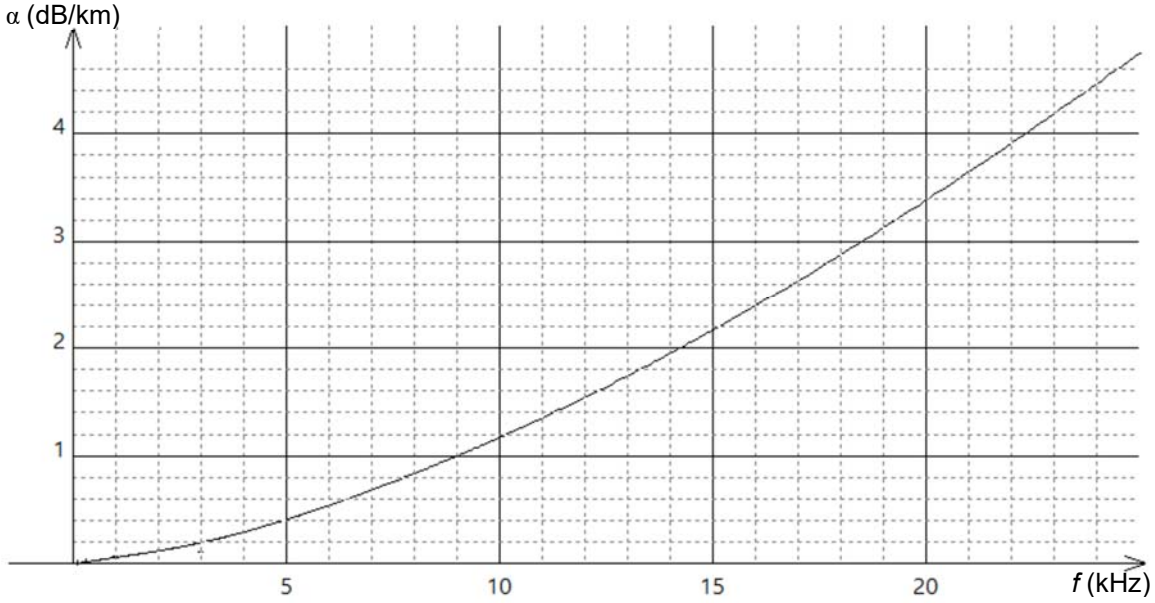
$$L = 10 \log \left(\frac{I}{I_0} \right)$$

Avec $I_0 = 7{,}00 \times 10^{-17}\ W \cdot m^{-2}$ (valeur de l'intensité de référence dans l'eau pour les baleines).

Le milieu de propagation absorbe une partie de l'énergie de l'onde sonore. Il en résulte que le niveau d'intensité sonore mesuré en un point subit une perte A supplémentaire en décibel telle que $A = \alpha \cdot R$ où α est un coefficient d'absorption qui dépend, entre autres, de la fréquence f de l'onde, et où R est la distance entre la source et le récepteur.

La courbe ci-dessous donne la variation du coefficient d'absorption acoustique en fonction de la fréquence.

Coefficient d'absorption acoustique en fonction de la fréquence



D'après : Acoustique sous-marine présentation et applications Xavier Lurton – IFREMER

Q24- Montrer que, si l'on ne prend pas en compte les pertes par absorption, le niveau d'intensité sonore à une distance de 55 km du sonar vaut environ 116 dB.

Q25- Estimer la valeur de la diminution du niveau d'intensité sonore en décibel (dB) pour le sonar utilisé par le navire et pour une distance de 55 km.

Q26- En déduire le niveau d'intensité sonore reçu par une baleine à bec située à 55 km du navire.
Indiquer, en justifiant la réponse, si les baleines à becs ont pu percevoir l'onde émise par le sonar du navire.

Partie C - Vie à bord du bateau (5,5 points)

Le navire, d'une masse de 3 300 tonnes, accueille à son bord cinquante personnes. Pour assurer la vie à bord, il faut avoir un stock de nourriture mais aussi de l'eau douce. Il est impossible d'embarquer plusieurs centaines de litres d'eau douce d'où l'obligation d'avoir un dessalinisateur à bord afin de dessaler l'eau de mer. Les caractéristiques du dessalinisateur utilisé sont fournies ci-après.

Caractéristiques du dessalinisateur

Tension d'alimentation	12 V
Puissance	460 W
Débit volumique	60 $L \cdot h^{-1} \pm 15\%$
Pression	50 bar
Masse à vide	56 kg
Rejet de sel	96 % minimum
Technique utilisée	Osmose inverse



D'après https://www.bigship.com/catalogue/vie-a-bord-1/eau/dessalinisateur

Données :

- ρ, la masse volumique de l'eau douce : $\rho = 1000\ kg \cdot m^{-3}$;
- g, l'intensité de la pesanteur : $g = 9{,}81\ m \cdot s^{-2}$;
- 1 bar = 10^5 Pa.

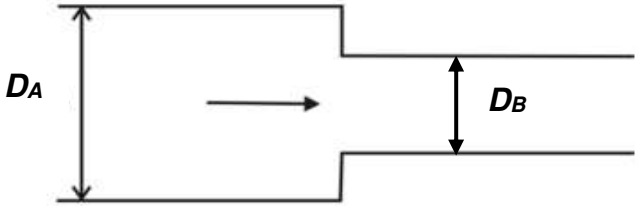
Q27- Pour une expédition d'un mois et des besoins en eau de 20 L par personne et par jour, déterminer le volume d'eau V_{eau} devant être embarqué au départ s'il n'y avait pas de moyen de production d'eau douce.

Q28- Calculer la masse d'eau correspondante. Commenter ce résultat.

Q29- Déterminer la durée de fonctionnement Δt du dessalinisateur nécessaire pour produire le volume minimum d'eau douce nécessaire à la vie sur le bateau pendant la durée de l'expédition. Comparer cette valeur à la durée de l'expédition et commenter.

Q30- Convertir la valeur du débit volumique donnée en $L \cdot h^{-1}$ en $m^3 \cdot s^{-1}$.

La canalisation à la sortie du dessalinisateur présente un diamètre de D_A = 38 mm et se voit réduite pour n'être plus que de D_B = 19 mm. Le dispositif est présenté dans le schéma ci-contre.

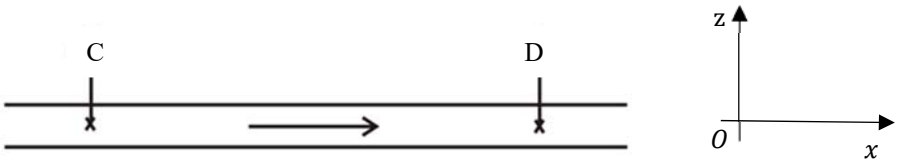


Q31- Prévoir qualitativement l'évolution de la vitesse de l'eau lorsque la canalisation change de section.

Q32- On considère que l'eau se comporte comme un fluide incompressible. Calculer les surfaces des deux sections S_A et S_B respectivement associées aux diamètres D_A et D_B. Calculer (en $m \cdot s^{-1}$) la valeur de la vitesse de l'eau au niveau de la grande section (v_A) et au niveau de la petite section (v_B).

Q33- Vérifier la cohérence des résultats avec réponse à la question Q31.

Soit deux points C et D de la canalisation supposée horizontale.



On note :
- v_C et v_D, les vitesses d'écoulement respectivement aux points C et D
- P_C et P_D, les pressions respectivement aux points C et D
- z_C et z_D, les altitudes des points C et D
- J_{CD}, la perte de charge entre les points C et D

Le tuyau de section constante représente une canalisation d'une longueur de 6 m.
Deux manomètres placés en C et D indiquent les valeurs suivantes :
P_C = 2,18 bar et P_D = 1,73 bar.

Q34- Donner l'unité de la perte de charge J_{CD}.

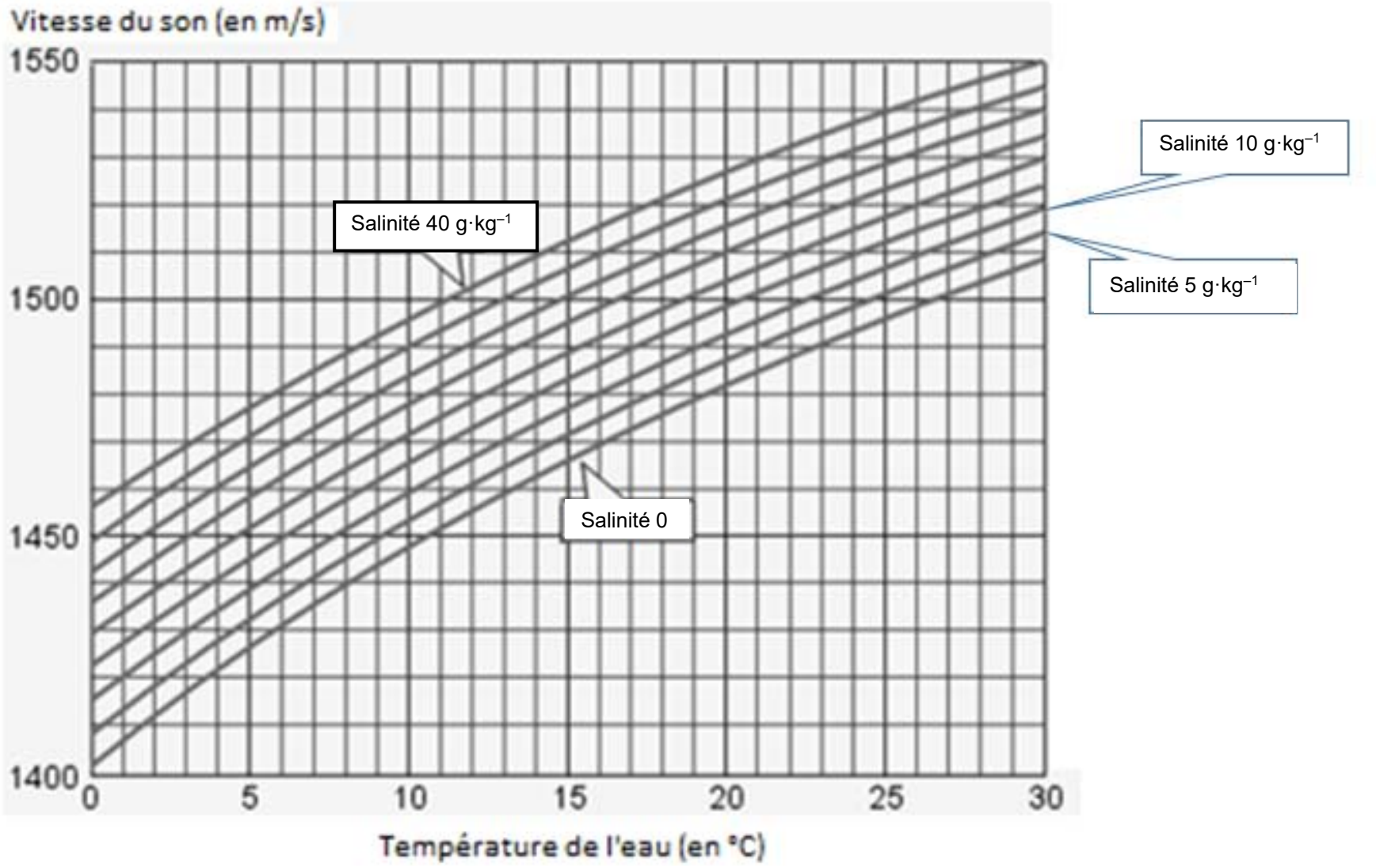
Q35- Écrire le théorème de Bernoulli avec perte de charge entre les points C et D.

Q36- Calculer la valeur de la perte de charge J_{CD} entre les points C et D.

Q37- Indiquer les origines de la perte de charge. Proposer une solution pour la minimiser.

DOCUMENT RÉPONSE
À RENDRE AVEC LA COPIE

ANNEXE 1 :



D'après Welcome to SIMRAD Training Course Basic Acoustic By Kjell Eger Kongsberg Maritime AS

Modèle CCYC : ©DNE

NOM DE FAMILLE (naissance) :
(en majuscules)

PRENOM :
(en majuscules)

N° candidat :

N° d'inscription :

(Les numéros figurent sur la convocation, si besoin demander à un surveillant.)

Liberté • Égalité • Fraternité
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

Né(e) le : ☐☐ / ☐☐ / ☐☐☐☐

1.2

Copyright © 2026 FormaV. Tous droits réservés.

Ce document a été élaboré par FormaV© avec le plus grand soin afin d'accompagner chaque apprenant vers la réussite de ses examens. Son contenu (textes, graphiques, méthodologies, tableaux, exercices, concepts, mises en forme) constitue une œuvre protégée par le droit d'auteur.

Toute copie, partage, reproduction, diffusion ou mise à disposition, même partielle, gratuite ou payante, est strictement interdite sans accord préalable et écrit de FormaV©, conformément aux articles L.111-1 et suivants du Code de la propriété intellectuelle. Dans une logique anti-plagiat, FormaV© se réserve le droit de vérifier toute utilisation illicite, y compris sur les plateformes en ligne ou sites tiers.

En utilisant ce document, vous vous engagez à respecter ces règles et à préserver l'intégrité du travail fourni. La consultation de ce document est strictement personnelle.

Merci de respecter le travail accompli afin de permettre la création continue de ressources pédagogiques fiables et accessibles.