

N.B. : le candidat attachera la plus grande importance à la clarté, à la précision et à la concision de la rédaction. Si un candidat est amené à repérer ce qui peut lui sembler être une erreur d'énoncé, il le signalera sur sa copie et devra poursuivre sa composition en expliquant les raisons des initiatives qu'il a été amené à prendre.

RAPPEL DES CONSIGNES

- Utiliser uniquement un stylo noir ou bleu foncé non effaçable pour la rédaction de votre composition ; d'autres couleurs, excepté le vert, peuvent être utilisées, mais exclusivement pour les schémas et la mise en évidence des résultats.
- Ne pas utiliser de correcteur.
- Écrire le mot FIN à la fin de votre composition.

Les calculatrices sont interdites.

Le sujet est composé de quatre parties indépendantes.

Des données se trouvent en fin de sujet.

Cyclisme

Partie I - Hydratation du cycliste

L'hydratation est une règle d'or du cycliste. 1% de perte de poids en eau fait chuter les performances sportives de près de 10%. D'où l'importance de s'hydrater, surtout lorsque les températures grimpent au-dessus de 25°C. Avant l'effort, il est recommandé de boire des boissons minéralisées. Ensuite pendant l'effort, il s'agit plutôt de boissons minéralisées et sucrées. En effet, le sucre permet d'apporter de l'énergie aux muscles tandis que les minéraux vont compenser les pertes liées à la sudation.

Apport en eau, thermorégulation du cycliste

On se propose ici d'évaluer le volume d'eau que doit boire un cycliste pour maintenir la température de son corps à $T_c = 37^\circ\text{C}$ lors d'une sortie estivale d'une durée $\Delta t = 4$ h, effectuée par une température extérieure $T_a = 30^\circ\text{C}$. Pour que la température du corps reste stationnaire, il faut que la puissance thermique interne, notée P_{int} , générée par le métabolisme du cycliste soit entièrement évacuée. Cette puissance traverse d'abord la couche dermique, puis les vêtements du cycliste de résistance thermique globale R_d . À la surface des vêtements, on observe deux modes de transferts thermiques principaux:

- un échange conducto-convectif entre le cycliste et l'air décrit par la loi de Newton :

$$P_{cc} = hS(T_s - T_a)$$

où T_s est la température de surface des vêtements du cycliste, T_a la température de l'air, h un coefficient d'échange, S la surface du cycliste et P_{cc} la puissance transférée à l'air ;

- un transfert thermique conduisant à la vaporisation de l'eau issue de la sudation.

On donne : $P_{\text{int}} = 400$ W, $S = 2$ m², $R_d = 3 \cdot 10^{-2}$ K · W⁻¹, $h = 36$ W · K⁻¹ · m⁻² et l'enthalpie massique de vaporisation de l'eau à la température considérée $\ell_{\text{vap}} = 2,4 \cdot 10^3$ kJ · kg⁻¹.

Ce problème thermique peut être modélisé par le schéma électrique équivalent représenté sur la figure 1. On ne se souciera pas de la façon dont se reboulent les courants.

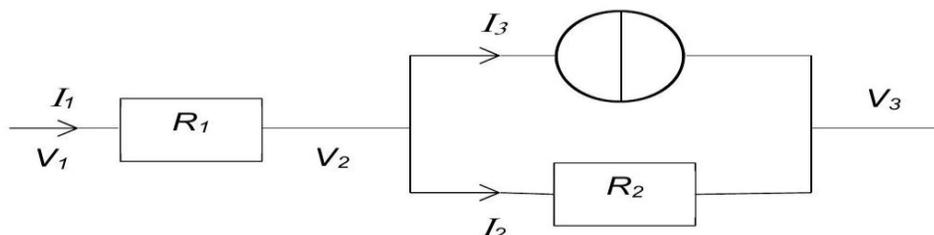


Figure 1 - Schéma électrique équivalent

Q1. À quelles grandeurs thermodynamiques correspondent les grandeurs électriques : $I_1, I_2, I_3, R_1, V_1, V_2$ et V_3 Préciser l'expression de R_2 en fonction de grandeurs définies dans la présentation de ce problème.

Q2. Évaluer la température T_s en °C.

Q3. Déterminer l'expression de I_3 en fonction de I_1, h, S, V_2 et de V_3 . Puis, exprimer la masse d'eau, notée m_{eau} , consommée pendant cette sortie en fonction de $\Delta t, I_3$ et de I_{vap} , puis en donner une valeur numérique avec un chiffre significatif.

Apport en glucose, besoin énergétique du cycliste

Les boissons dites isotoniques ont une composition particulière destinée à compléter les besoins des sportifs durant l'effort. Elles sont riches en sodium pour compenser les pertes par sudation et en glucose ($C_6H_{12}O_6(s)$). Contrairement au saccharose et au fructose, ce sucre est immédiatement utilisable par l'organisme et permet aux muscles de fonctionner.

Combustion et consommation du glucose

Q4. Écrire la réaction de combustion d'une mole de glucose $C_6H_{12}O_6(s)$ avec le dioxygène $O_2(g)$ qui libère du dioxyde de carbone $CO_2(g)$ et de l'eau $H_2O(l)$.

Puis, déterminer la bonne valeur numérique de son enthalpie standard de réaction $\Delta_r H^\circ$ parmi celles proposées $-2802 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$; $-594,7 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$; $594,7 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$; $2802 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$.

Q5. Un cycliste développe lors d'une sortie d'une durée d'environ $\Delta t = 4$ heures une puissance moyenne $P_{méca} = 180 \text{ W}$. En considérant que son rendement musculaire η vaut 25%, exprimer en fonction de $\Delta_r H^\circ, P_{méca}, \Delta t, \eta$ et de la masse molaire du glucose M_{gluc} , la masse de glucose m_{gluc} qu'il doit consommer pour ne pas puiser dans ses réserves.

Puis, déterminer la bonne valeur numérique parmi celles proposées : 40 g ; 120 g ; 670 g.

Dosage du glucose contenu dans une boisson isotonique

La figure 2 correspond au diagramme E-pH de l'iode, tracé avec une concentration de chacune des espèces iodées de $10^{-1} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ sur les frontières. Les espèces prises en compte sont I_2, IO_3^- et I^- .

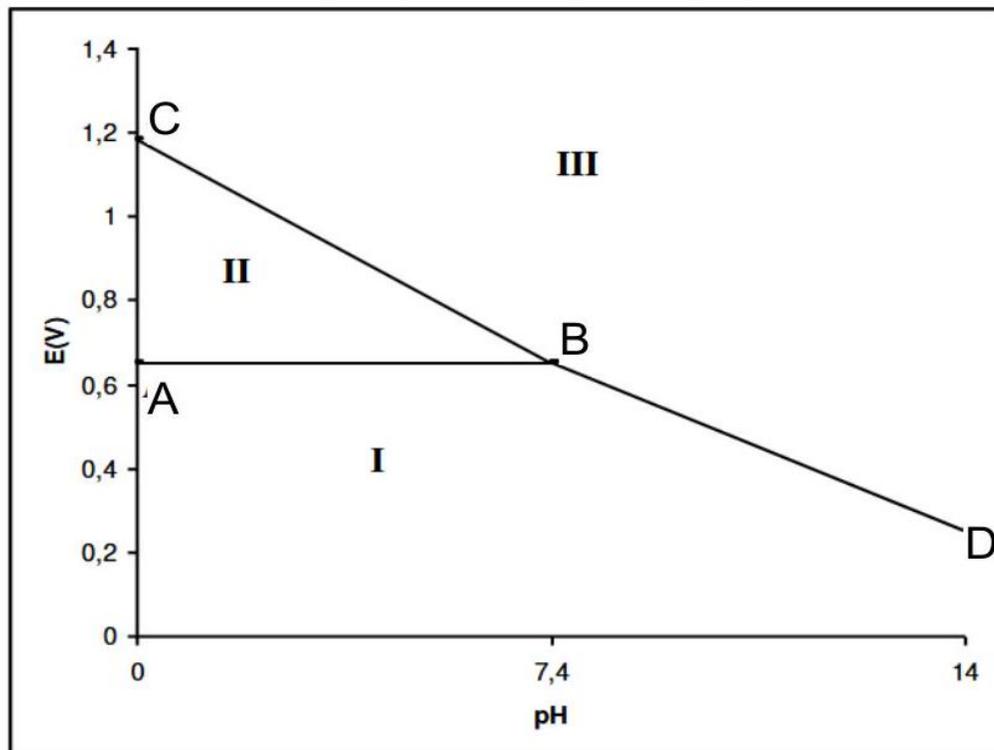


Figure 2 - Diagramme E-pH de l'iode

Q6. Déterminer le nombre d'oxydation de l'iode dans chacune de ces espèces, puis associer un domaine à chacune de ces espèces.

Q7. En prenant à $T = 298 \text{ K}$, $\frac{RT}{F} \ln(x) = 0,06 \log(x)$ en V, déterminer la pente du segment BD (avec son unité).

Le dosage du glucose dans une boisson isotonique est un dosage indirect. Le glucose $C_6H_{12}O_6$ s'oxyde d'abord en ion gluconate $C_6H_{11}O_7^-$ avec un excès d'ions iodate IO_3^- provenant d'un excès de diiode. Le surplus est ensuite dosé par une solution de thiosulfate de potassium ($2 K^+; S_2O_3^{2-}$) en utilisant l'empois d'amidon comme indicateur coloré.

Rappels

$I_2(aq)$ est de couleur jaune brunâtre et forme en présence d'empois d'amidon un complexe de couleur bleue intense. Les solutions de I^- et de IO_3^- sont incolores.

Mode opératoire

Opération 1 : on verse un volume V_1 de solution de diiode de concentration connue C_1 dans un erlenmeyer.

Opération 2 : on ajoute quelques pastilles de soude, jusqu'à décoloration.

Opération 3 : on dilue la boisson isotonique exactement d'un facteur 10 en utilisant une fiole jaugée. On verse un volume V_2 de cette solution diluée dans l'erlenmeyer précédent. On laisse agir 20 minutes.

Opération 4 : on acidifie la solution en ajoutant quelques gouttes d'une solution d'acide chlorhydrique concentrée. La solution reprend alors une couleur jaune brunâtre.

Opération 5 : on ajoute une faible quantité d'empois d'amidon pour que le dosage ne soit pas perturbé. La solution est alors de couleur bleue intense.

Opération 6 : on dose alors le contenu de l'erlenmeyer par une solution de thiosulfate de potassium ($2 K^+; S_2O_3^{2-}$) de concentration connue C_3 . On note V_{eq} le volume de thiosulfate versé à l'équivalence, repéré par la décoloration de la solution.

Q8. Écrire la réaction chimique qui s'est produite lors de l'opération 2. Comment nomme-t-on ce type de réaction chimique ?

Q9. Pourquoi faut-il attendre 20 minutes lors de l'opération 3 ? Écrire la réaction chimique qui s'est produite lors de l'opération 3.

Q10. Écrire la réaction chimique qui s'est produite lors de l'opération 4.

Q11. Écrire la réaction chimique qui s'est produite lors de l'opération 6. Justifier qualitativement que cette réaction est quasi-totale.

Q12. En déduire la concentration C_0 en glucose de la boisson isotonique en fonction de C_1, C_3, V_1, V_2 et de V_{eq} .

Q13. Quelle inégalité doivent vérifier les grandeurs C_1, V_1, C_0 et V_2 pour que ce dosage soit valide ?

Partie II - Mesure de vitesse par effet Doppler

Les cinémomètres laser sont utilisés pour mesurer la vitesse des cyclistes depuis la route. Ils sont un outil d'analyse des performances instantanées des cyclistes. Leur principe de fonctionnement repose sur le double effet Doppler.

Aspects théoriques de l'effet Doppler

Un émetteur E fixe, situé en O , envoie un train d'impulsions (figure 3) à la fréquence f_E , qui se propage suivant \vec{e}_x à la célérité $c_0 > 0$. Le récepteur R , situé à l'abscisse x_0 à la date $t = 0$, est animé d'un mouvement uniforme à la vitesse $\vec{v} = v\vec{e}_x$, avec $v > 0$. Sa position est déterminée par son abscisse notée $x_R(t)$ (figure 4). Il reçoit le train d'impulsions émis de E (figure 5).

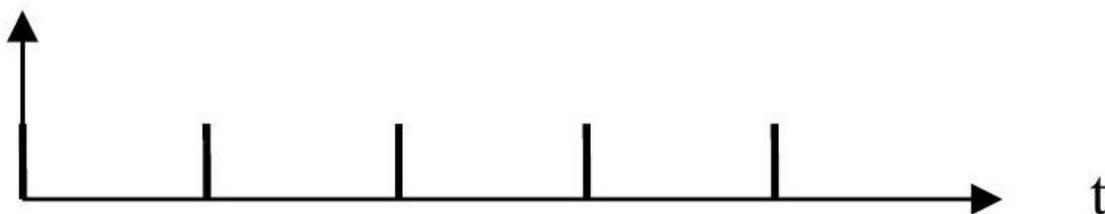
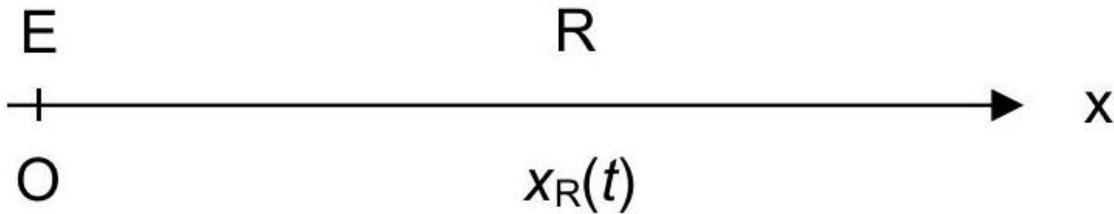
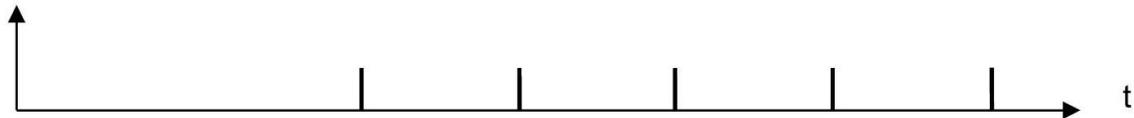


Figure 3 - Train d'impulsions à l'émission en E (fréquence f_E et période $T_E = 1/f_E$)

Figure 4 - Emetteur E et récepteur R Figure 5 - Train d'impulsions à la réception en R (fréquence f_R et période $T_R = 1/f_R$)

Q14. En considérant que la première impulsion a été émise en E à la date $t = 0$, exprimer en fonction de x_0 , c_0 et de v , la date t_1 à laquelle cette première impulsion est reçue en R . Sachant que la deuxième impulsion a été émise en E , à la date $t = T_E$, exprimer la date t_2 à laquelle est reçue en R la deuxième impulsion en fonction de T_E , x_0 , c_0 et de v ?

Q15. En déduire la fréquence f_R du train d'impulsions reçue en R en fonction de f_E , v et de c_0 .

Dans un cinémomètre à effet Doppler, l'émetteur et le récepteur sont tous deux situés au niveau de l'appareil. E et R sont confondus. L'émetteur envoie une onde de fréquence f_E qui se réfléchit sur le cycliste et retourne alors en E . On admettra dans ce cas que $f_R = f_E \left(1 - 2 \frac{v}{c_0}\right)$ où v est la vitesse du cycliste et c_0 la célérité de l'onde.

Validation expérimentale

On se propose ici de valider le fonctionnement du cinémomètre à double effet Doppler dans le cadre du laboratoire de sciences physiques en utilisant des voitures, qui se rapprochent de l'émetteur-récepteur, au lieu de s'éloigner.

Les voitures acquièrent une vitesse en descendant d'une piste inclinée de dénivelé h , où elles sont lâchées avec une vitesse initiale nulle, puis roulent sur un support horizontal (figure 6).

Un émetteur envoie une onde sonore de fréquence f_E . Le récepteur reçoit l'onde réfléchi par la voiture, de fréquence $f_R = f_E \left(1 + 2 \frac{v}{c_0}\right)$, mais aussi une onde réfléchi par les obstacles fixes.

L'émetteur et le récepteur sont des transducteurs piézoélectriques de fréquence de résonance égale à 40kHz.

Sur notre oscilloscope, deux fréquences ne peuvent être distinguées ("résolues") que si leur écart relatif dépasse 20%.

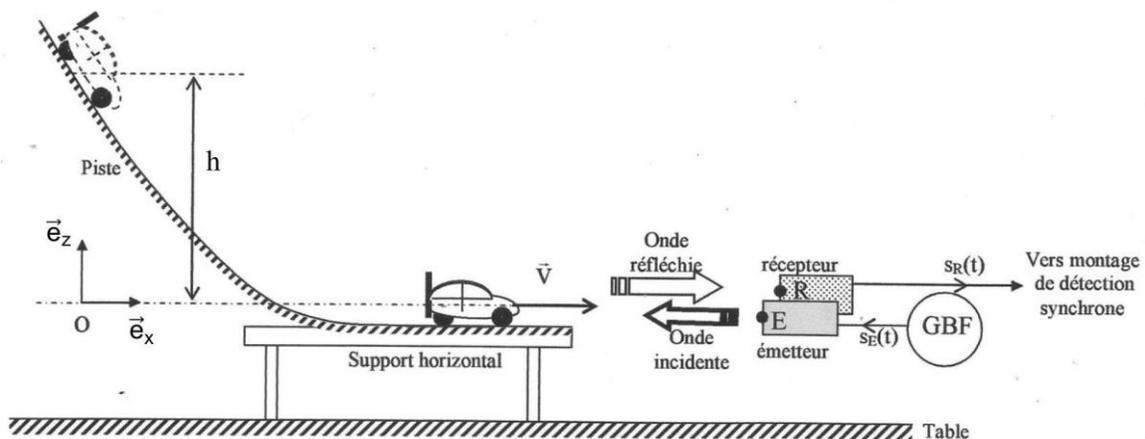


Figure 6 - Maquette du laboratoire

Q16. En négligeant tout frottement, déterminer l'expression de la vitesse de la voiturette une fois arrivée sur la portion horizontale de la piste, en fonction de g et de h . Évaluer cette vitesse avec un chiffre significatif en prenant $h \approx 50$ cm.

Le récepteur reçoit plusieurs signaux réfléchis : celui qui nous intéresse obtenu par réflexion sur la voiture et ceux réfléchis par les obstacles fixes environnants. Pour distinguer tous ces signaux, il faut utiliser une méthode indirecte : la détection synchrone.

Q17. Rappeler l'ordre de grandeur de la célérité des ondes sonores dans l'air à température ambiante. Quelle est la fréquence des ondes réfléchies par les obstacles fixes ? Justifier l'utilisation du montage à détection synchrone. Le principe du montage à détection synchrone est décrit sur le synoptique suivant (figure 7) :

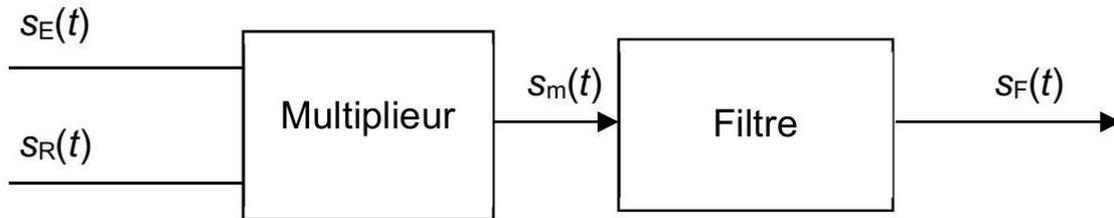


Figure 7 - Détection synchrone

Les tensions électriques $s_E(t)$ et $s_R(t)$ issus du GBF et du récepteur sont envoyées sur un multiplieur de constante $k = 0,1 \text{ V}^{-1}$. On a : $s_m(t) = k s_E(t) s_R(t)$. La tension $s_m(t)$ est alors filtrée avant d'être envoyée sur l'oscilloscope. On se propose d'abord d'étudier quelques aspects liés au filtre.

Le montage électronique du filtre est décrit par la figure 8. L'ALI est considéré comme parfait et fonctionne en régime linéaire.

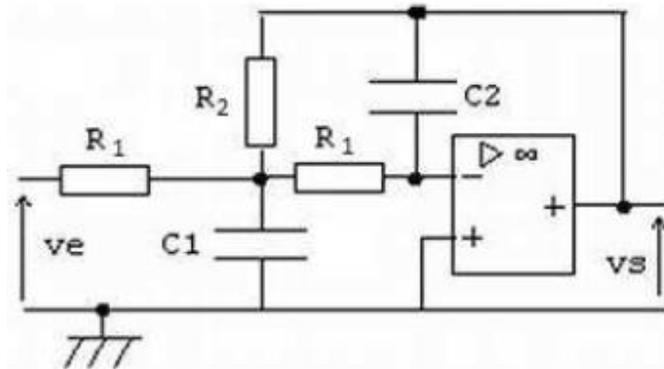


Figure 8 - Filtre

Q18. Déterminer sans calcul la nature du filtre et préciser parmi les deux fonctions de transfert $\underline{H}_1(j\omega)$ et $\underline{H}_2(j\omega)$, laquelle correspond à ce montage :

$$\underline{H}_1(j\omega) = \frac{G_0}{1 + 2jm \frac{\omega}{\omega_0} - \left(\frac{\omega}{\omega_0}\right)^2} \quad \text{et} \quad \underline{H}_2(j\omega) = \frac{-G_0 \left(\frac{\omega}{\omega_0}\right)^2}{1 + 2jm \frac{\omega}{\omega_0} - \left(\frac{\omega}{\omega_0}\right)^2}$$

Q19. Déterminer le gain G_0 de ce filtre en fonction de R_1 et R_2 .

Q20. Préciser le rôle que joue la pulsation ω_0 , sachant que $m = \frac{\sqrt{2}}{2}$. Exprimer, sous la forme de deux inégalités fortes faisant intervenir les grandeurs v, c_0 et f_E , les deux contraintes que doivent vérifier la pulsation ω_0 . Proposer en fonction de v, c_0 et de f_E , une expression de ω_0 qui satisfasse le compromis précédent.

Les valeurs choisies pour les composants sont $R_1 = 1\text{k}\Omega$, $C_1 = 3,2\text{nF}$ et $C_2 = 1,2\text{nF}$ de sorte que ω_0 vérifie la relation précédente.

Un signal sinusoïdal délivré par un GBF est envoyé en entrée du filtre et est enregistré sur la voie 1 de l'oscilloscope (figure 9).

On enregistre sur la voie 2 de l'oscilloscope le signal issu du filtre.

La base de temps est de 1 ms par division comme indiqué en bas de l'écran. Les sensibilités verticales sont de 100mV par division pour la voie 1 et de 5 V par division pour la voie 2.

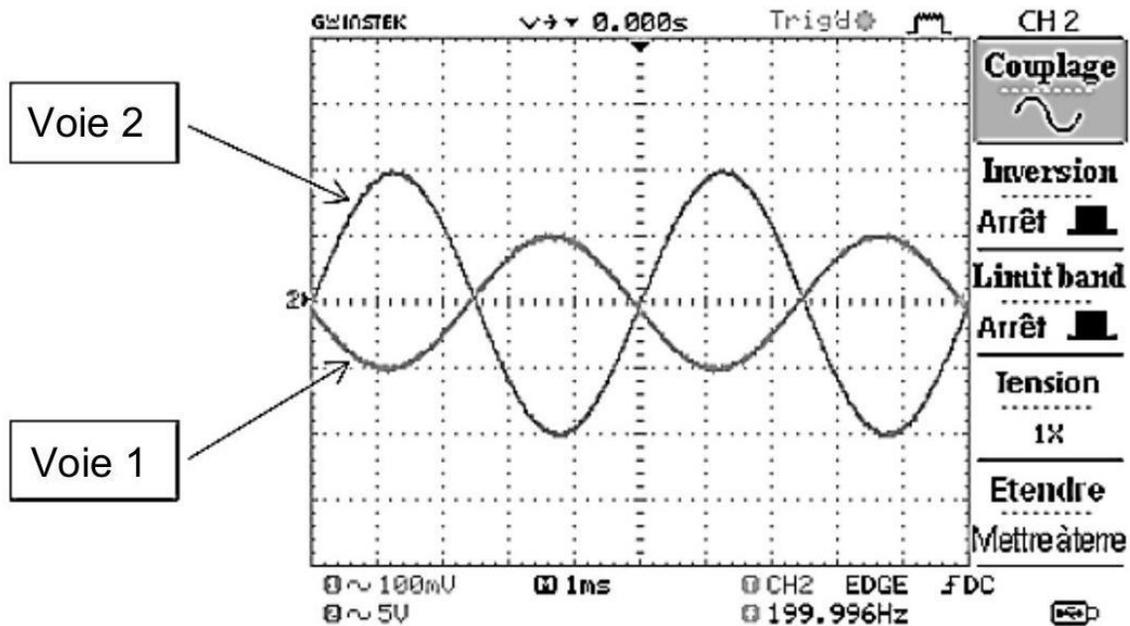


Figure 9 - Oscillogramme 1

Q21. Qu'est ce qui permet de qualifier cet essai d'essai en basse fréquence ? Déterminer, à l'aide de l'oscillogramme 1, la valeur numérique de la résistance R_2 .

Q22. Deux autres essais ont été réalisés en envoyant les tensions sinusoïdales suivantes en entrée du filtre :

- $e_1(t) = E_{01} \cos(\omega_0 t)$;
- $e_2(t) = E_{02} \cos(100\omega_0 t)$

Déterminer les expressions analytiques des tensions $s_1(t)$ et $s_2(t)$ recueillies en sortie du filtre.

On considère maintenant le montage complet lié à la détection synchrone.

Lorsque la tension $s_m(t)$, issue du multiplieur, est envoyée en entrée du filtre, on obtient en sortie du filtre les oscillogrammes 2 et 3, représentés sur les figures 10 et 11.

Pour l'oscillogramme 2, la base de temps est de 5 ms par division et la sensibilité verticale est de 5 V par division, comme indiqué en bas de l'écran.

Pour l'oscillogramme 3, la base de temps est de 1 ms par division et la sensibilité verticale est de 5 V par division, comme indiqué en bas de l'écran.

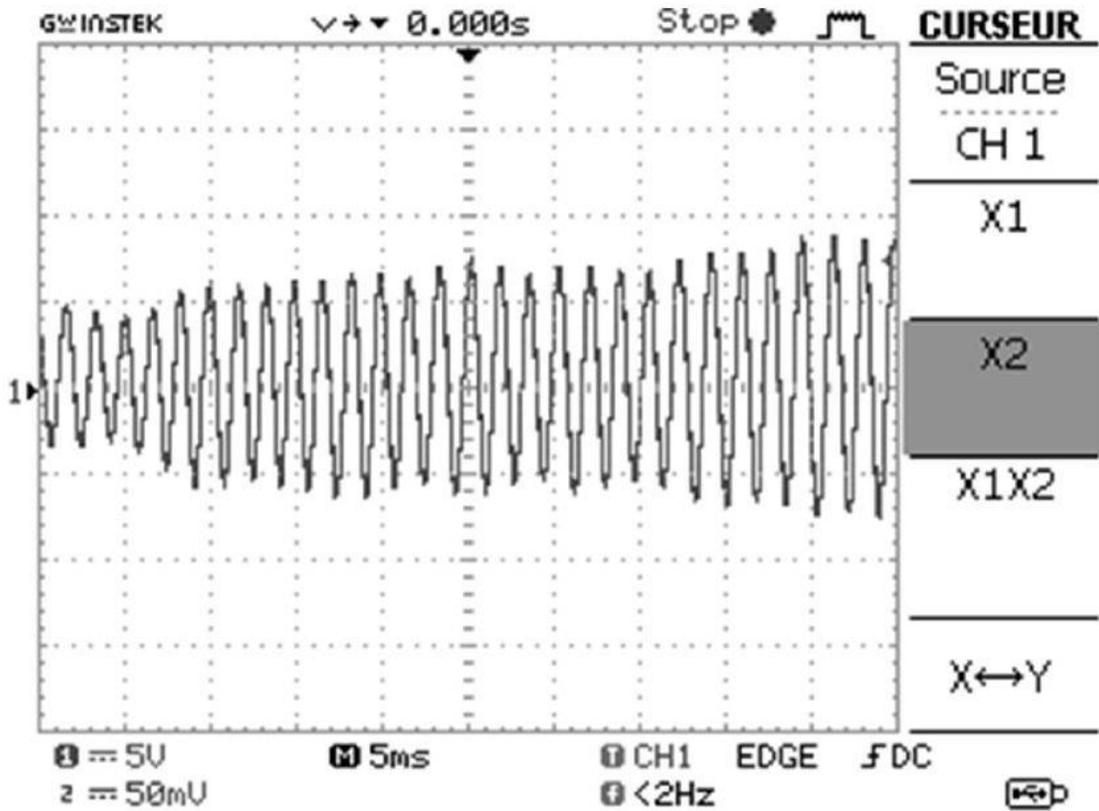


Figure 10 - Oscillogramme 2

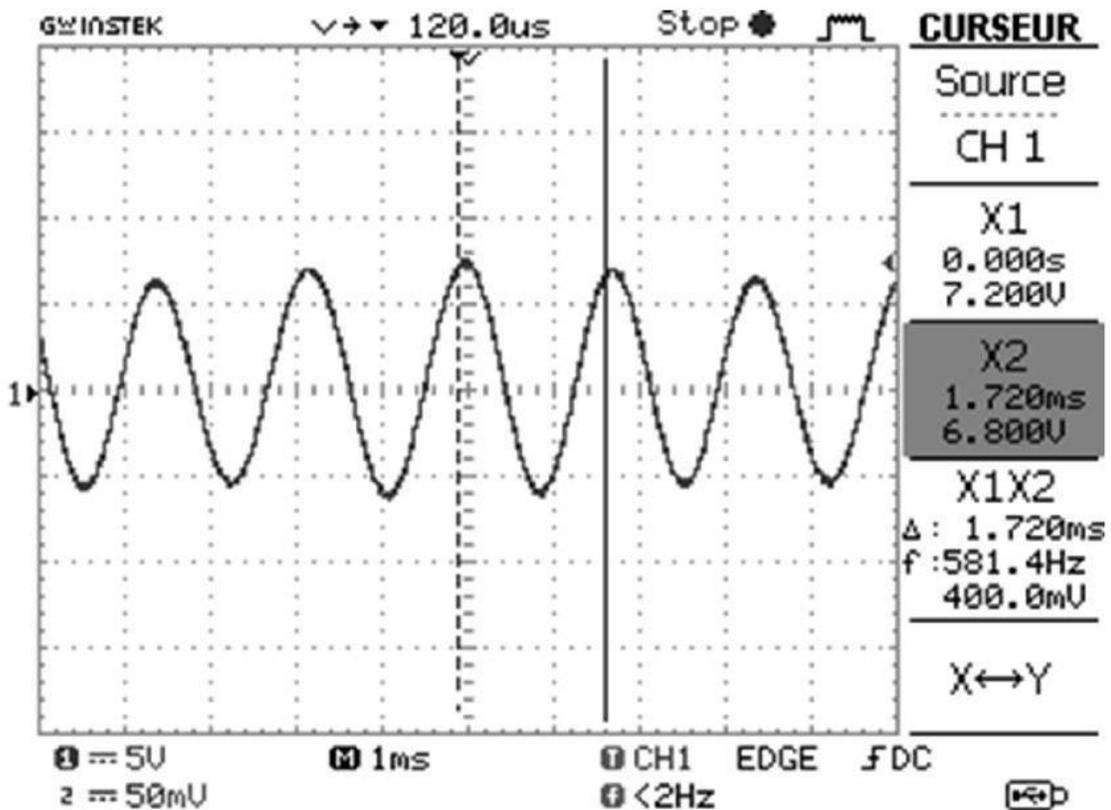


Figure 11 - Oscillogramme 3

Q23. À l'aide des oscillogrammes 2 et 3, évaluer avec un seul chiffre significatif, la vitesse v de la voiturette, lorsqu'elle roule sur le support horizontal.

Partie III - Morphologie et puissance du cycliste

Il vous est demandé, dans cette partie, de faire preuve d'autonomie. Toute démarche de résolution, même partielle, sera prise en compte.

On se propose de comparer les performances de deux cyclistes (A et B) dans des conditions de courses différentes.

Course 1 : Route plate, pas de vent, longueur 90 km.

Course 2 : Montée de pente moyenne égale à 7%, pas de vent, longueur 14 km.

Les spécificités des deux cyclistes sont regroupées dans le tableau 1 :

Cycliste	A	B
Masse embarquée (Masse du cycliste, de l'équipement et du vélo)	70 kg	90 kg
Puissance moyenne développée par le cycliste	220 W	240 W

Tableau 1 - Spécificités des cyclistes

On admettra que :

- les deux cyclistes ont une posture et des vélos dont les aérodynamiques sont similaires ;
- les forces de frottements internes au vélo et aux interfaces roue-route sont indépendantes des coureurs et de la vitesse. Leur résultante est équivalente à une force unique $\|\vec{F}_{\text{frot}}\| = 6 \text{ N}$ opposée au déplacement et parallèle à la route.

On rappelle que pour une route inclinée d'un angle α par rapport à l'horizontale, la pente de cette route correspond à : $p = \text{tg}(\alpha)$. Dans le cadre de la course 2, on a $\sin(\alpha) \approx \text{tg}(\alpha) = 0,07$ et $\cos(\alpha) \approx 1$.

Pour simplifier, on prendra $g = 10 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$

On a représenté pour les deux coureurs A et B , sur les figures 12a et 12b, la norme de la force de trainée $\|\vec{F}_T\|(\text{N})$ en fonction de la vitesse $v(\text{m} \cdot \text{s}^{-1})$, et sur les figures 13a et 13b, leur puissance $P_T(\text{W})$ en fonction de la vitesse ($\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$).

Q24. Déterminer le vainqueur de chacune des deux courses. Évaluer, avec un chiffre significatif, le temps en heure qu'a mis le vainqueur de la course 1.

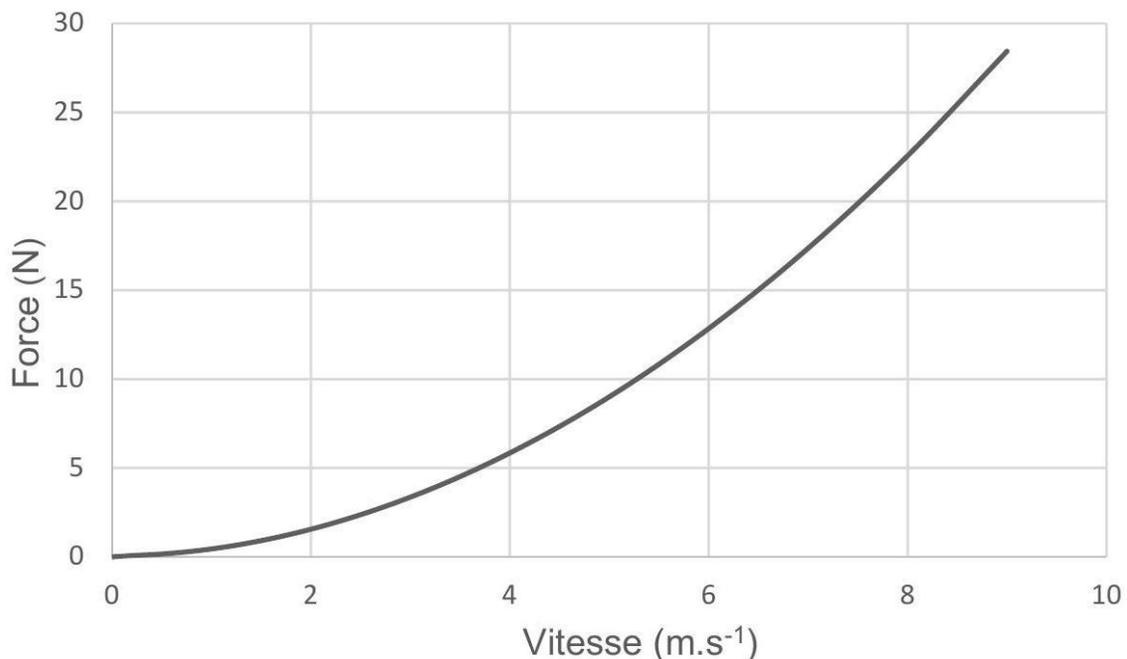


Figure 12a - $\|\vec{F}_T\|(\text{N})$ en fonction de la vitesse $v(\text{m} \cdot \text{s}^{-1})$ pour les cyclistes A et B

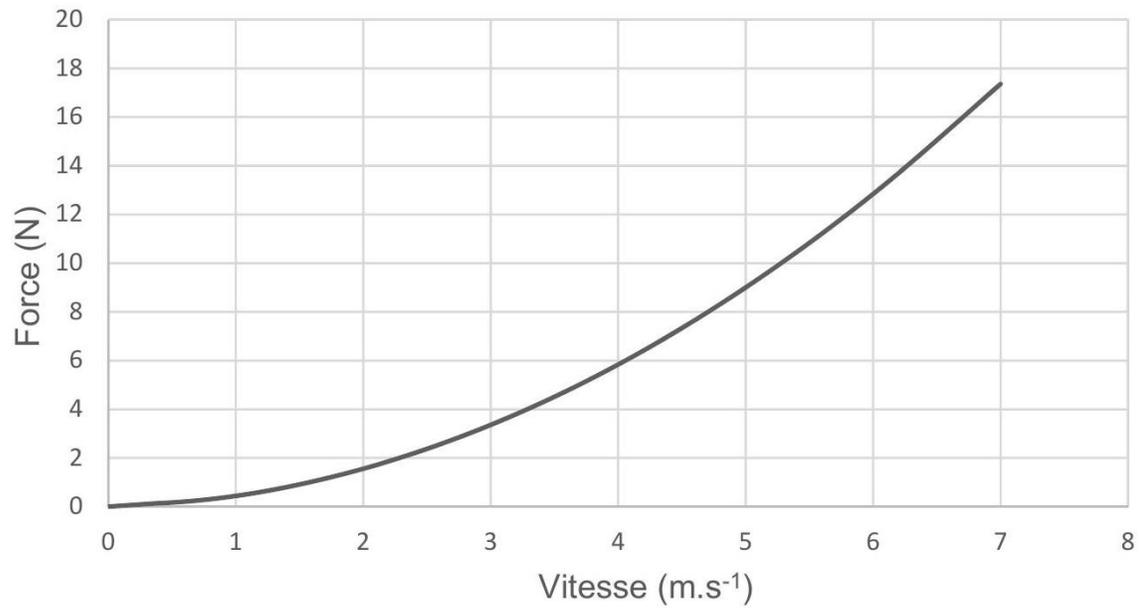


Figure 12b - $\|\vec{F}_T\|$ (N) en fonction de la vitesse v (m · s⁻¹) pour les cyclistes, avec une autre échelle de tracé

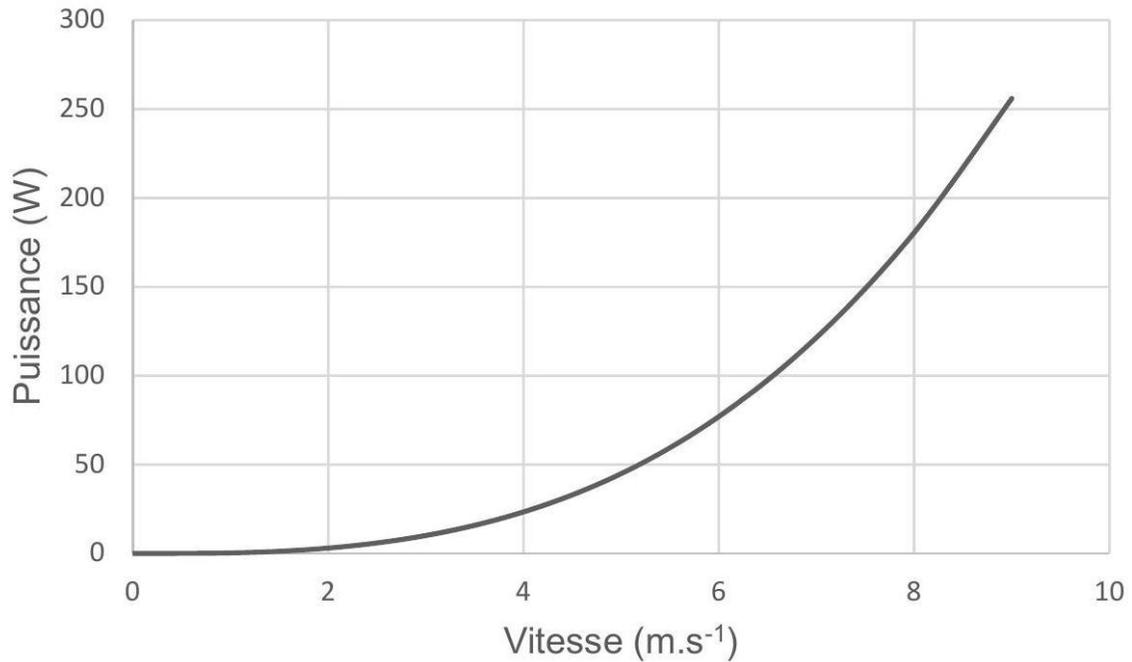


Figure 13a - P_T (W) en fonction de la vitesse v (m · s⁻¹) pour les cyclistes A et B

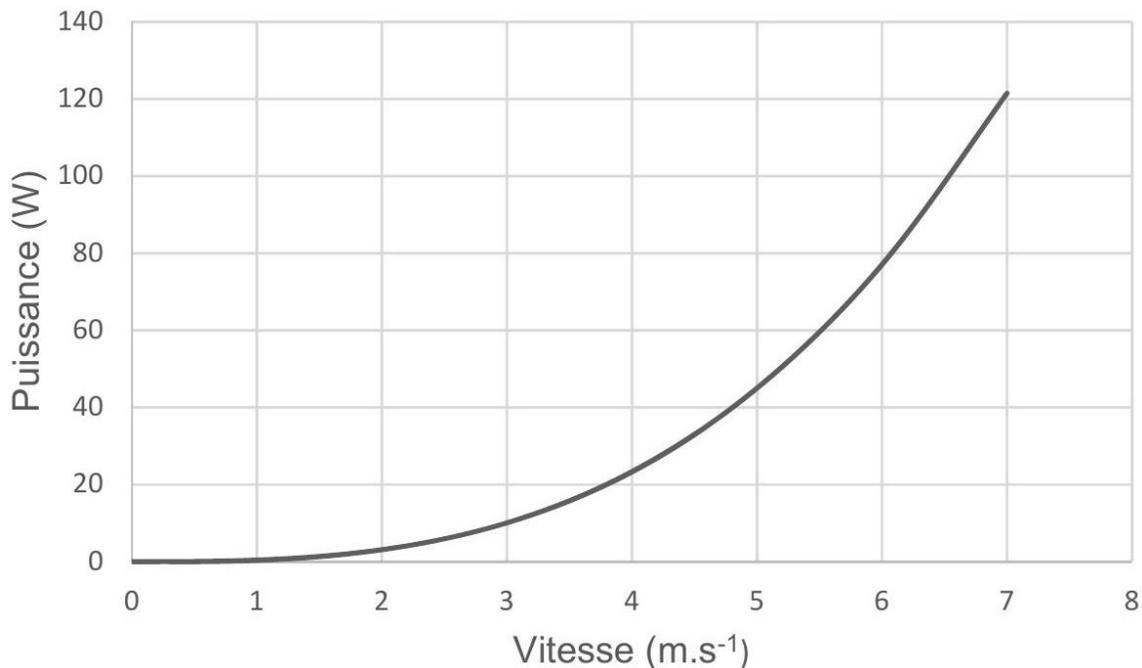


Figure 13b - P_T (W) en fonction de la vitesse v ($\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$) pour les cyclistes avec une autre échelle de tracé

Partie IV -

Quelques aspects de l'industrie nucléaire

Le dénouement de la COP26 à Glasgow a été marqué par l'intervention de l'Inde pour demander non plus une sortie du charbon mais une réduction de l'émission des gaz à effet de serre. Dans son allocution télévisée en date du mardi 9 Novembre 2021, le Président de la République Française, Emmanuel Macron, a annoncé la relance de la construction de réacteurs nucléaires. C'est une annonce majeure pour le domaine de l'énergie, le recours aux énergies fossiles s'en trouvant grandement limité.

Le principe de fonctionnement d'une centrale nucléaire est représenté **figure 7**. Le réacteur chauffe une certaine quantité d'eau qui circule, en boucle fermée, dans le circuit primaire. Cette eau permet de vaporiser l'eau contenue dans le circuit secondaire et dont la circulation assure la rotation de turbines couplées à des alternateurs. Le circuit tertiaire est utilisé pour liquéfier l'eau du circuit secondaire en sortie des turbines, avant qu'elle ne soit à nouveau injectée dans les générateurs de vapeur.

IV.1 - Fonctionnement global

Une centrale nucléaire peut être vue comme une machine ditherme fonctionnant entre deux sources de chaleur :

- une source chaude (eau du circuit primaire) de température $T_C = 574 \text{ K}$;
- une source froide (eau de la Moselle) de température moyenne annuelle $T_F = 287 \text{ K}$.

Q25. On rappelle que quand des systèmes A et B échangent une certaine quantité d'une grandeur physique G , la grandeur d'échange algébrique $G_{A \rightarrow B}$, arbitrairement orientée de A vers B, représente la grandeur G reçue par B de la part de A. Et $G_{A \rightarrow B}$ peut être positif ou négatif selon le sens effectif de l'échange.

Donner la représentation synoptique d'un moteur thermique, avec 2 sources thermiques parfaites, en indiquant les 3 grandeurs énergétiques d'échange (un travail mécanique et deux transferts thermiques). Pour chacune de ces grandeurs, il faudra être clair sur sa définition et son algébrisation, repérée avec une flèche conventionnelle.

Q26. Pour un fonctionnement moteur, quel est le signe de chacune de ces 3 grandeurs ?

Même question pour un fonctionnement récepteur.

Dans une centrale nucléaire, la machine thermique fonctionne-t-elle en moteur ou récepteur ?

Q27. Calculer le rendement η de la centrale sachant qu'il est égal à $2/3$ du rendement maximal de Carnot. Vous établirez tout d'abord l'expression du rendement de Carnot.

Q28. Exprimer la puissance thermique $\mathcal{P}_{th, C}$ reçue par le fluide caloporteur de la part de la source chaude en fonction de η et \mathcal{P} , puissance mécanique algébriquement reçue par la centrale.

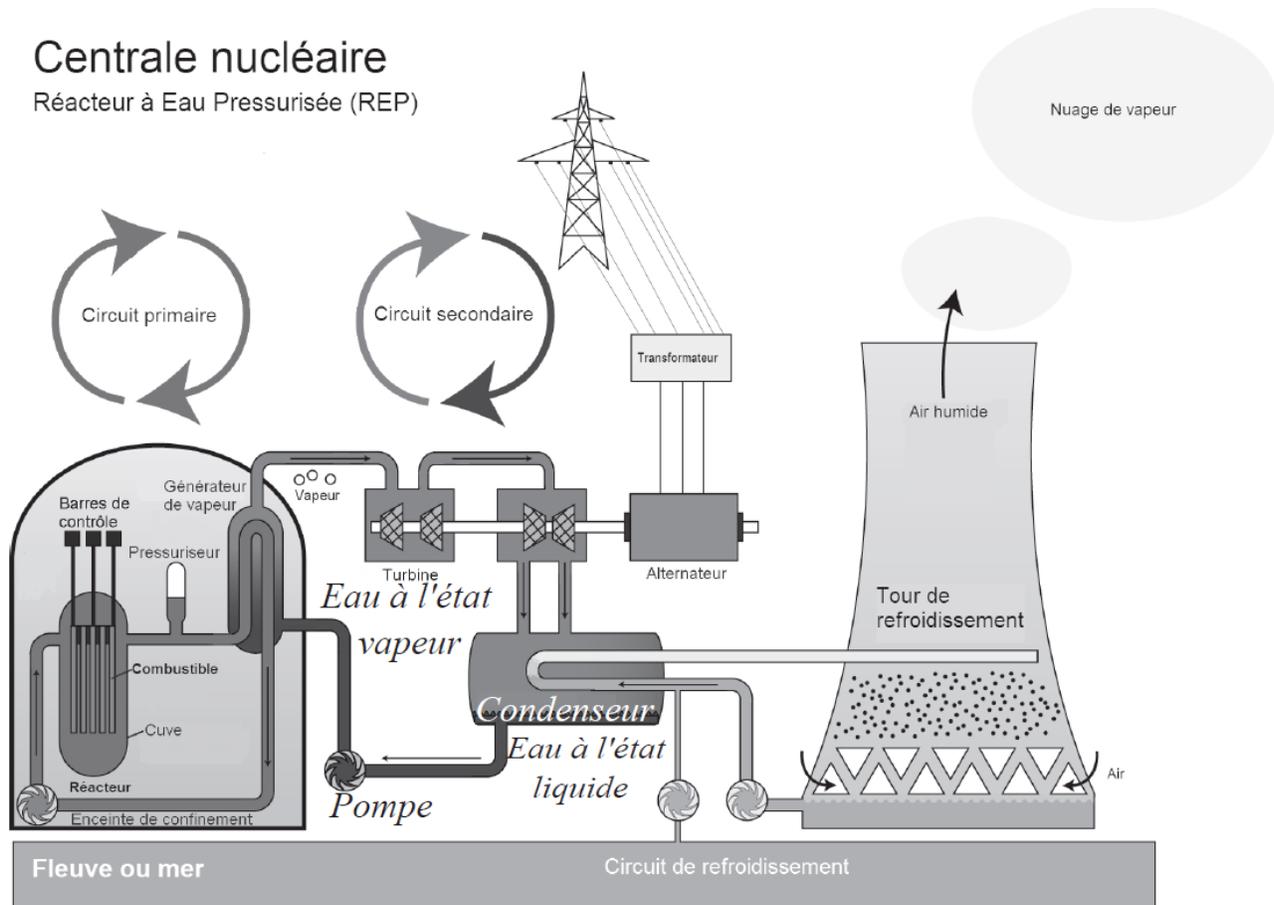


FIGURE 7 – Principe d'une centrale nucléaire (source : Wikipedia)



FIGURE 8 – Photographie centrale nucléaire de Cattenom au bord de la Moselle

(Source : Document EDF)

La question qui vient est une question non guidée. On suppose que l'alternateur qui transforme l'énergie mécanique en énergie électrique a un excellent rendement, proche de 100%.

Q29. (★) Estimer la variation de température ΔT de l'eau de la Moselle due à la présence de la centrale nucléaire de Cattenom. Commenter la valeur obtenue.

Donnée numérique :

- Débit volumique annuel moyen de la Moselle : $D_V = 3,0 \cdot 10^2 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$.

Document 1 - Centrale nucléaire - Site de Cattenom

Mise en service entre 1986 et 1991, la centrale de Cattenom située dans le département de la Moselle, participe activement au développement du tissu économique de la région. En 2020, les contrats passés avec des entreprises locales ont représenté plus de 35 millions d'euros d'investissement.

Une énergie sûre, neutre en $\text{CO}_{2(g)}$

La centrale nucléaire de Cattenom possède 4 réacteurs à eau pressurisée de 1 200 MWe (mégawatt électrique) chacun. En 2020, elle a produit 31,18 TWh d'électricité sans émettre de $\text{CO}_{2(g)}$, ce qui couvre les besoins de près de 6,8 millions de foyers français chaque année.

La surveillance de l'environnement

Certifiée ISO 14001 depuis 2004, la centrale surveille en permanence son impact sur l'environnement. En 2020, 6 850 prélèvements et 20 774 analyses ont été réalisés pour s'assurer de l'efficacité des démarches environnementales en vigueur.

IV.2 Puissance de la pompe du circuit secondaire

On fournit quelques caractéristiques de l'eau utilisée dans le circuit secondaire

- **À l'entrée de la pompe :**
 - * État physique : eau liquide ;
 - * Débit massique : $D_m = 600 \text{ kg} \cdot \text{s}^{-1}$;
 - * Pression : $P_e = 18 \text{ bar}$;
 - * Température : $T_e = 33^\circ\text{C}$.
- **En sortie de la pompe :**
 - * État physique : eau liquide ;
 - * Pression : $P_s = 70 \text{ bar}$;
 - * Température : $T_s = 73^\circ\text{C}$.

- Q30.** Évaluer la puissance mécanique que la pompe doit fournir au fluide. L'évolution du fluide est supposée adiabatique à l'intérieur de celle-ci.
- Q31.** La pompe a un rendement de 60 %. En déduire la puissance électrique consommée par cette dernière.
- Q32.** La pression de l'eau arrivant dans le générateur de vapeur doit être égale à 70 bar. Les valeurs calculées précédemment ont été en fait sous-estimées. Quel phénomène négligé ici permet de l'expliquer ?

Données	
Enthalpies standards de formation :	Potentiels standards à 298 K:
$\Delta_f H^\circ(\text{CO}_2(\text{g})) = -393,5 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$	$E^\circ \text{ESH}_H(\text{S}_4\text{O}_6^{2-}/\text{S}_2\text{O}_3^{2-}) = 0,09 \text{ V}$
$\Delta_f H^\circ(\text{H}_2\text{O}(\text{l})) = -285,8 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$	$E^\circ \text{ESH}_H(\text{I}_2(\text{aq})/\text{I}^-) = 0,68 \text{ V}$
$\Delta_f H^\circ(\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6(\text{s})) = -1274 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$	
	Formules trigonométriques :
Masses molaires :	$\cos(a + b) = \cos a \cos b - \sin a \sin b$
$M(\text{H}) = 1 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$	$\cos(a - b) = \cos a \cos b + \sin a \sin b$
$M(\text{C}) = 12 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$	$\sin(a + b) = \sin a \cos b + \cos a \sin b$
$M(\text{O}) = 16 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$	$\sin(a - b) = \sin a \cos b - \cos a \sin b$
Capacité thermique massique de l'eau liquide :	$c_e = 4,0 \cdot 10^3 \text{ J} \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{kg}^{-1}$

FIN