

BACCALAURÉAT GÉNÉRAL

ÉPREUVE D'ENSEIGNEMENT DE SPÉCIALITÉ

SESSION 2022

SCIENCES DE L'INGÉNIEUR **JOUR 1**

Durée de l'épreuve : **4 heures**

Partie sciences de l'ingénieur : durée indicative de **3 h** - Coefficient :
12 **Partie sciences physiques** : durée indicative de **1 h** - Coefficient : **4**

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

Dès que ce sujet vous est remis, assurez-vous qu'il est complet.
Ce sujet comporte 28 pages numérotées de 1/28 à 28/28.

Le candidat traite les 2 parties en suivant les consignes contenues dans le sujet.
Chacune des parties est traitée sur des copies séparées.

Partie 1 - Sciences de l'ingénieur	20 points
Partie 2 - Sciences Physiques	20 points

Partie 1 : les documents réponses DR1 à DR3 (pages 17 à 19)
sont à rendre avec la copie.

Partie 2 : l'annexe (page 28) est à rendre avec la copie.

Partie 2 : Sciences physiques

EXERCICE A – Étude d'une frappe au football (10 points)

Mots-clés : deuxième loi de Newton ; chute libre

Dans un match de football, lors de phases de jeu appelées dégagement, le gardien peut frapper le ballon de manière contrôlée à condition de demeurer dans la surface de réparation. Il s'agit d'envoyer le ballon haut et loin, de manière à pénétrer le camp adverse.

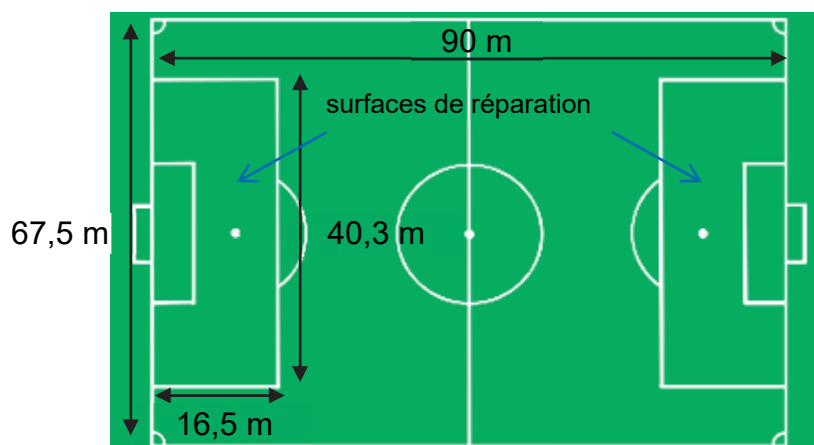


Figure 1. Dimensions d'un terrain de football

La frappe d'un gardien de but est filmée à l'aide de caméras rapides en vue de réaliser deux chronophotographies.

Pour l'image 1, l'intervalle de temps est de 40 ms. Pour l'image 2, l'intervalle de temps est de 33 ms et fait intervenir 106 photographies entre la frappe et le rebond.

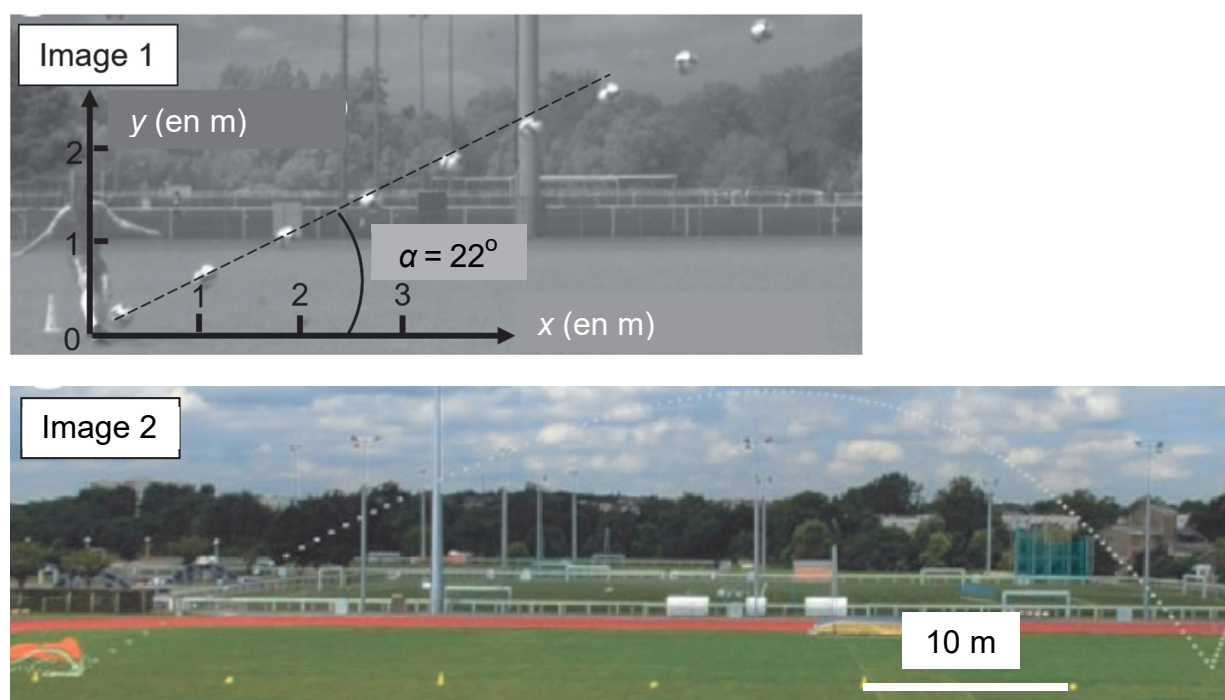


Figure 2. Chronophotographie de la frappe d'un gardien de but. D'après la thèse de Caroline Cohen, *La Physique du Sport*

$a_x = 0$	$a_y = -g$
$v_x = v_0 \cdot \cos(\alpha)$	$v_y = v_0 \cdot \sin(\alpha) - g \cdot t$
$x = v_0 \cdot \cos(\alpha) \cdot t$	$y = v_0 \cdot \sin(\alpha) \cdot t - \frac{1}{2} g \cdot t^2$

Tableau 1. Expressions des composantes des vecteurs position, vitesse et accélération. Dans le tableau, v_0 est la norme du vecteur vitesse à l'instant initial, α est l'angle du vecteur vitesse par rapport à l'horizontal et t est la durée avec, pour instant initial, la frappe.

Effets d'un fluide sur le mouvement d'une sphère dans un champ de pesanteur

Une sphère en mouvement dans un fluide est ralentie du fait des frottements. Lorsqu'elle est animée d'une rotation sur elle-même, la sphère peut aussi faire l'objet d'un phénomène de portance. En plus d'être ralentie, elle est alors aussi partiellement « portée » par l'air.

Données :

- accélération de pesanteur : $g = 9,81 \text{ m.s}^{-2}$.

Le ballon est immobile au sol avant la frappe. Dans un premier temps on se place dans le cadre du modèle de la chute libre.

Q1. Effectuer un bilan des forces exercées sur le système {ballon} avant et après la frappe, en réalisant deux schémas sur lesquels figurent les vecteurs force, vitesse et accélération.

Q2. Déterminer, à l'aide de l'image 1, la valeur de la norme de la vitesse initiale. Commenter.

Q3. Pour les expressions des composantes v_x et v_y fournies, interpréter qualitativement leur signe au cours du temps.

Q4. Toujours dans le cadre du modèle de la chute libre, déterminer la valeur de la durée écoulée entre la frappe et l'impact au sol.

Q5. Toujours dans le cadre du modèle de la chute libre, on suppose que la frappe est effectuée par le gardien dans la surface de réparation avec le même angle α et la même vitesse initiale v_0 . Déterminer par un raisonnement quantitatif si le gardien est susceptible de marquer directement un but sans rebond.

Q6. Au regard de la chronophotographie de l'ensemble de la trajectoire (image 2), discuter de la pertinence du modèle choisi compte tenu de la distance du point d'impact d'une part et de la durée du vol du ballon entre l'instant de la frappe et celui de l'impact.

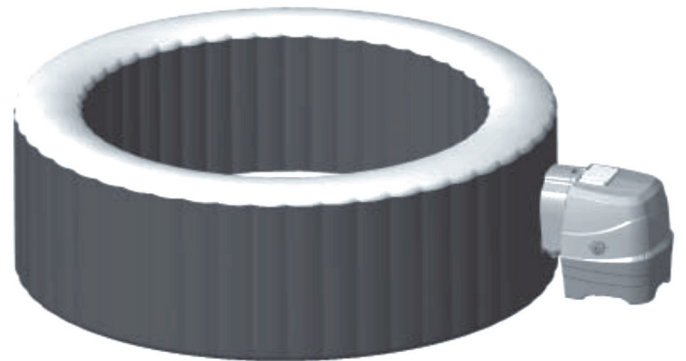
La chronophotographie de l'image 1 met en évidence un mouvement de rotation du ballon sur lui-même estimé à 5 tours par seconde.

Q7. Proposer une interprétation à la valeur de la durée du temps de vol mesurée.

EXERCICE B – Le spa gonflable (10 points)

Mots-clés : premier principe de la thermodynamique ; transfert thermique ; loi de Newton de la thermique

Un spa gonflable permet de profiter d'une eau chauffée pour se détendre. L'eau du spa est chauffée par une résistance électrique. Le spa est en outre équipé d'un système permettant d'envoyer de l'air dans le fond du spa pour faire des bulles et d'un couvercle permettant de le fermer.



Le but de l'exercice est d'étudier les conditions de fonctionnement du spa.

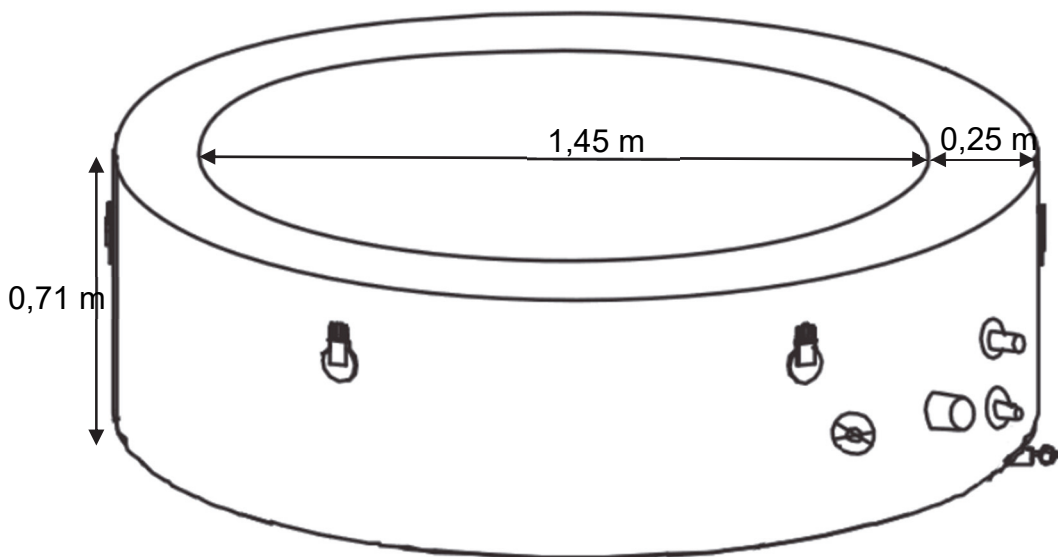


Figure 1. Dimensions du spa

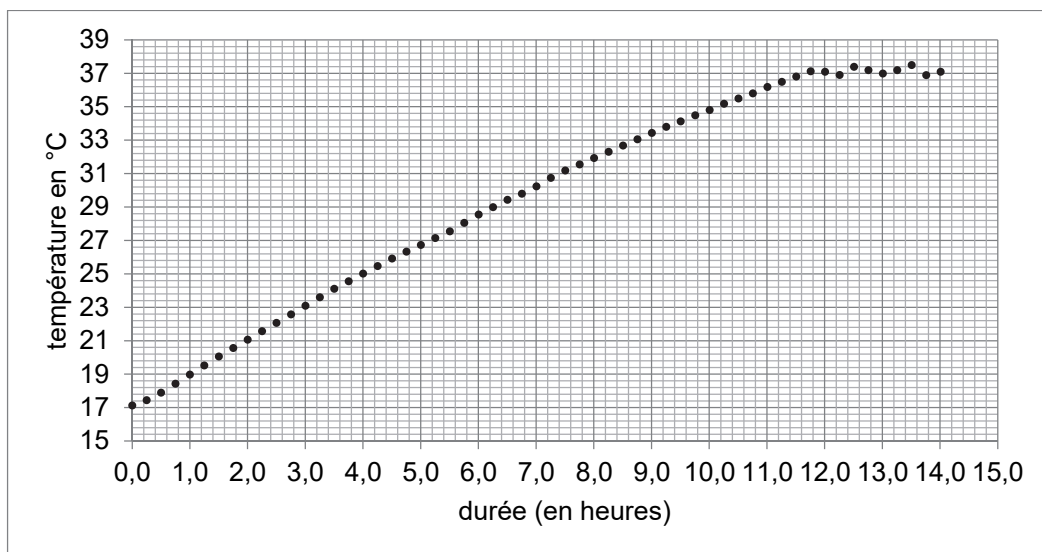


Figure 2. Évolution de la température de l'eau du spa rempli lors de la mise en service
D'après des mesures réalisées avec une sonde de température DS18B20

Données pour la situation étudiée :

- volume d'eau dans le spa rempli : $V_{\text{eau}} = 795 \text{ L}$;
- masse volumique de l'eau : $\rho_{\text{eau}} = 1,00 \times 10^3 \text{ kg}$;
- puissance de chauffage du spa : $P_{\text{chauffage}} = 2,20 \times 10^3 \text{ W}$;
- capacité thermique massique de l'eau : $c_{\text{eau}} = 4,18 \times 10^3 \text{ J} \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{kg}^{-1}$.

Dans un premier temps, on s'intéresse à la mise en service du spa. Le spa est rempli avec de l'eau à la température initiale $T_i = 17 \text{ }^\circ\text{C}$, puis le chauffage est mis en route. On suppose que la masse d'eau dans le spa reste constante.

Q1. Exprimer la capacité thermique C de l'eau du spa en fonction de V_{eau} , ρ_{eau} et c_{eau} . En déduire l'expression puis la valeur de la variation d'énergie interne ΔU de l'eau du spa lorsque sa température varie de T_i à la température $T_f = 37 \text{ }^\circ\text{C}$.

Q2. À l'aide notamment de la figure 2, montrer que la valeur de la puissance thermique moyenne P reçue par l'eau du spa lors de la mise en service est de l'ordre de 1,5 kW.

Q3. Comparer cette puissance thermique moyenne P reçue par l'eau du spa avec la puissance de chauffage du spa $P_{\text{chauffage}}$ et commenter.

Dans cette partie, on s'intéresse aux pertes d'énergie thermique du spa lorsque le système de chauffage est éteint.

La paroi du spa est constituée de deux couches de PVC de 4 mm d'épaisseur, séparées par une couche d'air de 24 cm d'épaisseur. On considère une température extérieure moyenne de $9 \text{ }^\circ\text{C}$ et une température de l'eau moyenne de $37 \text{ }^\circ\text{C}$.

Q4. Expliquer qualitativement pourquoi il est, *a priori*, intéressant, d'un point de vue thermique, que les parois soient remplies d'air.

Q5. Déterminer le sens du transfert thermique dans cette situation. Justifier.

On considère le spa ouvert, le système de chauffage étant éteint. À l'instant $t = 0$, la température vaut $37 \text{ }^\circ\text{C}$.

On modélise le transfert thermique Q entre l'eau du spa et l'air extérieur entre les instants t et $t + \Delta t$ par la loi de Newton :

$$Q = h \cdot S \cdot (T_{\text{ext}} - T(t)) \cdot \Delta t$$

Avec h le coefficient conducto-convectif surfacique, S l'aire de la surface de l'eau en contact avec l'air, T_{ext} la température de l'air extérieur, $T(t)$ la température de l'eau du spa et Δt la durée d'étude supposée petite devant la durée typique d'évolution de la température du système.

Q6. Établir l'équation différentielle qui caractérise alors l'évolution temporelle du système {eau du spa} et la mettre sous la forme :

$$\frac{dT}{dt} + \frac{T(t)}{\tau} = \frac{T_{ext}}{\tau}$$

avec τ le temps caractéristique de l'évolution de la température du système dont on donnera l'expression en fonction de h , S , c_{eau} , ρ_{eau} et V_{eau} .

L'évolution de la température peut être modélisée par une équation du type :

$T(t) = A \cdot \exp\left(-\frac{t}{\tau}\right) + B$ où A et B sont deux constantes que l'on ne cherchera pas à déterminer. Une simulation de cette évolution est proposée sur l'**ANNEXE À RENDRE AVEC LA COPIE**.

Q7. À l'aide de l'**ANNEXE À RENDRE AVEC LA COPIE**, déterminer graphiquement la valeur de τ . Commenter.

Dans les mêmes conditions que précédemment, on active les bulles du spa.

Q8. Expliquer qualitativement comment évolue la valeur de τ comparée à la situation précédente.

Q9. Sur l'**ANNEXE À RENDRE AVEC LA COPIE**, tracer alors l'allure de la courbe d'évolution de la température que l'on obtiendrait dans ce dernier cas.

EXERCICE C – Qualité d'écoute d'une enceinte bluetooth (10 points)

Mots-clés : interférences ; conditions d'interférences ; différence de marche

Les enceintes connectées permettent d'écouter de la musique plus facilement qu'auparavant. En effet, elles sont déplaçables à l'envie car elles ne nécessitent pas d'alimentation électrique externe ou de connecteur filaire pour recevoir le signal numérique du son à émettre.

Malgré cet avantage, certaines difficultés déjà présentes avec les systèmes classiques persistent, et en particulier, la réflexion des ondes sonores sur les murs a pour conséquence l'existence d'un phénomène d'interférences entre l'onde incidente et l'onde réfléchie.

L'objet de cet exercice est d'étudier les conditions de ces interférences.

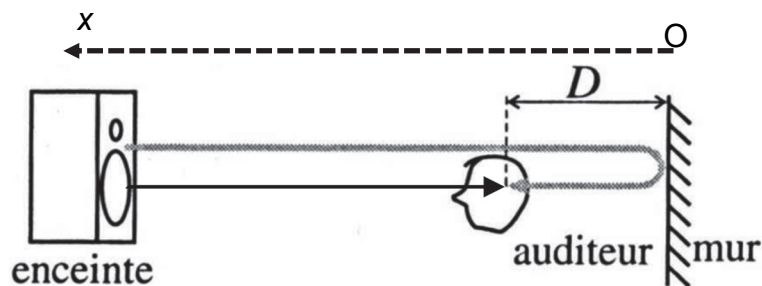


Figure 1. Schéma de principe de la situation. La flèche noire en trait plein représente la trajectoire de l'onde sonore incidente issue d'une enceinte. La flèche grisée représente la trajectoire de l'onde sonore réfléchie sur le mur. La flèche en pointillés correspond à l'axe Ox. Une distance D sépare l'auditeur et le mur.

Donnée :

- célérité du son dans l'air : $c = 340 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$.

Q1. Rappeler les conditions d'observation d'interférences entre deux ondes.

Q2. On définit δ , la différence de marche entre l'onde directement reçue par l'auditeur et celle reçue après réflexion sur le mur. Exprimer δ en fonction de D .

Le phénomène d'interférences est d'autant plus important que les deux ondes qui interfèrent entre elles ont des amplitudes similaires.

Q3. Certaines enceintes bluetooth sont transportables à la main. Expliquer pourquoi les perturbations dues au phénomène d'interférences sont plus importantes lorsque l'auditeur est situé à proximité du mur.

Q4. Identifier parmi les deux représentations de superpositions d'ondes présentées en figure 2, celle correspondant à une situation d'interférences destructives. Justifier.

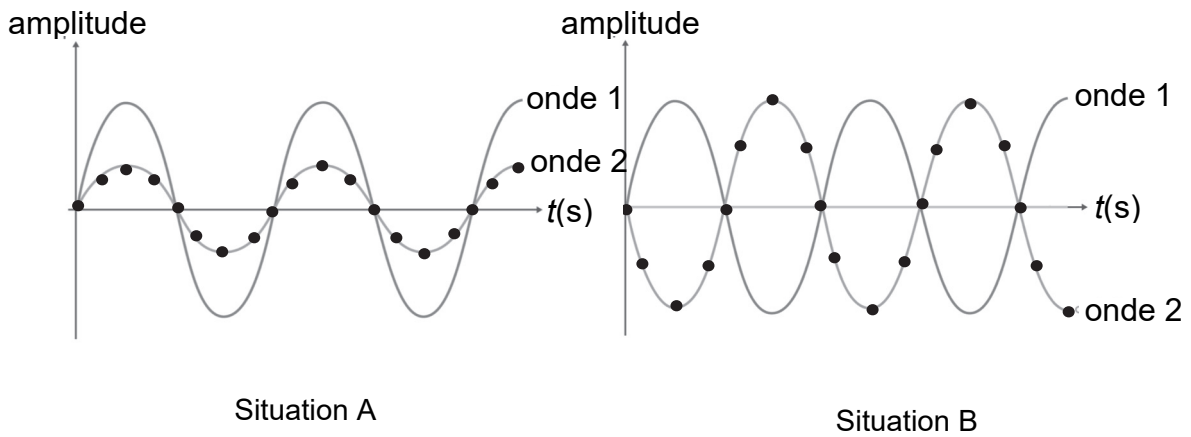


Figure 2. Superpositions de deux ondes

Q5. Rappeler la relation liant δ et λ , la longueur d'onde de l'onde acoustique considérée, dans le cas d'interférences destructives ; on introduira k , un nombre entier positif. On définit D_k , la distance entre le mur et une position correspondant à une situation d'interférences destructives le long de l'axe Ox. En déduire l'expression reliant la distance D_k et la longueur d'onde λ .

Q6. Montrer que la distance D_k peut être exprimée sous la forme :

$$D_k = \frac{c}{2f} \left(k + \frac{1}{2} \right)$$

avec f la fréquence de l'onde émise, et k un nombre entier positif.

Le piccolo est un des instruments de musique capable de produire les sons les plus aigus, comme le Si₆ de fréquence $f_a = 3\,951$ Hz. La contrebasse produit quant à elle des sons très graves, comme le La₀ de fréquence $f_b = 55$ Hz.

Q7. On définit d_a (respectivement d_b) la distance entre deux points consécutifs le long de l'axe Ox où ont lieu des interférences destructives pour la fréquence f_a (respectivement f_b). Déterminer les valeurs de d_a et d_b , ainsi que D_0 pour les deux fréquences. Commenter au regard de l'impact du phénomène d'interférences sur la qualité sonore.

Q8. L'ajout d'un rideau en tissu sur le mur améliore la qualité sonore. Proposer une interprétation à ce phénomène.

Page blanche laissée intentionnellement.

Ne rien inscrire dessus.

ANNEXE À RENDRE AVEC LA COPIE

