

Devoir Surveillé de rentrée

**L'emploi des calculatrices personnelles est interdit.
Aucune sortie n'est possible pendant l'épreuve.**

Instructions générales

Ce DS est composé de trois parties : un exercice de mécanique, un de chimie et un de thermodynamique.

Merci de porter une attention particulière à la rédaction. La présentation, la lisibilité, l'orthographe, la qualité de la rédaction, la clarté et la précision des raisonnements entreront pour une part importante dans l'appréciation des copies. En particulier, **les résultats non encadrés et non justifiés ne seront pas pris en compte.**

I) Rouler en montagne

Tout le monde en a fait l'expérience : pédaler en montée est plus fatigant que pédaler sur du plat. Nous réfléchissons ici aux différentes contributions énergétique mises en jeu lorsque le cycliste se déplace.

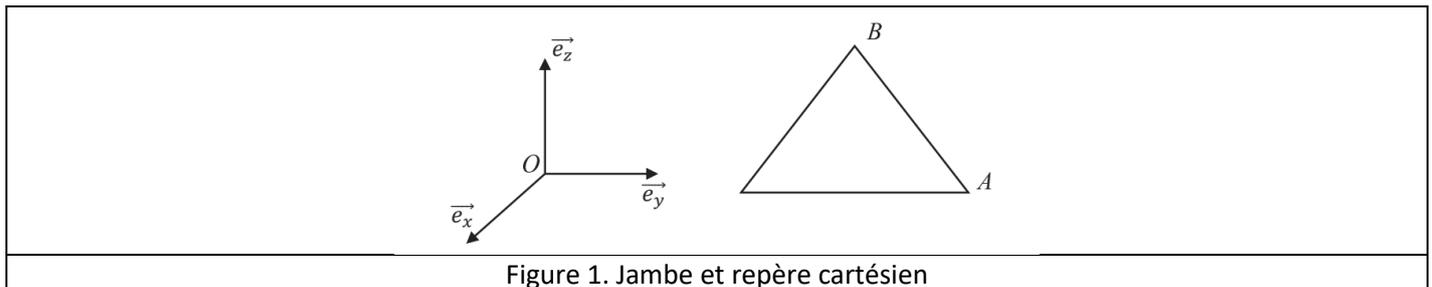
On considère un cycliste (avec son vélo) de masse m , de centre d'inertie I , en mouvement dans le référentiel terrestre supposé galiléen muni d'un repère cartésien $(O, \vec{e}_x, \vec{e}_y, \vec{e}_z)$.

L'accélération de la pesanteur, notée $\vec{g} = -g\vec{e}_z$, est supposée uniforme.

Le cycliste se déplace d'un point A situé en bas d'une colline à un point B situé en haut de la colline comme indiqué sur la Figure 1.

On note h le dénivelé parcouru par le cycliste $h = z_B - z_A$ où z_A est la coordonnée du point A selon l'axe (O, \vec{e}_z) et z_B celle du point B .

Les frottements de l'air sur le cycliste seront négligés.



1) Lorsqu'il roule, l'ensemble {vélo+cycliste} est soumis à la réaction \vec{R} du sol sur les roues. La réaction du sol s'applique à chaque instant en un point de vitesse nulle (le point d'appui de la roue). Que vaut la puissance de la réaction du sol sur l'ensemble {vélo+cycliste} ? Justifier.

On cherche la variation d'énergie mécanique du cycliste. Pour cela, on assimile l'ensemble {vélo+cycliste} à un point matériel placé en I de coordonnées (x_I, y_I, z_I) .

2) L'ensemble {vélo+cycliste} est soumis à son poids. Donner en l'expliquant l'expression de l'énergie potentielle de pesanteur E_p de l'ensemble en fonction de m , g , z_I et d'une constante. Cette énergie potentielle est la seule prise en compte dans notre étude.

3) A l'instant initial, le cycliste est en A et a une vitesse nulle. Il s'arrête à l'arrivée en B pour contempler le paysage. Que vaut la variation de son énergie cinétique entre A et B ?

4) Rappeler la définition de l'énergie mécanique. Déterminer la variation d'énergie mécanique ΔE_m du cycliste entre A et B en fonction de m , g et h .

5) Lors d'une course, un individu de 60 kg parcourt une distance de 70 km avec un dénivelé de 1 km. L'accélération de la pesanteur est approximée à $10m \cdot s^{-2}$. Calculer numériquement la variation de son énergie mécanique.

6) Calculer à nouveau la variation d'énergie mécanique pour une distance parcourue de 100 km sans dénivelé. Comparer les deux résultats précédents en s'appuyant sur l'introduction de cette partie.

L'énergie nécessaire à l'ascension du cycliste est apportée par les muscles (assimiler le cycliste à un point matériel n'est ici plus possible : on doit tenir compte des actions intérieurs et du travail associé). Lors d'une journée « normale », sans course, un individu consomme $E_n = 12MJ$ en moyenne (pour maintenir sa température à 37°C, respirer, bouger, réfléchir, ...).

7) Quel est le pourcentage d'énergie dépensée en plus par l'individu lors de l'ascension décrite à la question 5 par rapport à une journée « normale » ? Commenter en sachant qu'une course avec un dénivelé de 1 km dure en moyenne 3 heures.

II) Etude d'une crosse de hockey

Pour manipuler le palet, les joueurs utilisent une crosse de hockey composée d'un manche et d'une palette. La crosse est suspendue par l'extrémité supérieure du manche (point O) à un axe horizontal (O_z) fixe par une liaison pivot supposée parfaite et peut ainsi osciller. L'axe (O_z) est dirigé vers l'avant de la Figure 2. L'écart de la crosse de hockey avec la verticale est repéré par l'angle θ .

La crosse possède :

- une masse totale M ,
- un centre de masse G qu'on considèrera situé sur le manche avec $OG = l$,
- un moment d'inertie total J (en $kg \cdot m^2$) par rapport à l'axe (O_z).

Les vecteurs \vec{u}_x , \vec{u}_y , \vec{u}_z sont des vecteurs unitaires dirigés respectivement selon les axes (O_x), (O_y) et (O_z).

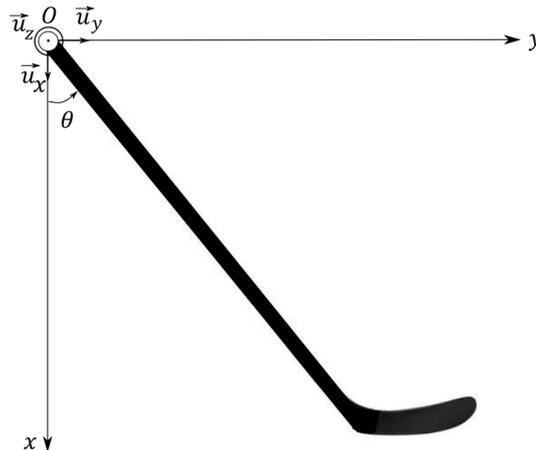


Figure 2. Schéma de la crosse de hockey

8) Rappeler la loi du moment cinétique pour un solide en rotation autour d'un axe orienté (O_z). En l'appliquant et en négligeant les frottements de l'air, montrer que l'équation différentielle du mouvement de la crosse peut se mettre sous la forme :

$$J\ddot{\theta} + Mgl\sin\theta = 0 \quad (1)$$

9) Dans le cas d'oscillations de faible amplitude au voisinage de la position d'équilibre, réécrire l'équation (1). L'équation obtenue sera notée (2).

10) En déduire l'expression de la période des oscillations.

11) Établir une intégrale première du mouvement à partir de l'équation (1). Cette équation sera notée (3).

12) Expliquer en quoi cette équation (3) fait apparaître les différentes formes d'énergies. Vérifier, à partir des unités de base du Système International, que les différents termes sont homogènes à des énergies.

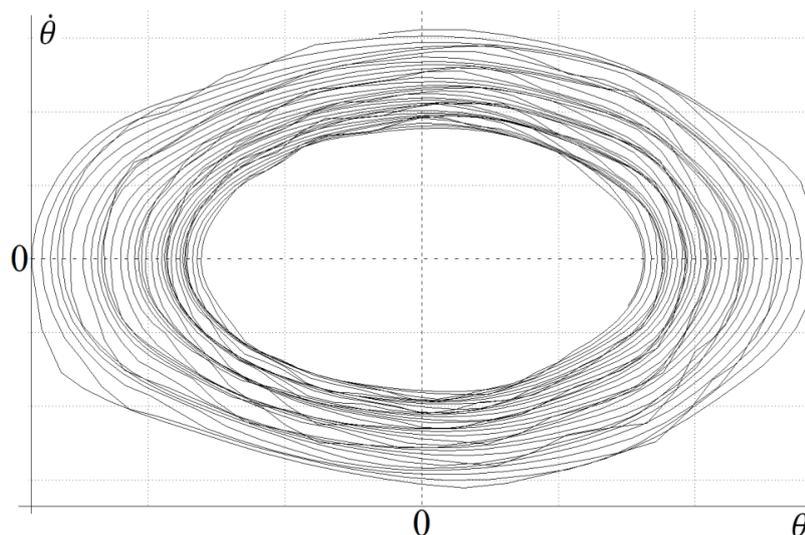


Figure 3. Portrait de phase associé au mouvement d'un pendule représentant $\dot{\theta}$ en fonction de θ

Afin de modéliser la crosse de hockey en laboratoire, on utilise un pendule oscillant. On trace expérimentalement le portrait de phase associé au mouvement du pendula (Figure 3).

13) Le mouvement est-il pendulaire ou révolitif ? Expliquer.

14) D'après ce portrait de phase, quelle critique pouvez-vous faire vis-à-vis des hypothèses posées au début de cette partie ?

15) Expliquer, sans calcul, à partir de quelle équation, modifiée, on peut obtenir le portait de phase de la Figure 3. Préciser l'évolution du tracé de ce portrait de phase au cours du temps.

III) Rendre l'eau potable

Plusieurs possibilités s'offrent au randonneur pour purifier l'eau de source trouvée en chemin, afin de pouvoir la consommer sans danger pour la santé. Il opte pour la solution d'alcool iodé.

16) On souhaite préparer la solution d'alcool iodé en suivant le descriptif du document 5. Préciser le matériel le plus adapté à utiliser pour : - obtenir les 5 mL d'eau purifiée,

- préparer les quantités adéquates de diiode solide et d'iodure de potassium solide.

17) Le processus de désinfection de l'eau repose sur des réactions chimiques. Quelle est la nature de ces réactions chimiques d'après les documents 3 et 4 ? On ne demande pas d'équation bilan de réaction.

18) Expliquer pourquoi il y a un délai entre l'utilisation du désinfectant et le moment où l'on peut consommer l'eau. Ce délai s'allonge lorsque la température diminue. Sur quel paramètre la température joue-t-elle ?

19) On parle de « pouvoir oxydant » dans le document 4. Justifier cette affirmation à l'aide de la notion de nombre d'oxydation. On s'intéressera au couple I_2/I^- .

Document 3 - L'eau en voyage, comment rendre l'eau potable (d'après le site routard.com)

Quels sont les différents moyens dont un voyageur dispose pour traiter son eau ?

1) Ébullition

Selon les différents avis, il faut faire bouillir l'eau d'une à dix minutes. L'ébullition permet de désinfecter l'eau avant de la boire mais pas de la stériliser.

En altitude, n'oubliez pas que l'eau bout à une température plus basse et que les germes ont donc plus de chance de résister. Il est donc vivement conseillé de traiter votre eau ou de la filtrer.

2) Désinfection chimique

Les désinfectants chimiques du voyageur sont efficaces sur les bactéries. Parmi eux, certains éliminent également les virus et les parasites. Ils doivent toujours être utilisés avec une eau bien claire. Il est essentiel d'attendre un délai suffisant avant de la boire, de 15 minutes à 2 heures selon le produit utilisé.

Les différents désinfectants :

Le plus efficace est l'iode, disponible en France en pharmacie sous forme d'alcool iodé à 2 %. On l'utilise à dose de 5 à 10 gouttes par litre d'eau selon la turbidité (aspect trouble de l'eau) et avec un temps de contact de 30 minutes. Son utilisation doit pourtant rester ponctuelle, l'utilisation prolongée présentant un risque pour la thyroïde. Il existe aussi des résines iodées qui équipent certains systèmes pour le voyageur.

Les autres désinfectants de l'eau disponibles sont des agents dérivés du chlore. Le problème avec les agents chlorés, c'est que leur efficacité dépend beaucoup du pH de l'eau, ce que le voyageur ne peut contrôler.

Par ailleurs, tous ces désinfectants chimiques, alcool iodé et agents chlorés, ont une efficacité qui diminue lorsque l'eau est froide (<10 °C). Il faut alors doubler le temps de contact.

3) Filtrage

Une micro-filtration de porosité absolue entre 0,2 et 0,4 μm arrêtera efficacement les bactéries et les parasites, mais pas les virus, qui sont trop petits. Un avantage de ce procédé, c'est que l'eau peut être consommée immédiatement.

Document 4 - D'après le guide « Antiseptiques et désinfectants » du centre de Coordination de la Lutte contre les Infections Nosocomiales de l'Inter-région Paris - Nord

Les produits iodés sont bactéricides, virucides, fongicides et sporicides.

L'iode sous forme moléculaire (le diiode, I₂) est capable de traverser rapidement la membrane cellulaire. Son action est due à son pouvoir oxydant, comme les autres halogénés, sur les protéines enzymatiques et membranaires.

Les produits iodés sont stables entre pH = 1 et pH = 6.

Les matières organiques (protéines, sérum, sang...) diminuent l'activité des dérivés iodés.

Document 5 - Alcool iodé à 1 % (d'après la fiche de l'Agence Nationale de Sécurité du médicament). Premier extrait.

La préparation satisfait à la monographie Préparations liquides pour application cutanée (0927).

Définitions

a) Formule :

Composants	Quantité (g)	Fonction	Référentiel
Diiode	1,00	Substance active	Ph. Eur.
Potassium (iodure de)	0,60	Solvant	Ph. Eur.
Éthanol à 96 % en volume	54,7	Excipient	Ph. Eur.
Eau purifiée q.s.p.	100,0	Excipient	Ph. Eur.

« q.s.p » signifie que l'on ajoute la quantité d'eau purifiée nécessaire pour obtenir 100,0 g d'alcool iodé.

Dans le cas d'utilisation d'éthanol à 90 % en volume, il convient de se référer au texte général Alcoométrie de la Pharmacopée française.

b) Teneur

Diiode libre (I₂) : de 0,95 % en masse à 1,05 % en masse.

Iodure de potassium (K⁺, I⁻) : de 0,57 % en masse à 0,63 % en masse.

Production (quantités du tableau)

Précaution : utilisez des récipients de verre pour la préparation.

Dissolvez l'iodure de potassium puis le diiode dans 5 mL d'eau purifiée ; agitez et ajoutez la quantité d'alcool indiquée. Complétez avec de l'eau purifiée.

Caractères

Aspect : liquide limpide brun foncé.

Odeur d'éthanol et d'iode.

On s'intéresse maintenant au dosage du diiode.

Document 6 - Alcool iodé à 1 % (d'après la fiche de l'Agence Nationale de Sécurité du médicament). Deuxième extrait.

Dans une fiole conique, introduisez 10,00 g d'alcool iodé. Ajoutez 20 mL d'eau et 1 mL d'acide sulfurique dilué. Titrez par le thiosulfate de sodium $0,1 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ en présence de solution d'amidon.

1 mL de thiosulfate de sodium $0,1 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ correspond à 12,69 mg de diiode.

Teneur (en g pour 100 g) en diiode :

$$\frac{V \times C \times 12,69}{m}$$

V = volume versé en mL de thiosulfate de sodium $0,1 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$

C = titre exact du thiosulfate de sodium $0,1 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$

m = prise d'essai d'alcool iodé en grammes.

Données 3

Formules chimiques :

- Diiode : I_2 solide ou en solution aqueuse
- Iodure de potassium : KI solide ou (K^+, I^-) en solution aqueuse
- Thiosulfate de sodium : $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ solide ou $(2 \text{Na}^+, \text{S}_2\text{O}_3^{2-})$ en solution aqueuse
- Solution d'acide sulfurique : H_2SO_4

Masse molaire de l'iode : $M(\text{I}) = 126,9 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$

Masse volumique de l'eau liquide = $\mu_{\text{eau}} = 1 \text{ kg}\cdot\text{L}^{-1}$

La solution d'amidon est bleue en présence de diiode et incolore sinon.

Potentiels standard d'oxydo-réduction à $25 \text{ }^\circ\text{C}$:

- $E^\circ (\text{I}_2 / \text{I}^-) = 0,62 \text{ V}$
- $E^\circ (\text{S}_4\text{O}_6^{2-} / \text{S}_2\text{O}_3^{2-}) = 0,08 \text{ V}$

Volume moyen d'une goutte de solution aqueuse = $V_g = 0,05 \text{ mL}$

20) Faire un schéma annoté du dosage avec la verrerie utilisée. Où met-on la solution d'alcool iode ? Où met-on la solution de thiosulfate de sodium ?

21) Dans l'alcool iodé, la substance qui réagit lors du dosage est le diiode. Ecrire la réaction de dosage. Justifier qualitativement que cette réaction est totale.

22) Comment l'équivalence du dosage est-elle repérée dans le protocole présenté dans le document 6 ? Décrire en justifiant ce que l'on voit.

23) Etablir le lien entre la quantité de matière $n(\text{I}_2)$ de diiode présent dans la masse m d'alcool iodé dosé, le volume V' (en litres) de solution de thiosulfate de sodium versé à l'équivalence du dosage et la concentration C de la solution de thiosulfate de sodium.

24) Donner l'expression de la masse m' de diiode présent dans la masse m dosée en fonction de $n(I_2)$ et de $M(I)$, la masse molaire de l'iode.

25) Montrer avec soin que l'on retrouve l'expression de la teneur en diiode annoncée dans le document 6. On rappelle que la teneur correspond à un pourcentage.

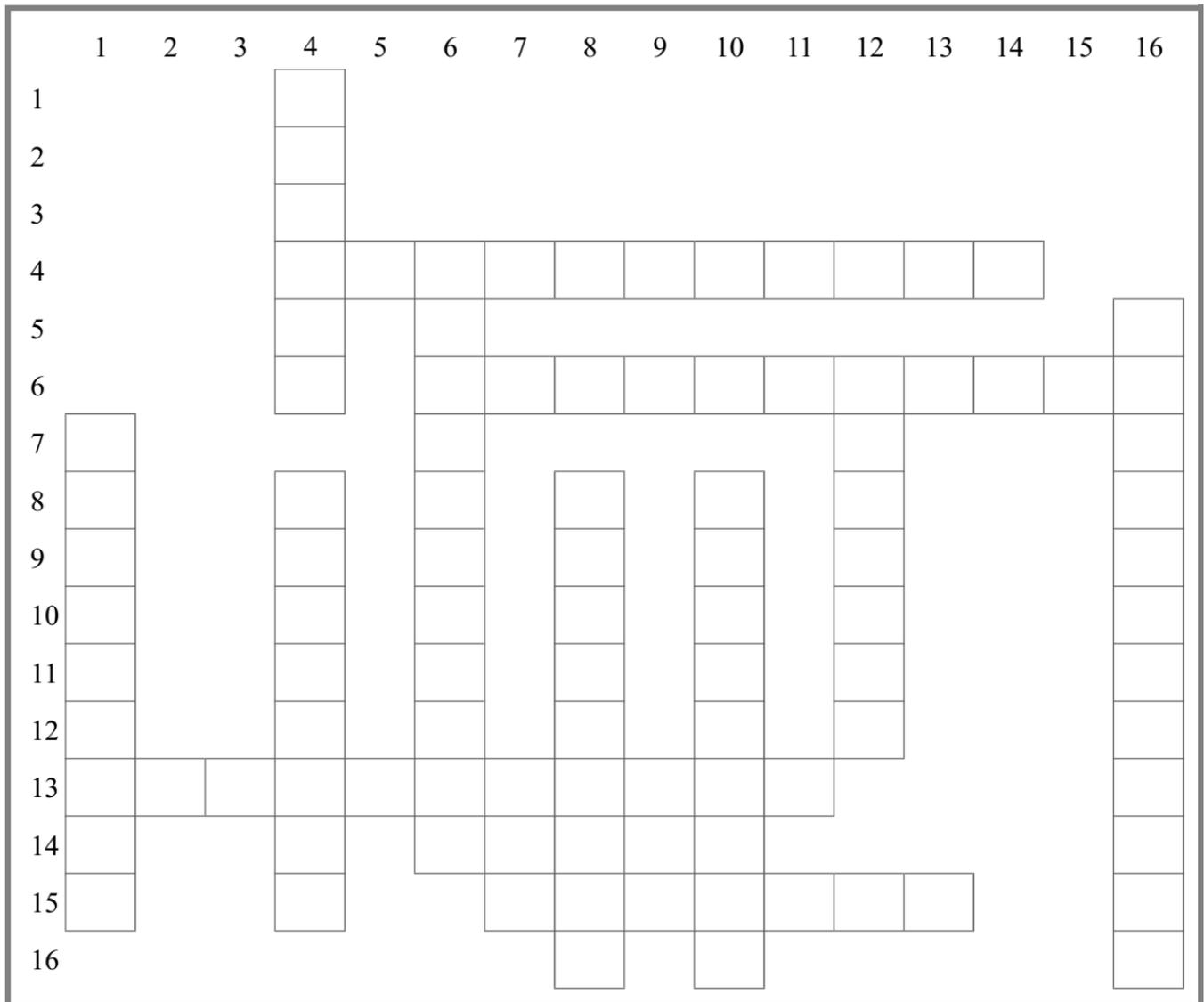
Lors du dosage d'une solution d'alcool iodé utilisée pour la désinfection, selon le protocole du document 6, on obtient un volume équivalent de thiosulfate de sodium de 10,1 mL.

26) Quelle est la masse de diiode contenue dans la prise d'essai ? On attend ici un résultat numérique avec deux chiffres significatifs.

27) Quelle masse approximative de diiode ingurgite-t-on lorsque l'on boit un litre d'eau dans laquelle on a mis une dizaine de gouttes de cet alcool iodé ?

IV) Mots croisés

A détacher et à rendre avec votre copie.



Horizontalement

- 4: Fluide dont le volume ne varie pas avec la température
 6: Transformation au cours de laquelle aucun échange thermique n'a lieu entre le système et l'extérieur
 13: Seul transfert thermique pouvant s'effectuer dans le vide
 15: Energie microscopique d'un système

Verticalement

- 1: Transformation au cours de laquelle la température du système reste constante
 4A: Se dit d'une phase gazeuse ou liquide
 4B: Transformation au cours de laquelle le volume du système reste constant
 6: Paroi d'un système laissant passer les transferts thermiques
 8: Paroi d'un système ne laissant pas passer les transferts thermiques
 10: Se dit d'une phase solide ou liquide
 12: Energie fournie par une force au système pour qu'il se déplace
 16: Echelle intermédiaire permettant de décrire la matière et de définir localement des grandeurs intensives (P, T) uniformes