

Modèle CCYC : ©DNE

Nom de famille (naissance) :

(Suivi s'il y a lieu, du nom d'usage)

Prénom(s) :

N° candidat :

N° d'inscription :



Liberté • Égalité • Fraternité
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

Né(e) le :

(Les numéros figurent sur la convocation.)

1.1

ÉVALUATION

CLASSE : Première

VOIE : Générale Technologique Toutes voies (LV)

ENSEIGNEMENT : physique-chimie

DURÉE DE L'ÉPREUVE : 2 h

CALCULATRICE AUTORISÉE : Oui Non

Ce sujet contient des parties à rendre par le candidat avec sa copie. De ce fait, il ne peut être dupliqué et doit être imprimé pour chaque candidat afin d'assurer ensuite sa bonne numérisation.

Nombre total de pages : 7

PARTIE A

Le jet d'eau de Genève (10 points)

Le jet d'eau de Genève, en Suisse, est l'emblème de la ville. Il permettait à l'origine de contrôler la pression d'une usine hydraulique en laissant s'échapper vers le ciel l'eau en surpression.

Le but de cet exercice est de discuter de deux différentes modélisations permettant d'étudier le mouvement du jet d'eau.

Données techniques :

- hauteur moyenne du jet : 140 m ;
- vitesse de sortie de l'eau : 200 km.h⁻¹ ;
- débit : 500 L.s⁻¹ ;
- puissance des pompes : 1000 kW ;
- intensité du champ de pesanteur terrestre : $g = 9,81 \text{ m.s}^{-2}$.



Figure 1. Jet d'eau de Genève
(d'après
wikipedia.org/Jet_d'eau.jpg)

1. Estimation de la hauteur du jet

On souhaite estimer la hauteur du jet à l'aide d'un modèle très simple. On s'intéresse à une goutte d'eau de masse m initialement au niveau du sol, à qui on communique une vitesse $v_0 = 56 \text{ m.s}^{-1}$, soit 200 km.h^{-1} , dirigée verticalement vers le haut.



Dans cette partie, on néglige les frottements de l'air sur la goutte. La hauteur du jet est notée h_1 . L'origine des altitudes pour le calcul de l'énergie potentielle de pesanteur est choisie à la surface du lac, où est située la sortie des pompes et l'axe Oz est orienté vers le haut.

- 1.1. Donner l'expression de l'énergie mécanique de la goutte en fonction de sa masse m , de sa vitesse v , de son altitude z et du champ de pesanteur terrestre g .
- 1.2. En déduire l'expression de l'énergie mécanique en sortie des pompes en fonction de v_0 et m .
- 1.3. Indiquer en justifiant la valeur de l'énergie cinétique de la goutte en haut du jet. En déduire l'expression de l'énergie mécanique en haut du jet en fonction de la hauteur h_1 du jet, de g et de m .
- 1.4. Dans cette partie, on considère que l'énergie mécanique de la goutte se conserve. Estimer la hauteur h_1 du jet. Commenter votre résultat.

2. Un modèle plus complexe

Une modélisation plus complexe permet d'obtenir les expressions de l'altitude z et de la vitesse v de la goutte en fonction du temps. On utilise le langage python afin d'obtenir le graphique des différentes énergies en fonction du temps.

Dans cette partie, la hauteur du jet est notée h_2 .

Extrait du programme réalisé en python :

```
10 from pylab import *
11
12 #Echelle de l'axe des abscisses
13 t = linspace(0, 4.88, 100)
14
15 #Definition des constantes
16 m = 34*10**-6 #masse d'une goutte d'eau
17 g = 9.81      #champ de pesanteur
18 v0 = 55.6     #vitesse initiale
19 f = 1.24*m
20
21 #Expressions de la vitesse et de l'altitude
22 v = -(g+f/m)*t + v0
23 z = -0.5*(g+f/m)*t**2 + v0*t
24
25 #Expressions des energies
26
27
28 Em = Ec + Ep
29
30 #Courbes des energies
31 plot(t, Ec,"b-.", linewidth=1, label="Ec")
32 plot(t, Ep,"b--", linewidth=1, label="Ep")
33 plot(t, Em,"b-", linewidth=1, label="Em")
34
35 xlabel("Temps (en s)")
36 ylabel("Energies (en J)")
37 legend()
38 show()
```

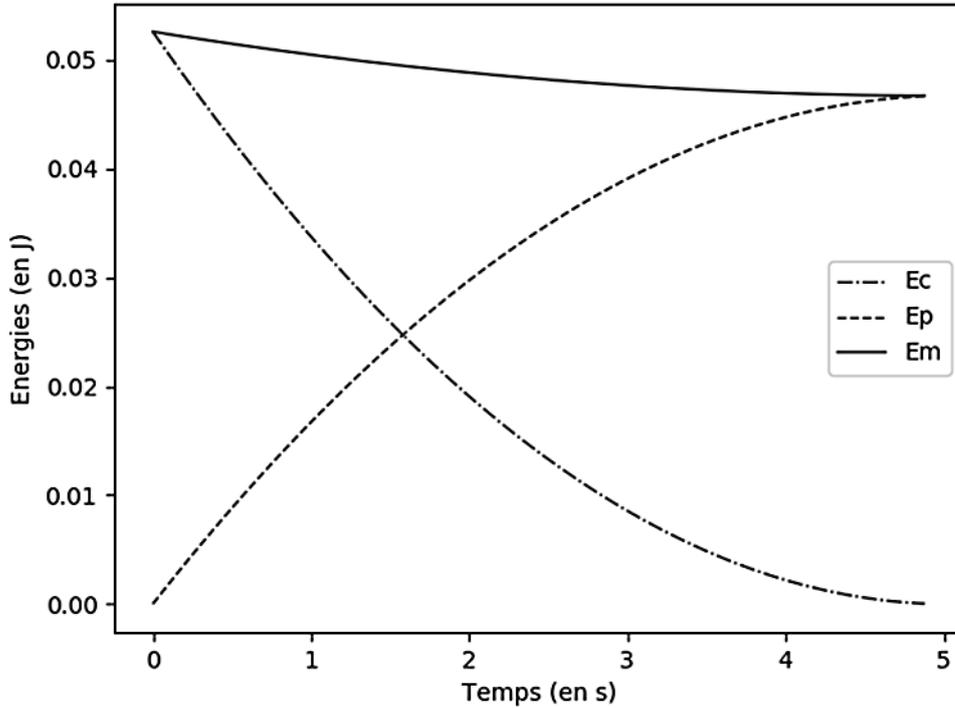
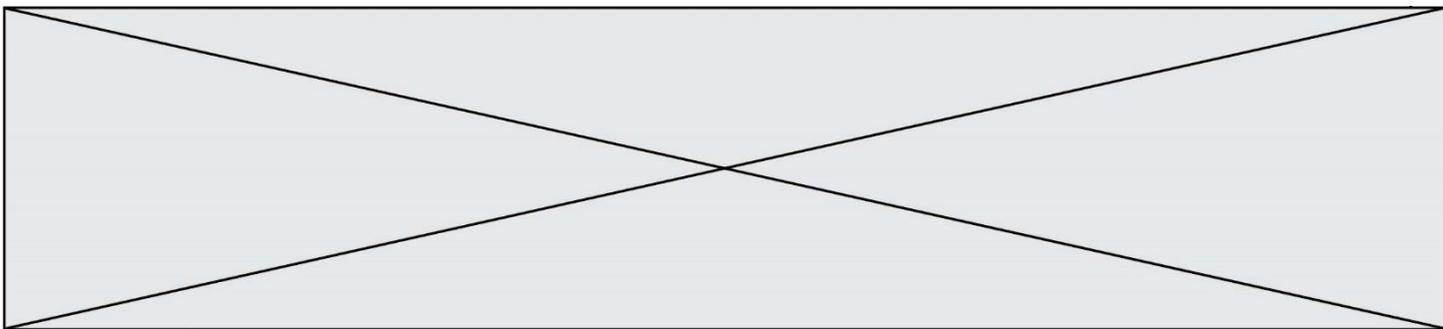


Figure 2. Représentation graphique des énergies obtenue à partir du programme python

- 2.1. Compléter les lignes 26 et 27 du programme en python afin qu'il permette d'obtenir la représentation graphique de la figure 2.
- 2.2. Commenter l'évolution de l'énergie mécanique de la goutte obtenue sur le graphique (figure 2). Indiquer en quoi la modélisation choisie ici permet d'obtenir des résultats plus en accord avec la réalité que le modèle proposé dans la partie 1.
- 2.3. La norme de la force de frottement, supposée constante, qui s'applique sur la goutte est notée f .
 - 2.3.1. Relier la variation d'énergie mécanique de la goutte entre sa position haute et sa position basse ΔE_m à la hauteur du jet h_2 et à la norme force de frottement f . En déduire l'expression de f .
 - 2.3.2. La valeur choisie dans le programme pour f permet d'obtenir une valeur de 140 m pour la hauteur h_2 du jet. À l'aide du graphique figure 2, évaluer ΔE_m . En déduire la valeur choisie pour la norme de la force de frottement.
 - 2.3.3. Les équations de la mécanique des fluides permettent d'établir que la force de frottement est proportionnelle au carré de la vitesse de la goutte. Indiquer une éventuelle amélioration à apporter à la modélisation utilisée dans la partie 2. Expliquer votre choix.



PARTIE B

Dihydrogène et ballons dirigeables (10 points)

Paracelse, Cavendish, Lavoisier sont quelques-uns des scientifiques rattachés à l'histoire du dihydrogène, gaz inodore et incolore, découvert depuis plus de trois siècles. On le produisait à l'époque en faisant réagir de l'acide sulfurique ou de l'acide chlorhydrique sur différents métaux comme le fer, le zinc ou encore l'étain.

Les frères Montgolfier, Jacques Charles et Nicolas Robert qui avaient construit le premier ballon à air chaud, mirent au point le premier ballon à gaz, rempli de dihydrogène. Le 27 août 1783, ce ballon s'éleva dans les airs depuis le Champ-de-Mars à Paris. Plus tard, d'autres ballons ont été construits et équipés de moteurs, ouvrant au début du 20^{ème} siècle, une nouvelle technique de navigation aérienne avec les dirigeables, comme ceux construits par la société allemande Zeppelin.

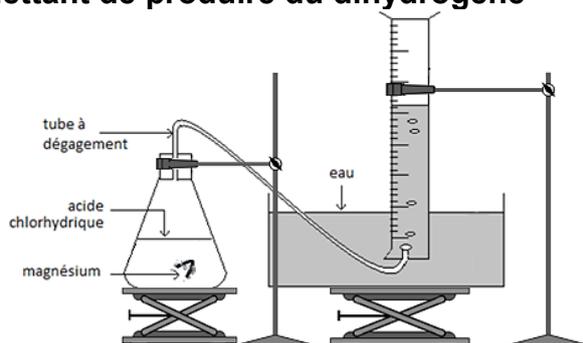


Gravure extraite de l'*Album de la Science*

Cet exercice a pour objectif, l'étude d'une transformation chimique permettant de produire du dihydrogène, puis l'interprétation de l'accident survenu en 1937 à l'Hindenburg, un ballon dirigeable gonflé au dihydrogène.

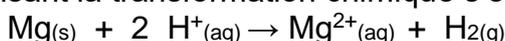
1. Étude d'une transformation chimique permettant de produire du dihydrogène

Pour observer cette transformation, on réalise le montage représenté ci-contre. On introduit dans un erlenmeyer un morceau de ruban de magnésium $Mg_{(s)}$, de masse $m = 40$ mg, et un volume $V_a = 100$ mL d'acide chlorhydrique ($H^+_{(aq)} + Cl^-_{(aq)}$), solution aqueuse S_a de concentration en ions $H^+_{(aq)}$ égale à $C_a = 5,0 \times 10^{-1}$ mol.L⁻¹.



En réalisant l'expérience à 20 °C, on recueille, par déplacement d'eau, un gaz que l'on peut identifier à du dihydrogène dont on relève à intervalle de temps réguliers le volume dégagé et l'on obtient le graphique représenté ci-après.

L'équation de la réaction modélisant la transformation chimique s'écrit :



Modèle CCYC : ©DNE

Nom de famille (naissance) :

(Suivi s'il y a lieu, du nom d'usage)

Prénom(s) :

N° candidat :

N° d'inscription :

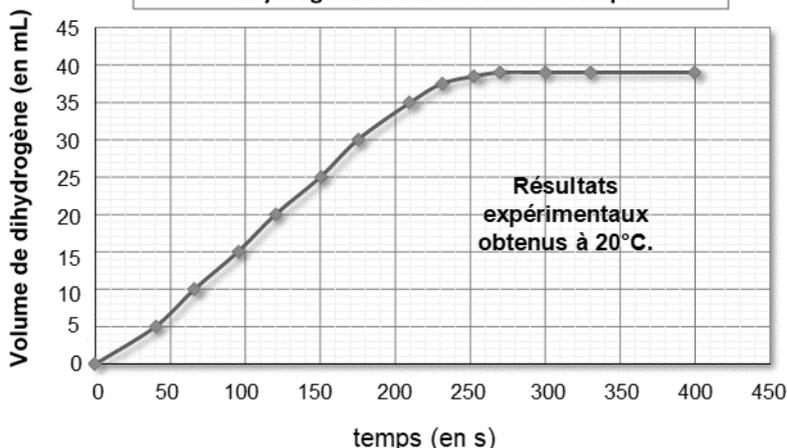


Né(e) le :

(Les numéros figurent sur la convocation.)

1.1

Représentation graphique de l'évolution du volume de dihydrogène formé au cours du temps



Données

- Volume molaire des gaz dans les conditions de l'expérience : $V_m = 24,0 \text{ L}\cdot\text{mol}^{-1}$.
- Couples oxydant-réducteur : $\text{Mg}^{2+}_{(\text{aq})}/\text{Mg}_{(\text{s})}$ et $\text{H}^{+}_{(\text{aq})}/\text{H}_2(\text{g})$
- Masse molaire atomique du magnésium : $M(\text{Mg}) = 24,3 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$
- Pictogrammes de sécurité :

Magnésium en ruban	Acide chlorhydrique	Dihydrogène
		

- 1.1 Quelle(s) précaution(s) faut-il prendre pour manipuler de l'acide chlorhydrique ?
- 1.2 Proposer un test pour montrer que le gaz formé au cours de cette transformation chimique est bien du dihydrogène.
- 1.3 Identifier parmi les réactifs, celui qui joue le rôle d'oxydant et celui qui joue le rôle de le réducteur.
- 1.4 Déterminer les quantités de matière initiales des réactifs.
- 1.5 Compléter le tableau d'avancement en **annexe à rendre avec la copie** et identifier le réactif limitant de cette transformation chimique.
- 1.6 Montrer qu'en fin de transformation une quantité $n_{\text{H}_2} = 1,6 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$ de dihydrogène pourrait être formé si la transformation est totale.
- 1.7 A partir des mesures expérimentales effectuées :
 - déterminer quand la transformation peut être considérée comme terminée ;
 - relever la valeur du volume $V_{\text{exp H}_2}$ de dihydrogène obtenu à la fin de l'expérience.
- 1.8 Peut-on considérer que la transformation étudiée est une transformation totale ? Justifier.



2. Un accident de dirigeable gonflé au dihydrogène qui a marqué l'histoire

L'Hindenburg a été le 129^{ème} dirigeable construit par la société allemande Zeppelin entre 1935 et 1936. Dirigeable le plus grand et le plus luxueux jamais construit, avec ses dimensions hors normes de plus de 240 m de long, il pouvait accueillir 124 personnes et comportait une salle à manger, un salon de lecture, un fumoir, des cuisines et plusieurs cabines. Disposant d'un volume de dihydrogène de près de 200 000 m³ et de 4 moteurs il affichait une vitesse de croisière de plus de 120 km.h⁻¹. Le 6 mai 1937, lors de son 63^{ème} voyage et après 77 heures de vol, il s'est écrasé à l'atterrissage à Lakehurst dans le New Jersey.

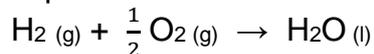


www.portail-aviation.com

On explique aujourd'hui cet accident de la façon suivante : après trois jours de vol, le dirigeable chargé d'électricité statique et après avoir rencontré un orage aurait connu une défaillance technique engendrant une fuite de dihydrogène. Une décharge d'électricité statique créée lorsqu'une des amarres du dirigeable a touché le sol aurait amorcé la combustion du dihydrogène, réaction du dihydrogène avec le dioxygène de l'air.

Données

- Équation de la réaction modélisant la combustion du dihydrogène :



- Numéros atomiques : H (Z = 1) ; O (Z = 8)

- Énergies de liaison

Liaison	H – H	O = O	O – H
Énergie de liaison (en kJ.mol ⁻¹)	$D_{\text{H-H}} = 436$	$D_{\text{O=O}} = 496$	$D_{\text{O-H}} = 463$

- Volume molaire des gaz à 20°C : $V_m = 24,0 \text{ L.mol}^{-1}$

- Le TNT (trinitrotoluène) est un explosif. On compare souvent les énergies produites lors des explosions en équivalent TNT, l'explosion d'un gramme de TNT libérant une énergie de 4184 J.

2.1. Établir les schémas de Lewis des molécules H₂, O₂ et H₂O.

2.2. Identifier la nature et le nombre de liaisons rompues et formées au cours de la combustion du dihydrogène.

2.3. Combien de tonnes de TNT produiraient une énergie équivalente lors de son explosion à celle produite par l'explosion du dihydrogène contenu dans l'Hindenburg ?

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

