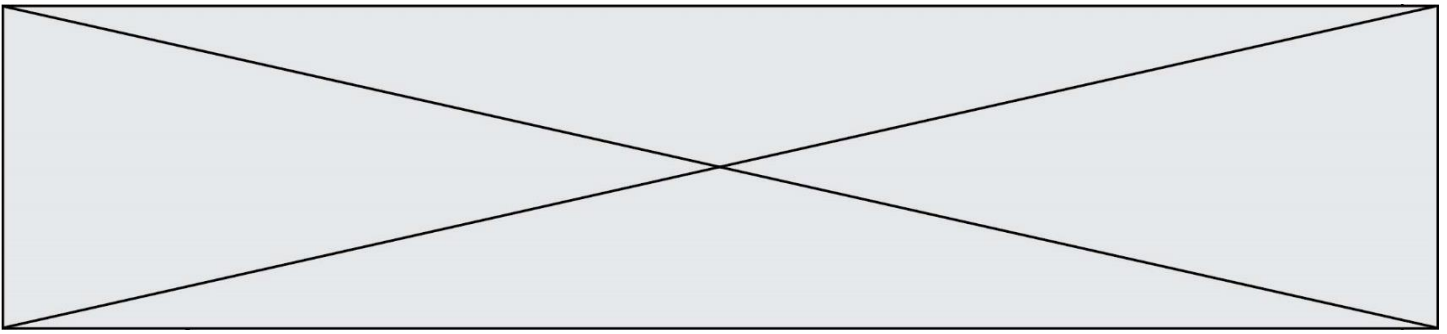


Figure 1. Coffrage vu du dessus
Source : www.cofrasud.com

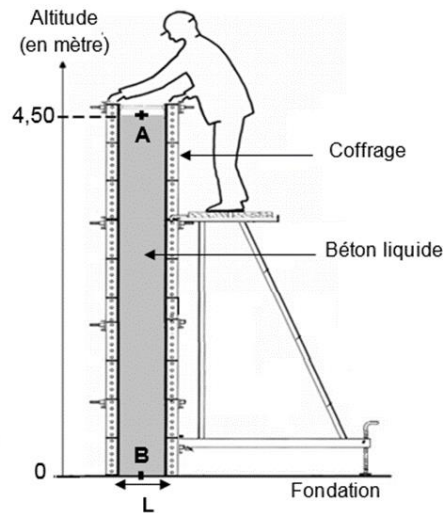


Figure 2. Coffrage vu de côté

Données :

- il existe différents types de coffrage plus ou moins résistants à la pression exercée par le béton liquide.

Gammes Coffrages	Pression relative* maximale autorisée exercée sur les coffrages (en kPa)
Alu et acier	60
Élite métal	100
Cosfort métal	120

* La pression relative est l'écart entre la pression dans le liquide P et la pression atmosphérique P_{atm} :

$$P_{\text{relative}} = P - P_{\text{atm}}$$

Source : <https://www.coffrages-cosmos.com>

- intensité de la pesanteur $g = 9,81 \text{ N} \cdot \text{kg}^{-1}$;
- masse volumique du béton $\rho_{\text{béton}} = 2,40 \times 10^3 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$;
- pression atmosphérique $P_{\text{atm}} = 1,00 \text{ bar}$ avec $1 \text{ bar} = 10^5 \text{ Pa}$;
- les pressions en deux points situés dans un même liquide incompressible sont liées par le principe fondamental de l'hydrostatique : $P_2 - P_1 = \rho \times g \times (z_1 - z_2)$, avec P_1 et P_2 pressions (en Pa) aux points d'altitudes z_1 et z_2 (en m) et ρ la masse volumique du liquide en $\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$.

1.1. Indiquer la valeur de la pression P_A au point A en pascal (Pa).

1.2. Montrer que la valeur de la pression au point B est $P_B = 2,06 \times 10^5 \text{ Pa}$.

1.3. Indiquer la gamme de coffrage à utiliser pour construire ce pilier en béton.

Modèle CCYC : ©DNE

Nom de famille (naissance) :

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

Prénom(s) :

N° candidat : N° d'inscription :

(Les numéros figurent sur la convocation.)

Né(e) le :

Liberté • Égalité • Fraternité
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

1.1

2. Étude de la qualité du béton

Une fois la structure en béton réalisée, il est possible de contrôler sa qualité (résistance, défauts, position des armatures, etc.) grâce à des techniques utilisant des ondes de différentes natures.

Étude par gammagraphie

La gammagraphie est une méthode d'inspection des constructions en béton qui est utilisée pour localiser les armatures en fer contenues dans le béton. Le principe de fonctionnement de cette technique est fondé sur l'émission de rayonnement gamma par une source (ici le Cobalt 60) qui traverse le matériau ausculté. Le rayonnement gamma est absorbé en fonction de la nature et de la densité du matériau, permettant ainsi d'obtenir une image, en niveaux de gris, des objets présents dans le volume de béton radiographié.

D'après www.ifsttar.fr

L'émission de rayonnement gamma par le Cobalt 60 se fait en plusieurs étapes :

- 1^{ère} étape : en subissant une désintégration radioactive le Cobalt 60 se transforme en du Nickel 60 à l'état d'énergie E_3 ;
- 2^{ème} étape : la désexcitation de l'atome de Nickel de l'état d'énergie E_3 à l'état d'énergie E_1 entraîne l'émission d'un rayonnement ;
- 3^{ème} étape : l'atome de Nickel se désexcite une seconde fois passant du niveau d'énergie E_1 au niveau fondamental.

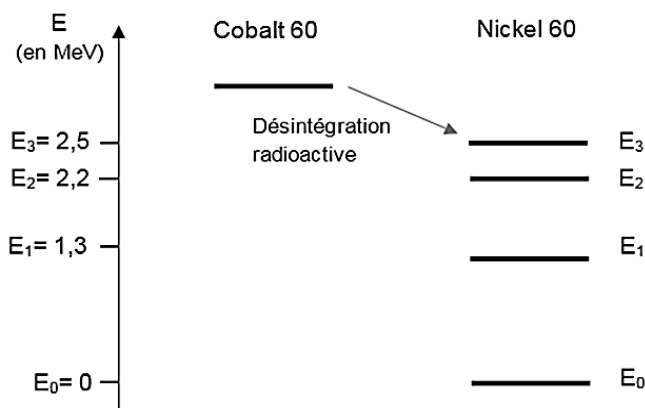
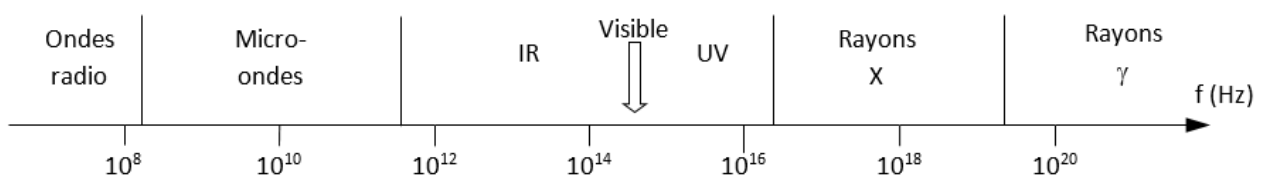


Figure 3. Diagramme d'énergie du Nickel 60. www.laradioactivite.com

Données :

- domaine des ondes électromagnétiques :



- constante de Planck : $h = 6,63 \times 10^{-34} \text{ J}\cdot\text{s}$;



➤ $1 \text{ eV} = 1,602 \times 10^{-19} \text{ J}$.

2.1. Reproduire sur votre copie le diagramme d'énergie du Nickel 60 de la figure 3 et présenter les transitions correspondant à la 2^{ème} et la 3^{ème} étape évoquées dans le texte.

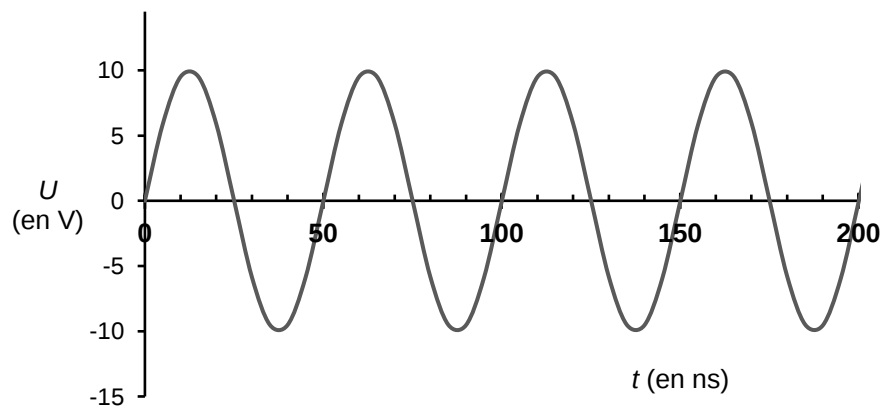
2.2. Montrer que l'énergie d'un photon émis lors de la 2^{ème} étape vaut $E = 1,9 \times 10^{-13} \text{ J}$.

2.3. Calculer la fréquence de l'onde émise lors de la 2^{ème} étape. Justifier le nom donné à cette méthode d'inspection.

Étude par onde ultrasonore

L'utilisation d'ultrasons est un outil très adapté pour l'évaluation non destructive des bétons. Il est possible de détecter des microfissures en étudiant la propagation d'onde ultrasonore dans le béton. De plus, la vitesse de propagation des ondes ultrasonores est reliée directement à la résistance du béton et donc à la qualité de celui-ci.

La courbe ci-dessous représente une simulation de la tension d'alimentation d'un émetteur à ultrason utilisé pour le contrôle des bétons :



L'émetteur génère des ondes ultrasonores de même fréquence que celle de la tension qui l'alimente.

2.4. Calculer, en MHz, la valeur de la fréquence des ondes utilisées par cet appareil. On explicitera la méthode utilisée.

Pour qu'un défaut dans la structure soit détectable, il faut qu'il ait une taille au moins égale à la moitié de la longueur d'onde ultrasonore.

La vitesse des ondes ultrasonores peut aller jusqu'à $4\,500 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ dans le cas des bétons de grande qualité.

2.5. Une fissure est à considérer comme anormale dès qu'elle dépasse 0,3 mm de largeur. Est-il possible de détecter, dans un béton de grande qualité, une fissure de 0,3 mm à l'aide de cet émetteur à ultrason ?

Modèle CCYC : ©DNE

Nom de famille (naissance) :

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

Prénom(s) :

N° candidat : N° d'inscription :

(Les numéros figurent sur la convocation.)

Né(e) le :

Liberté • Égalité • Fraternité
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

1.1

Dans le cas d'un béton soumis au feu, l'élévation de température provoque une modification physico-chimique du matériau. L'auscultation aux ultrasons, fondée sur des mesures de temps de parcours d'onde ultrasonore est une méthode particulièrement bien adaptée pour remonter à la résistance du béton et ainsi déterminer si une zone a été trop endommagée par le feu.

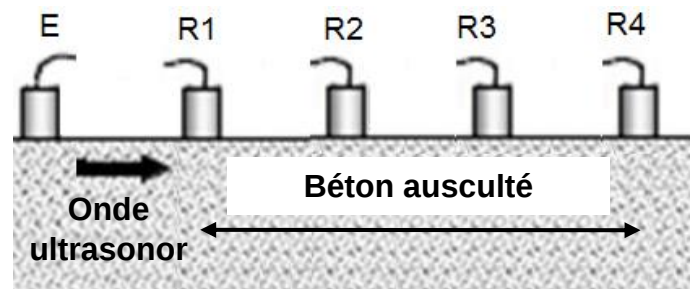
L'auscultation aux ultrasons consiste à envoyer des ultrasons à l'aide d'un émetteur (E). On place ensuite tous les 20 cm des récepteurs (R1 à R4) et on mesure la durée de trajet du signal.

D'après le laboratoire central des Ponts et Chaussées.

Données :

- Principe de l'auscultation aux ultrasons

E : Émetteur à Ultrason
R : Récepteurs



D'après : <http://thesesups.ups-tlse.fr>

- Résultats pour le bloc de béton soumis au feu :

Récepteur	Distance entre émetteur et récepteur (en cm)	Temps de réception du signal (en μs)
R1	20	62
R2	40	121
R3	60	195
R4	80	278

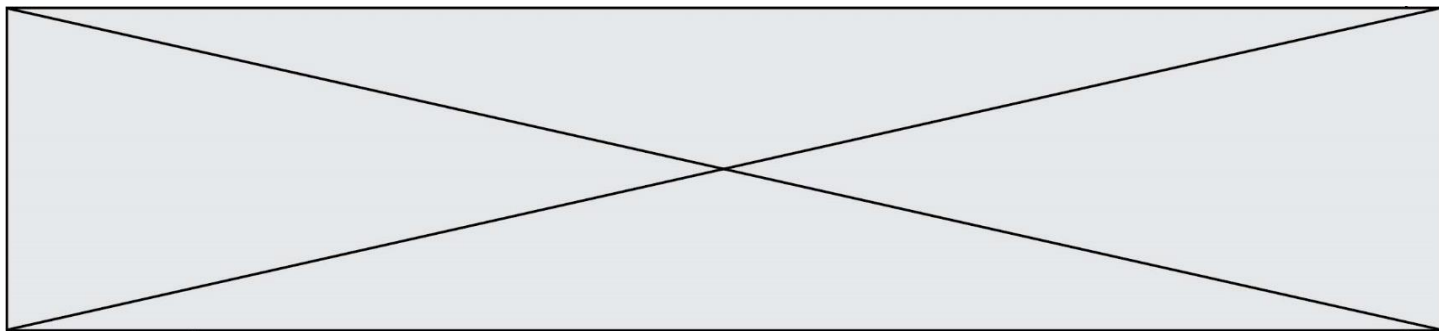
- Relation entre vitesse des ultrasons et qualité du béton

Vitesse des ultrasons v en $m.s^{-1}$	Appréciation de la qualité
> 4500	Excellent
3500 à 4500	Bon
3000 à 3500	Assez bon
2000 à 3000	Médiocre
<2000	Très mauvais

D'après <http://www.geniecivilfrance.com>

On considère qu'une zone de béton de qualité médiocre ou inférieure est éliminée par piquage pour réparation ou reconstruction.

- 2.6.** Déterminer si le morceau de béton compris entre les récepteurs R2 et R3 ausculté doit subir des réparations.



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.

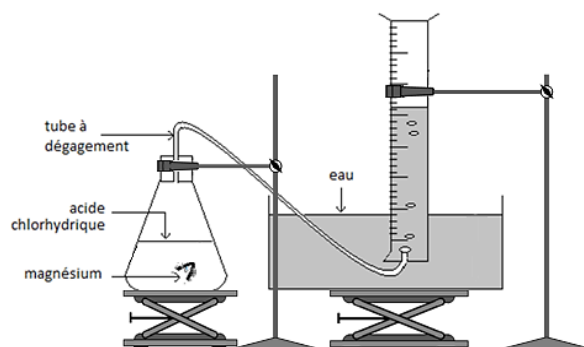


Gravure extraite de *l'Album de la Science*

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.

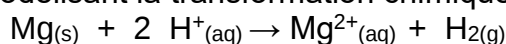
1. Étude d'une transformation chimique permettant de produire du dihydrogène

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 $m = 40 \text{ mg}$, et un volume $V_a = 100 \text{ mL}$ d'acide chlorhydrique ($H^+_{(aq)} + Cl^-_{(aq)}$), solution aqueuse S_a de concentration en ions $H^+_{(aq)}$ égale à $C_a = 5,0 \times 10^{-1} \text{ mol.L}^{-1}$.



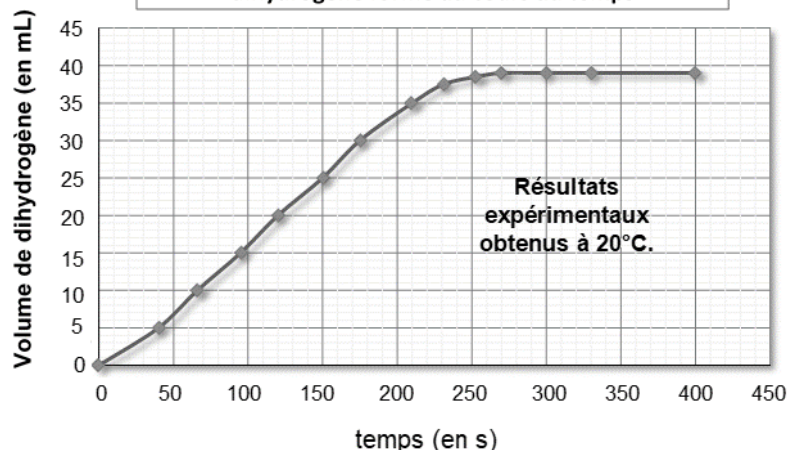
En réalisant l'expérience à 20°C , on recueille, par déplacement d'eau, un gaz que l'on peut identifier à du dihydrogène dont on relève à intervalle de temps réguliers le volume dégagé et l'on obtient le graphique représenté ci-après.

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





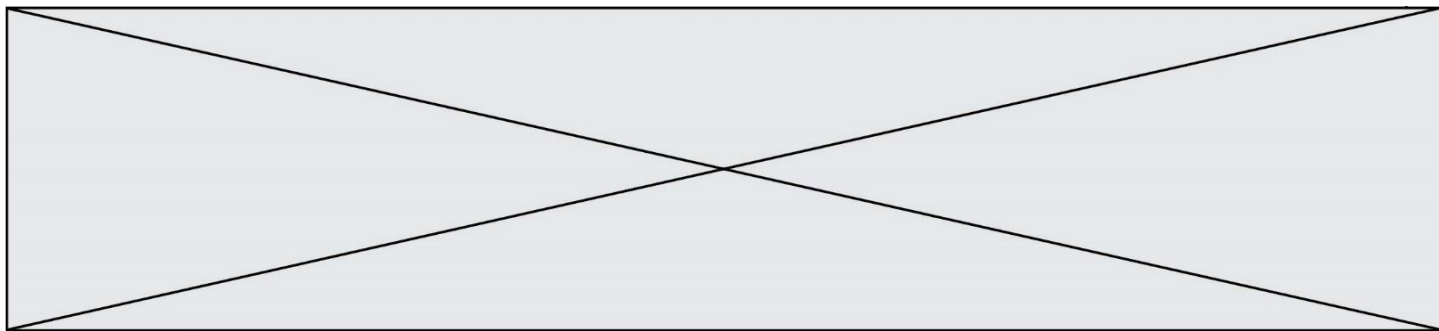
Représentation graphique de l'évolution du volume de dihydrogène formé au cours du temps

**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.

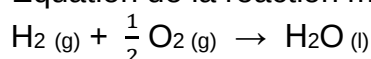


www.portail-aviation.com

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.

