Ce document a été mis en ligne par l'organisme FormaV©

Toute reproduction, représentation ou diffusion, même partielle, sans autorisation préalable, est strictement interdite.

Pour en savoir plus sur nos formations disponibles, veuillez visiter :
www.formav.co/explorer

BACCALAURÉAT TECHNOLOGIQUE

ÉPREUVE D'ENSEIGNEMENT DE SPÉCIALITÉ

SESSION 2023

SCIENCES ET TECHNOLOGIES DE L'INDUSTRIE ET DU DEVELOPPEMENT DURABLE

Physique-Chimie et Mathématiques

Coefficient : **16**

Durée de l'épreuve : **3 heures**

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

Dès que ce sujet vous est remis, assurez-vous qu'il est complet.
Ce sujet comporte 14 pages numérotées de 1/14 à 14/14.

PHYSIQUE-CHIMIE ..... 14/20 points
MATHÉMATIQUES ..... 6/20 points

EXERCICE 1 (4 points)

(physique-chimie et mathématiques)

Bouteille isotherme avec indicateur de température interne

Une bouteille isotherme est conçue pour conserver des boissons chaudes ou froides. Une entreprise a développé une bouteille isotherme avec un afficheur de la température de la boisson. À l'issue de la réalisation d'un prototype, les techniciens réalisent une série de tests pour contrôler la qualité du produit. Les deux critères ci-dessous restent à valider pour respecter le cahier des charges de l'entreprise et ainsi passer à la mise en place de la chaîne de production industrielle.

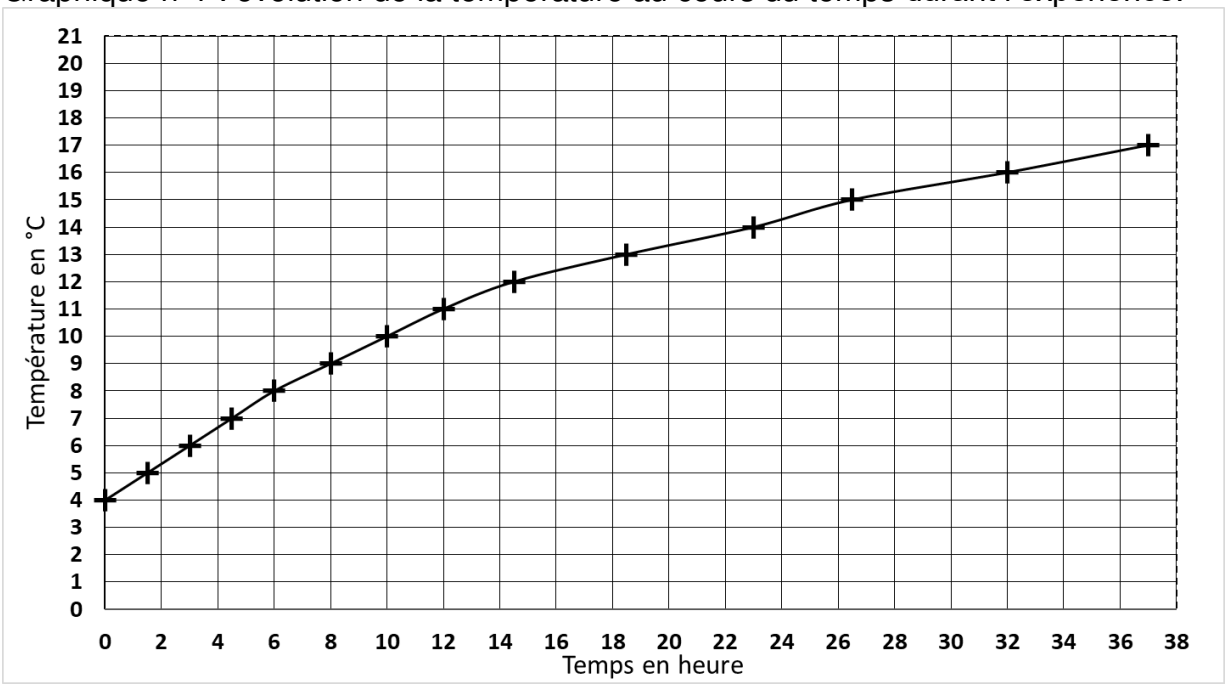


Critère n°1 : la variation de température d'une boisson doit être inférieure ou égale à 5 °C avec une tolérance de 0,5 °C au bout de 8 heures pour une température extérieure de θ_{ext} = 20,0 °C.

Critère n°2 : la variation de la température ne doit pas excéder 1 °C·h^{-1}.

La bouteille isotherme possède une sonde de température sur la face interne du bouchon et un afficheur sur sa face externe. Après avoir rempli et refermé la bouteille, un technicien relève la température indiquée sur l'afficheur de la bouteille pendant une durée totale de 37 heures. La température extérieure est maintenue à 20 °C durant toute l'expérience.

Graphique n°1 : évolution de la température au cours du temps durant l'expérience.



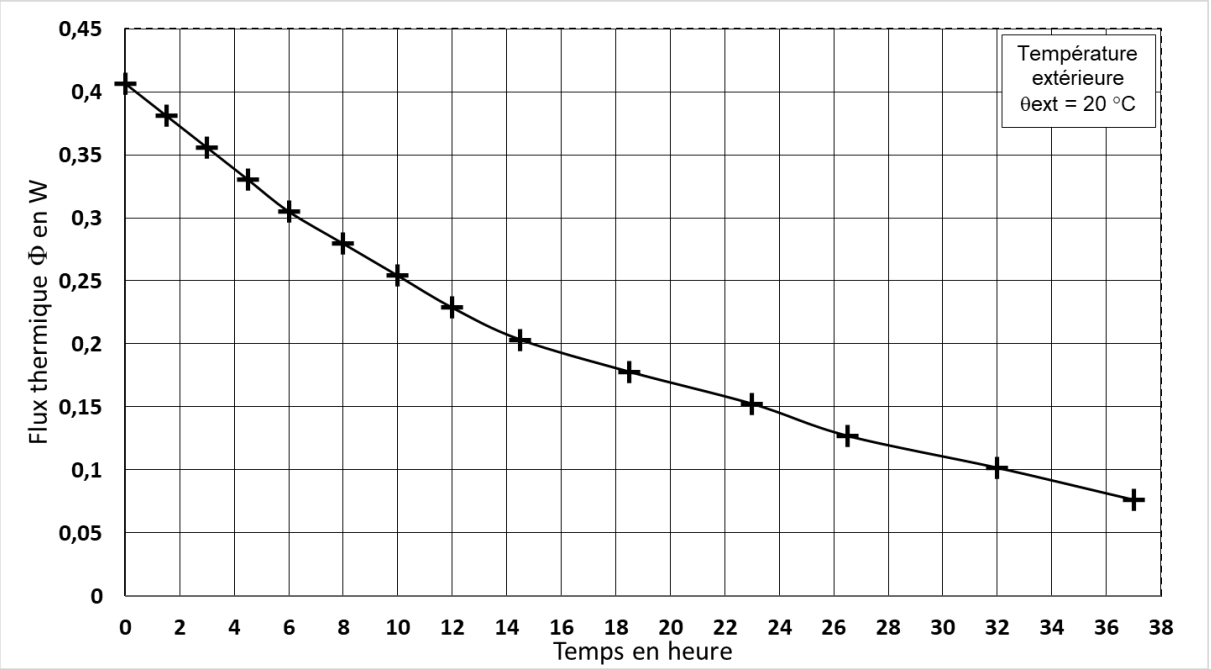
1. À partir des mesures effectuées, indiquer la valeur de la température initiale de la boisson dans la bouteille ainsi que le sens du transfert thermique à travers les parois de la bouteille isotherme.

2. À partir du graphique n°1, établir si l'entreprise va pouvoir commencer la production de cette bouteille isotherme en l'état ou si les ingénieurs doivent encore faire évoluer le produit.

Définition du flux thermique :

$\Phi = \frac{S \times (\theta_{ext} - \theta)}{R}$	Φ : flux thermique à travers la paroi (en W) S : surface de la bouteille S = 4,32 x 10^{-2} m² θ_{ext} : température extérieure (en °C) θ : température de la boisson (en °C) R : résistance thermique de la paroi (en m²·K·W^{-1})

Graphique n°2 : évolution du flux thermique Φ au cours du temps durant l'expérience.



3. Justifier l'allure de la courbe en donnant l'évolution du flux thermique au cours du temps.

4. Calculer la résistance R des parois en relevant, sur les deux graphiques, les valeurs du flux thermique et de la température de la boisson à un instant donné.

5. Comparer la résistance thermique obtenue avec celles du tableau ci-dessous puis en déduire la constitution des parois de la bouteille.

Matériau (même épaisseur que la paroi de la bouteille)	**R en m²·K·W^{-1}**
Liège expansé	0,175
Polystyrène expansé	0,184
Air	0,292
Polyuréthane	0,318
Vide	supérieure à 1,40

On souhaite vérifier le critère n°1 dans le cas d'une boisson chaude.

L'évolution de la température (en °C) de la boisson en fonction du temps (en heure) est modélisée par la fonction f solution de l'équation différentielle suivante :

(E) : $y' = -0{,}044y + 0{,}88$ où y est une fonction définie sur $\mathbb{R}$ et y' sa dérivée.

6. Déterminer l'ensemble des solutions de l'équation différentielle (E).

7. Sachant que la température initiale de la boisson est de 60°C, montrer que f est définie sur l'intervalle $[0\,;+\infty[$ par $f(t) = 40\mathrm{e}^{-0{,}044t} + 20$.

8. En déduire la température de la boisson au bout de 8 heures. Indiquer si le critère n°1 est vérifié.

EXERCICE 2 (6 points)

(physique-chimie)

Poêle à granulés autonome

Le poêle à granulés est un appareil de chauffage exploitant l'énergie thermique issue de la combustion de granulés de bois. Il est employé en chauffage principal ou d'appoint.

Poêle à granulés 	**Puissance thermique** : 9,5 kW **Rendement** : 92,9 % **Température des fumées** : 161 C° **Taux de CO dégagé** : 14,5 %	**Consommation moyenne de combustible (granulés)** : 1,9 kg/h **Volume de chauffe maxi conseillé** : 235 m^3 **Tension et fréquence d'alimentation** : 220V - 50 Hz **Consommation Min/Max** : 50 W / 340 W **Autonomie Max.** : 25,7 h **Énergie** : granulés

D'après https://www.manomano.fr/p/optimo-poele-a-granules-rond-etanche-cristo-blanc-9kw-26868805?model_id=26849696

Un cycle de chauffage se compose de 3 phases :

Phase 1 4 min	Une vis d'Archimède motorisée apporte les granulés jusqu'au creuset (foyer de combustion). Une résistance électrique chauffe les granulés afin de les enflammer et de démarrer la combustion.
Phase 2 Durée variable	Le poêle chauffe l'habitat par une ventilation à air chaud circulant dans des tubes au-dessus du foyer. La vis d'Archimède motorisée continue à apporter les granulés. Un conduit permet d'apporter l'air extérieur jusqu'au creuset. Un autre ventilateur évacue la fumée.
Phase 3 20 min	La vis d'Archimède est arrêtée et n'apporte plus les granulés. La ventilation de la fumée fonctionne toujours. La ventilation de l'air chaud permet de refroidir le poêle.

1. Indiquer la nature (thermique, électrique, mécanique ou lumineuse) de la puissance consommée dans l'indication :

« Consommation Min/Max : 50 W / 340 W ».

On souhaite effectuer des mesures électriques.

2. Recopier et compléter le schéma ci-dessous en y ajoutant un voltmètre et un ampèremètre. Indiquer la position du sélecteur (DC ou AC).



Pour rendre le poêle à granulés complètement autonome, l'alimentation électrique est assurée par une batterie. Cette batterie est rechargée par un panneau photovoltaïque au cours de la journée.

À la sortie de la batterie, un dispositif convertit « le 12 V_{DC} en 230 V_{AC} ».

3. Expliquer ce que signifient ces indications.

En plus du voltmètre et de l'ampèremètre, on ajoute un wattmètre afin de mesurer la puissance électrique consommée par le poêle.

Les mesures effectuées pour un cycle de fonctionnement sont indiquées ci-dessous.

	Durée (en min)	P (en W)	U (en V)	I (en A)
Phase 1	4	335	234	1,44
Phase 2	480	48,1	234	2.05
Phase 3	20	58,0	234	1.55

La notice du wattmètre indique une précision de $\pm$ 0,5% + 10 digits.

4. Déterminer la précision Δ de la mesure de la puissance lors de la phase 1 ainsi que l'incertitude-type :

$$u(P) = \frac{\Delta}{\sqrt{3}}$$

Exprimer cette mesure sous la forme $P \pm u(P)$ où ce qui suit le $\pm$ correspond à l'incertitude-type.

5. Calculer le produit $U \times I$ lors de la phase 1.

6. Estimer l'écart entre ce produit et la valeur de P en nombre d'incertitudes-types. Conclure et interpréter.

7. Indiquer pourquoi le produit $U \times I$ est très différent de la puissance P mesurée lors des deux autres phases.

8. Déterminer l'énergie électrique (en J) consommée pour un cycle de fonctionnement.

9. En déduire la puissance électrique moyenne consommée par le poêle à granulés. Comparer cette valeur aux données du constructeur.

Tension de sortie

En réalité, la tension électrique produite par le dispositif en sortie de la batterie n'est pas sinusoïdale.



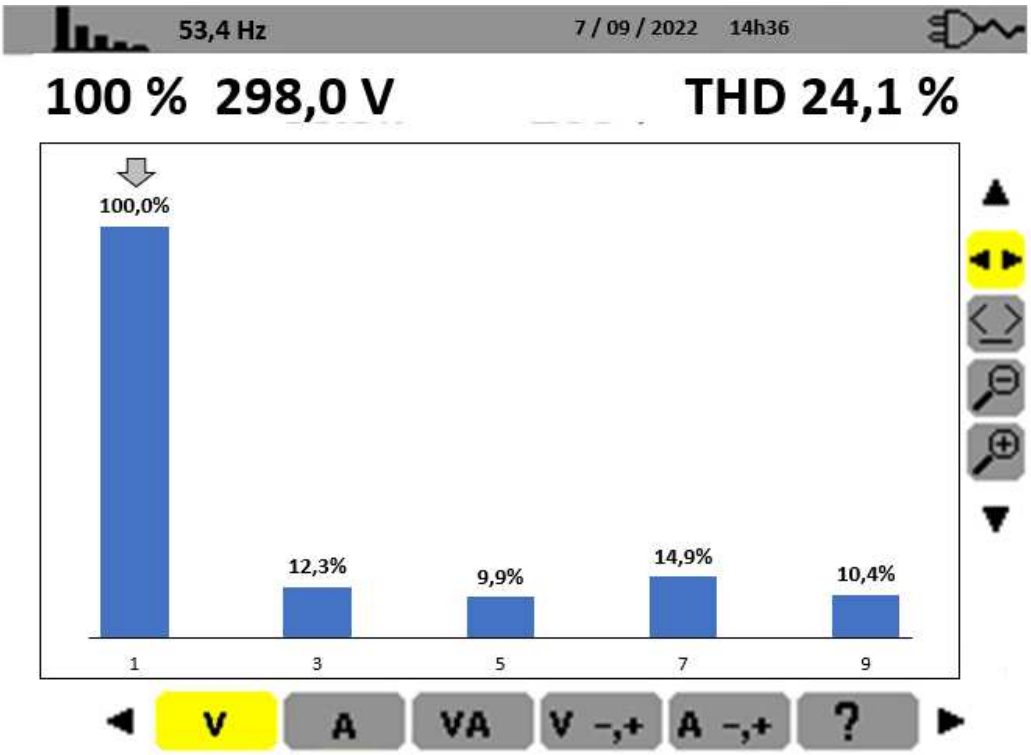
Base de temps (abscisses) :
2 ms/division

Calibre de tension (ordonnées) :
100 V/division

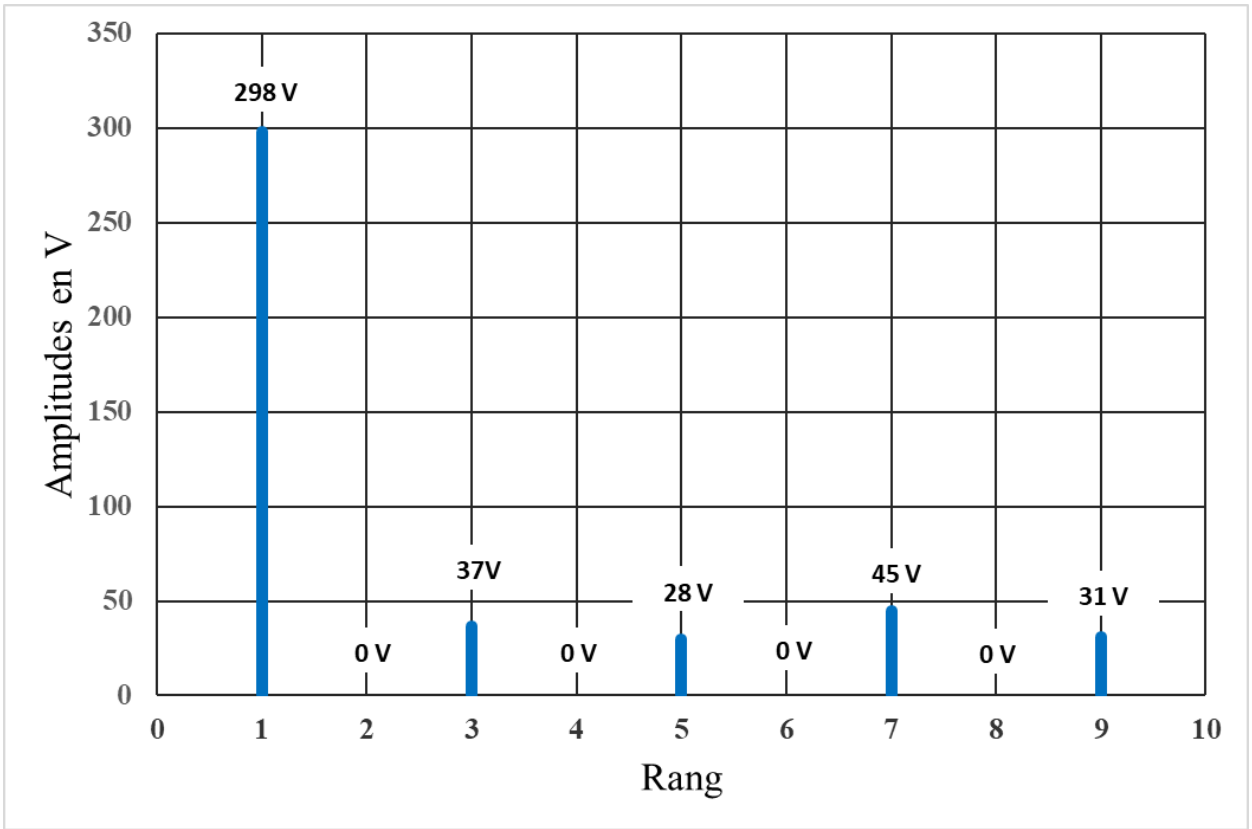
1 division ⇔ 1 carreau

10. Déterminer la période de la tension visualisée sur l'oscilloscope et en déduire la fréquence (en Hz).

La mesure du spectre se fait à l'aide d'un appareil réalisant la fonction "analyseur de spectre".



Le spectre d'amplitude de la tension à la sortie du dispositif est représenté ci-dessous :



11. Déterminer la fréquence f_3 de l'harmonique de rang 3 sachant que la fréquence du fondamental est f_1 = 50 Hz.

Le taux de distorsion harmonique THD (*Total Harmonic Distortion* en anglais*)* est un indicateur de la distorsion d'un signal par rapport à une forme sinusoïdale. Il s'exprime en %.

$$THD = \frac{\sqrt{A_2^2 + A_3^2 + A_4^2 + A_5^2 + \cdots}}{A_1}$$

avec

A_1 : amplitude du fondamental ;
A_2 , A_3 , …. : amplitudes des harmoniques.

Plus le réseau électrique est « pollué » (THD élevé), plus il y a d'harmoniques et plus cela génère des dysfonctionnements et des échauffements dans les récepteurs et appareillages. La distorsion du signal est ainsi une cause de pertes énergétiques.

12. Vérifier par un calcul le THD indiqué par l'analyseur de spectre en utilisant le spectre d'amplitude.

13. Dans le cas d'un signal purement sinusoïdal, indiquer ce que serait la valeur du THD.

EXERCICE 3 (4 points)

(Mathématiques)

Question 1

Simplifier l'écriture de l'expression suivante : $A(x) = -\ln(9) + 2\ln(3x)$.

Question 2

Le plan complexe est rapporté à un repère orthonormé $(O; \vec{u}, \vec{v})$.

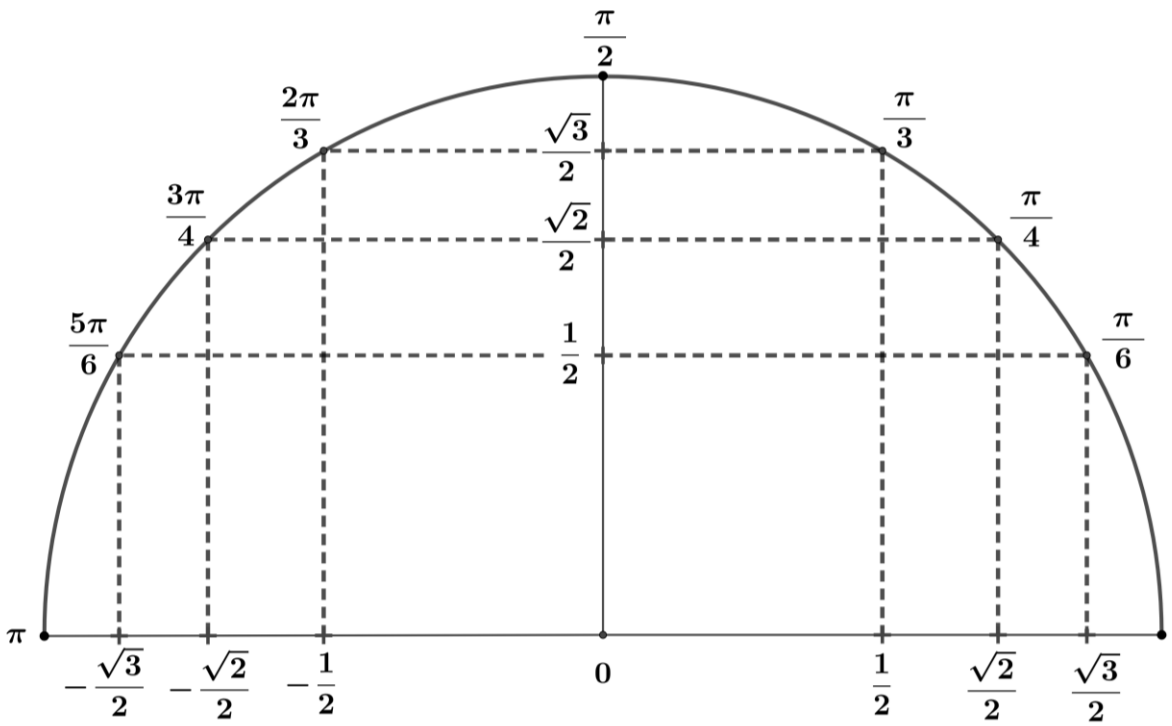
Le point M d'affixe z_M vérifie les conditions suivantes :

- M appartient au cercle de centre O et de rayon 6 ;
- la partie réelle de z_M est négative ;
- la partie imaginaire de z_M est égale à 3.

1. Soit θ la mesure dans $[0\ ;\ 2\pi[$ de l'argument du nombre complexe z_M.
Déterminer $\sin(\theta)$.

2. À l'aide du demi-cercle trigonométrique ci-dessous, donner la valeur exacte de θ.
Justifier.

3. En déduire l'écriture exponentielle de z_M.



Question 3

Soit f la fonction définie sur $\mathbb{R}$ par $f(x) = \mathrm{e}^{0,01x} - 2$.
On admet que la fonction f est croissante sur $\mathbb{R}$.

1. On cherche à déterminer le plus petit entier naturel N qui vérifie $f(N) > 98$.
Recopier et compléter la ligne 4 de l'algorithme ci-dessous écrit en langage Python afin que celui-ci détermine la valeur de N.

```
1 from math import*
2 def seuil():
3    n=0;y=-1
4    while y..........:
5        n=n+1
6        y=exp(0.01*n)-2
7    return n
```

2. Résoudre algébriquement dans $\mathbb{R}$ l'inéquation $f(x) > 98$.

Question 4

On injecte dans la circulation sanguine d'un patient une solution contenant un marqueur afin de réaliser une exploration de la thyroïde.

La concentration dans le sang en $\mu\mathrm{g} \cdot \mathrm{mL}^{-1}$, après injection, est modélisée par la fonction f définie sur $[0\,;\,+\infty[$ par $f(t) = 7{,}88t^2\mathrm{e}^{-0,75t}$, où t est le temps exprimé en heure.

On admet que la fonction f est dérivable sur $[0\,;\,+\infty[$ et que sa dérivée f' vérifie :

$$f'(t) = t(-5{,}91t + 15{,}76)\mathrm{e}^{-0,75t}.$$

1. Dresser le tableau de variations de la fonction f. On ne demande pas la limite en $+\infty$.
2. L'examen doit être effectué lorsque la concentration dans le sang du marqueur est maximale. Justifier que l'examen doit être réalisé entre 2 et 3 heures après l'injection.

EXERCICE 4 (6 points)

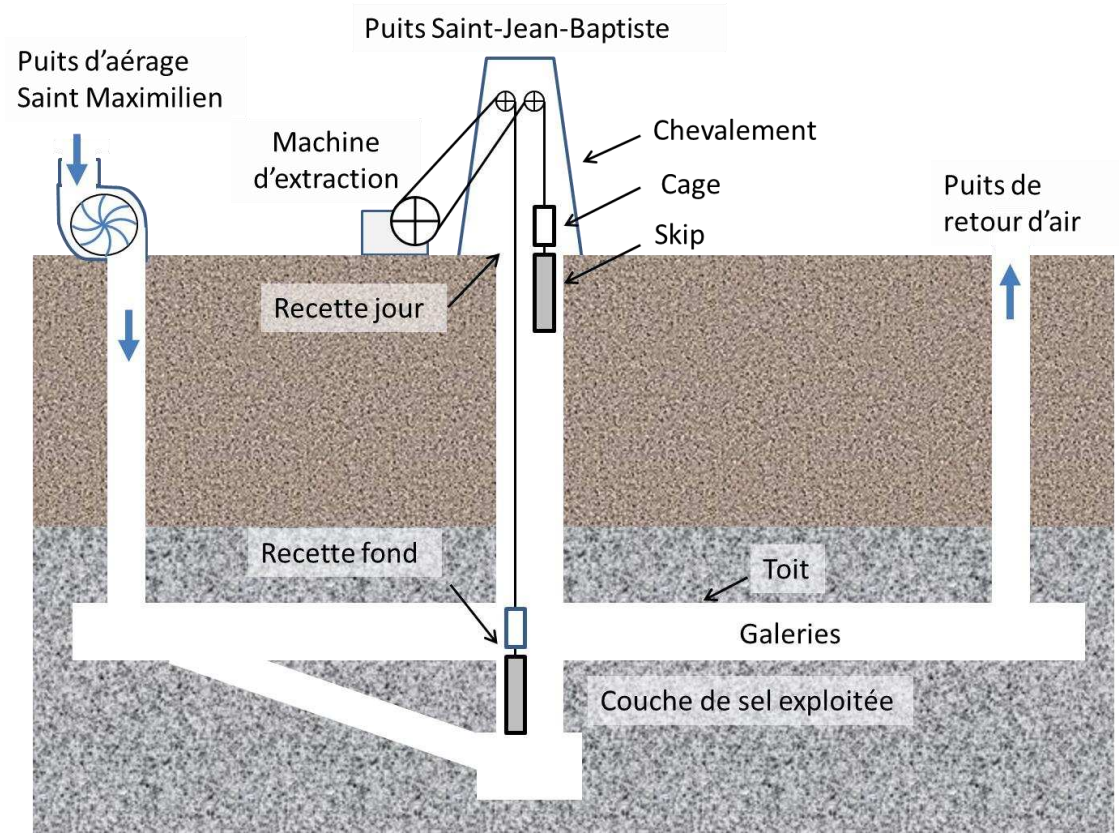
(physique-chimie)

Mine de sel

La mine de sel de Varangéville, située dans la région Grand Est, est la dernière mine en activité en France métropolitaine.

À Varangéville, les galeries d'exploitation sont constituées d'un maillage de piliers en sel qui soutiennent et sécurisent le toit de la mine. Chaque puits de la mine est soigneusement protégé des infiltrations d'eau.

Schéma de principe de la mine :



Les galeries de la mine de sel se situent à 160 m sous la terre. Pour y accéder, les mineurs utilisent une cage d'ascenseur qui descend dans le puits Saint Jean-Baptiste. Cette cage surmonte un skip (haute boîte en aluminium qui sert au transport du sel).

Un deuxième ensemble identique (cage + skip) contrebalance le premier. Lorsqu'un skip arrive à la recette jour chargé de sel, l'autre arrive simultanément à la recette fond.

La vitesse du dispositif est adaptée à l'usage qui en est fait. Pour le sel, la vitesse maximale est de 7,0 $m \cdot s^{-1}$ alors qu'elle n'est que de 4,0 $m \cdot s^{-1}$ pour les mineurs.

Données :

- intensité de la pesanteur g = 9,81 m·s^{-2}
- masse volumique du sel à température ambiante : ρ_{sel} = 2,16 kg·L^{-1}
- le sel se dissout facilement dans l'eau.

1. Expliquer pourquoi l'arrivée d'eau au niveau des galeries serait un réel danger pour la sécurité de la mine.

On s'intéresse à la remontée du sel depuis le fond de la mine.

2. Sachant que la capacité du skip est de 1,85 m^3, déterminer la masse de sel gemme que transporte un skip.

Pour simplifier, on considère que la masse du skip est négligeable par rapport à la masse du chargement de sel qu'il contient. On négligera également tous les frottements.

Par la suite, on considèrera le système {skip + chargement de sel}.

3. Faire l'inventaire des forces qui s'exercent sur le système et les représenter sur un schéma sans souci d'échelle.

4. Calculer le travail du poids du sel lors du transport de la recette fond à la recette jour.

5. Après avoir estimé la durée du trajet, calculer la puissance moyenne du poids lors de la remontée. Conclure sur la puissance minimale que doit fournir la machine d'extraction.

Dans la mine, les galeries sont creusées à l'aide d'explosif. La paroi à creuser est percée de 42 trous cylindriques. Ces trous sont remplis au total de 190 kg d'explosif.
L'explosif utilisé est l'ANFO (*ammonium nitrate fuel oil*). C'est une poudre constituée d'un mélange de deux espèces chimiques : un oxydant (le nitrate d'ammonium NH_4NO_3) et un réducteur (le fioul $C_{12}H_{24}$). Suite à la mise à feu par l'amorce, la détonation est causée par la réaction chimique entre NH_4NO_3 et le fioul.

Caractéristiques de l'ANFO :

Aspect : granulé

Couleur : rose

Énergie totale massique (énergies thermique et mécanique libérées lors de l'explosion) : 3,8 MJ·kg^{-1}

Pression de détonation : 13,6 GPa

D'après https://www.epc-france.com/userfiles/files/DTC_EXPLOSIFS/PRODUIT-NITRAL%20NITRO%20D8-FTC-0118-web.pdf

6. Calculer l'énergie libérée par un tir de mine de 42 trous.

L'équation de la réaction ci-dessous présente le modèle idéal d'une transformation qui ne produit que du diazote N_2, du dioxyde de carbone et de l'eau (tous les produits étant à l'état gazeux) :

$C_{12}H_{24}(l) + 36\ NH_4NO_3(s) \rightarrow \ \ldots \ + \ \ldots \ + \ ...$

7. Recopier, compléter et ajuster l'équation de cette réaction.

La fracturation de la roche lors du tir est liée à la très forte augmentation de pression exercée dans chaque trou.

8. À partir de l'équation ci-dessus et des documents précédents, identifier les causes de cette augmentation de pression.

Un mélange est dit stœchiométrique si les réactifs sont pris dans les proportions indiquées par l'équation modélisant la transformation.

9. À partir de la première partie de l'équation de cette réaction, déterminer la masse de NH_4NO_3 qu'il faut ajouter à 168 g de $C_{12}H_{24}$ pour obtenir un mélange stœchiométrique.

Données : masses molaires $M\ (C_{12}H_{24}) = 168\ g{\cdot}mol^{-1}$ $M\ (NH_4NO_3) = 80\ g{\cdot}mol^{-1}$

10. En déduire le pourcentage en masse de chaque espèce dans le mélange stœchiométrique.

Pour être encore plus efficace, le mélange est constitué de 6% de fioul et de 94% de NH_4NO_3 (pourcentages en masse).

11. En déduire l'espèce ajoutée en excès dans le mélange ANFO. Conclure.

Copyright © 2026 FormaV. Tous droits réservés.

Ce document a été élaboré par FormaV© avec le plus grand soin afin d'accompagner chaque apprenant vers la réussite de ses examens. Son contenu (textes, graphiques, méthodologies, tableaux, exercices, concepts, mises en forme) constitue une œuvre protégée par le droit d'auteur.

Toute copie, partage, reproduction, diffusion ou mise à disposition, même partielle, gratuite ou payante, est strictement interdite sans accord préalable et écrit de FormaV©, conformément aux articles L.111-1 et suivants du Code de la propriété intellectuelle. Dans une logique anti-plagiat, FormaV© se réserve le droit de vérifier toute utilisation illicite, y compris sur les plateformes en ligne ou sites tiers.

En utilisant ce document, vous vous engagez à respecter ces règles et à préserver l'intégrité du travail fourni. La consultation de ce document est strictement personnelle.

Merci de respecter le travail accompli afin de permettre la création continue de ressources pédagogiques fiables et accessibles.