

BACCALAURÉAT TECHNOLOGIQUE

- Session 2014 -

**Sciences et Technologies de l'Industrie
et du Développement Durable**

et

**Sciences et Technologies de Laboratoire
spécialité Sciences Physiques et Chimiques en
Laboratoire**

Épreuve de PHYSIQUE-CHIMIE

EPREUVE DU VENDREDI 20 JUIN 2014

Durée de l'épreuve : 3 heures

Coefficient : 4

Dès que le sujet vous est remis, assurez-vous qu'il est complet.

Ce sujet comporte **15** pages numérotées de 1/15 à 15/15.

Les documents réponses page 15/15 sont à rendre avec la copie.

L'usage d'une calculatrice est autorisé.

Il est rappelé aux candidats que la qualité de la rédaction, la clarté et la précision des explications entreront dans l'appréciation des copies. Toute réponse devra être justifiée.

Une vraie randonnée se prépare correctement !

Un randonneur amateur souhaite effectuer la traversée des Pyrénées sur le GR 10 qui relie Hendaye (au bord de l'Atlantique) à Banyuls (au bord de la Méditerranée). Pour cela, il prépare son périple.

Il contacte son médecin pour des examens cardiaques afin de s'assurer de sa bonne santé, puis prépare son matériel : boussole, sac à dos solaire et douche solaire.

Pour s'entraîner, il réalisera, entre autres, une randonnée au pied du pic d'Iparla que l'on étudiera.

Partie A : des examens médicaux du cœur

Partie B : le matériel du randonneur.

Partie C : la randonnée sur le GR 10.

Partie A : des examens médicaux du cœur

A.1. Mesure du débit cardiaque (documents A.1)

Afin de tester la résistance cardiaque à l'effort du randonneur, son médecin décide d'effectuer une mesure de son débit cardiaque au repos puis au cours d'un effort intense. Les résultats sont indiqués dans le document A1-b.

A.1.1. Dans des conditions de repos, le débit cardiaque volumique à la sortie de l'aorte est d'environ $D_v = 5,00 \text{ L.min}^{-1}$ chez un adulte. L'aorte a une section s égale à $3,00.10^{-4} \text{ m}^2$ et le sang s'écoule dans cette artère à une vitesse moyenne notée v .

A.1.1.a) Relever dans le document A1-b la valeur de la fréquence cardiaque du randonneur au repos.

A.1.1.b) À l'aide des documents, retrouver la valeur du débit cardiaque D_v au repos, indiquée dans l'énoncé.

A.1.1.c) Montrer que le débit volumique dans l'artère est également de $D_v = 8,4.10^{-5} \text{ m}^3.\text{s}^{-1}$.

A.1.1.d) Déterminer la valeur de la vitesse moyenne v d'écoulement du sang dans l'artère, en m.s^{-1} .

A.1.2. Lors de l'effort intense du randonneur, on mesure l'évolution du volume de sang ventriculaire.

A.1.2.a) Relever dans les documents le volume de sang ventriculaire maximal mesuré lors de l'effort intense.

A.1.2.b) Ce volume correspondant au volume d'éjection systolique V_{ES} , en déduire la valeur du débit cardiaque D_v du randonneur lors de l'effort intense.

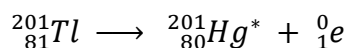
A.1.2.c) En effort intense, le débit cardiaque volumique des sportifs entraînés varie généralement entre 30 et 40 L.min^{-1} . En déduire si le randonneur est un sportif entraîné.

A.2. La scintigraphie cardiaque (documents A.2)

Afin de compléter le diagnostic médical du randonneur, son médecin décide de lui faire passer une scintigraphie cardiaque dont les explications sont données dans le document A2-a.

A.2.1. Identifier l'élément radioactif utilisé pour effectuer la scintigraphie du myocarde.

A.2.2. Le thallium 201 peut se désintégrer en mercure 201 selon l'équation :



Indiquer à quel type de radioactivité correspond cette désintégration et le nom de la particule émise.

A.2.3. Lors de la désintégration du thallium 201, un des rayonnements émis possède une énergie E égale à 167 keV.

À l'aide des informations des documents A2 et de vos connaissances, exprimer puis calculer la longueur d'onde λ , en m, de ce rayonnement dans le vide.

A.2.4. Le document A2-c représente les différents domaines du spectre électromagnétique.

À quel domaine du spectre appartient le rayonnement émis lors de la désintégration du thallium 201 ?

Votre réponse est-elle en accord avec les informations du document A2-a ?

A.2.5. Pour réaliser une scintigraphie du myocarde, on utilise une solution contenant du thallium 201 dont l'activité volumique A_v est de 38 MBq.mL^{-1} . L'infirmière injecte au patient par voie intraveineuse une solution d'activité $A_0 = 79 \text{ MBq}$. Les premières images du cœur sont visualisées quelques minutes après l'injection.

On vérifie dans les questions suivantes que la dose injectée ne dépasse pas la limite autorisée.

A.2.5.a) Calculer le volume V de solution d'activité A_0 injecté par l'infirmière.

A.2.5.b) La concentration en thallium 201 de l'échantillon au moment de l'injection est de $c_0 = 2,37 \cdot 10^{-8} \text{ mol.L}^{-1}$; déterminer la masse m_0 de thallium dans l'échantillon.

A.2.5.c) Le thallium présente une certaine toxicité. La dose limite à ne pas dépasser lors d'une injection est de 150 ng.kg^{-1} . Vérifier que la dose injectée ne présente aucun danger.

A.2.5.d) En utilisant le document A2-d, déterminer le temps de demi-vie $t_{1/2}$ du thallium. Que signifie précisément cette durée ?

A.2.6. L'examen médical consiste, après injection du traceur radioactif, à produire un effort lors d'un exercice physique pendant lequel une γ -caméra prend des images du cœur. Le même examen est réalisé deux heures plus tard lorsque le patient est au repos.

Le document A2-e représente le résultat du patient.

Le patient est-il en bonne santé pour réaliser sa randonnée sans souci ?

Données : masse molaire du thallium : $M(\text{Tl}) = 201 \text{ g.mol}^{-1}$
 masse du patient : $m_R = 80 \text{ kg}$

DOCUMENTS de la partie A.1 :

Document A1-a : fréquence cardiaque et débit cardiaque

Le débit cardiaque volumique D_v (en $L \cdot \text{min}^{-1}$) se calcule alors à l'aide de la relation suivante :

$$D_v = F_C \times V_{ES}$$

avec F_C : la fréquence cardiaque (en battements. min^{-1})

V_{ES} : volume d'éjection systolique (en L)

Document A1-b : fréquence cardiaque et volume d'éjection systolique lors du test à l'effort

Relevé des valeurs de fréquence cardiaque (notée F_C) et du volume d'éjection systolique (noté V_{ES} , il correspond au volume de sang éjecté lors de la systole ventriculaire) lors du test à l'effort du randonneur

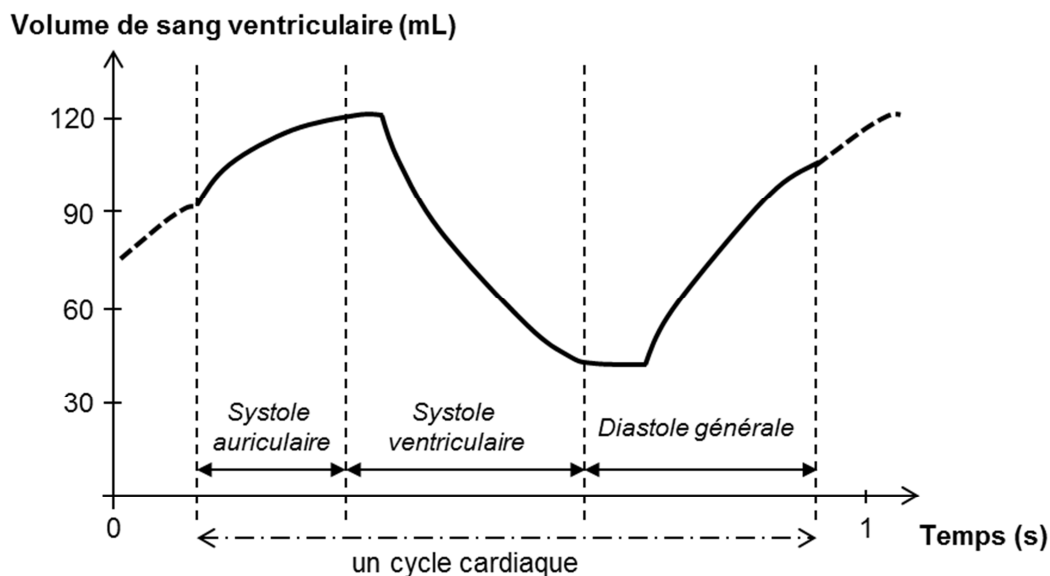
<i>Puissance de l'exercice</i>	<i>Fréquence cardiaque F_C (en battements.min^{-1})</i>	<i>Volume d'éjection systolique V_{ES} (en mL)</i>
Repos	66	76
Effort intense	190	?

Document A1-c : cycle cardiaque

Un cycle cardiaque est composé de 2 phases :

- La diastole : phase de relâchement du cycle cardiaque
- La systole : phase de contraction du muscle cardiaque.

Courbe d'évolution volume du sang ventriculaire lors d'un effort intense chez le randonneur



DOCUMENTS de la partie A.2 :

Document A2-a : généralités sur la scintigraphie cardiaque

La scintigraphie cardiaque, ou scintigraphie myocardique, est un examen complémentaire utilisé par les cardiologues et les médecins spécialistes de médecine nucléaire pour apprécier la fonction cardiaque (perfusion, métabolisme, intégrité cellulaire...). C'est un examen indolore, d'une durée moyenne de 15 à 30 minutes au cours duquel le médecin injecte du thallium par intraveineuse. Le thallium émet des rayons γ captés par une caméra à scintillations.

La scintigraphie myocardique apporte des renseignements utiles pour confirmer ou infirmer le caractère coronarien d'une douleur thoracique en identifiant l'état de perfusion du myocarde (muscle cardiaque) pour savoir s'il est bien vascularisé.

Document A2-b : rappel sur l'énergie transportée par un photon

On rappelle que l'énergie E transportée par un photon est donnée par l'expression :

$$E = h \times \nu$$

avec : $h = 6,63 \cdot 10^{-34} \text{ J.s}$ (constante de Planck)

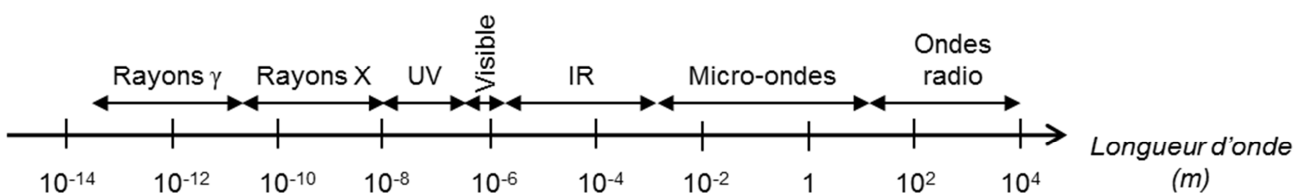
ν la fréquence en Hz

E en Joule (J)

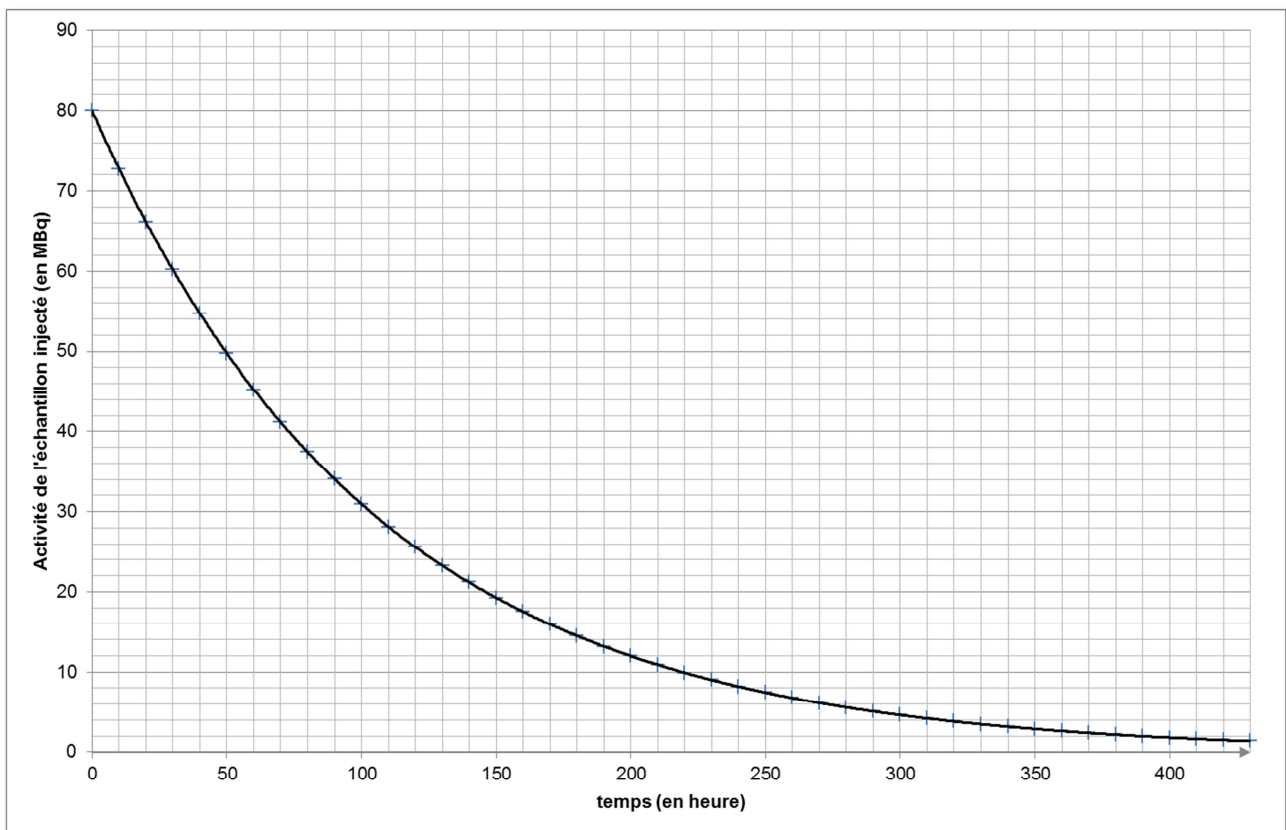
La célérité de la lumière dans le vide est : $c = 3,0 \cdot 10^8 \text{ m.s}^{-1}$

Unités d'énergie : $1 \text{ keV} = 1,6 \cdot 10^{-16} \text{ J}$.

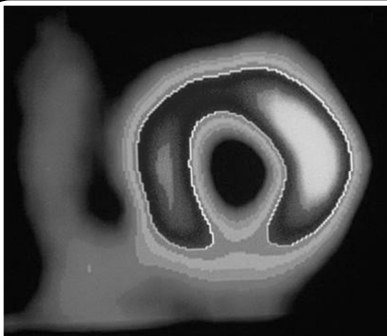
Document A2-c : le spectre des ondes électromagnétiques



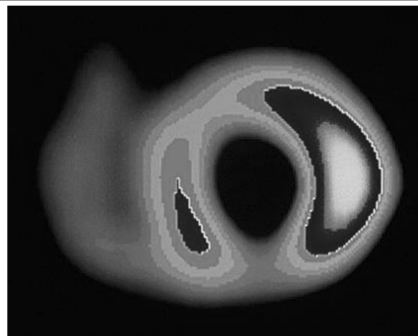
Document A2-d : courbe de décroissance radioactive du thallium 201 présent dans l'échantillon injecté



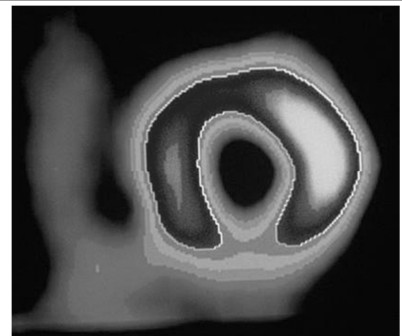
Document A2-e : Image médicale obtenue par la γ -caméra pour le randonneur



Myocarde normal



Myocarde avec ischémie
coronaire
(le cœur est mal irrigué)



Myocarde du randonneur

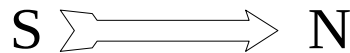
d'après : www.larousse.fr

Partie B : le matériel du randonneur

D'après les résultats des examens médicaux, le randonneur peut donc prévoir son voyage. Il décide de faire l'acquisition d'un sac à dos solaire dans le but de recharger son téléphone portable, d'une douche solaire et d'une boussole.

B.1. La boussole

La boussole est constituée d'une petite aiguille aimantée mobile sur pivot représentée, selon le schéma suivant, par l'axe orienté Sud-Nord.



- B.1.1. On place l'aiguille aimantée dans le champ magnétique terrestre. Quelles indications concernant le champ magnétique sont données par l'axe orienté de cette aiguille ?
- B.1.2. Donner le nom et le symbole de l'unité utilisée pour exprimer, dans le système international (SI), l'intensité d'un champ magnétique.
- B.1.3. Le spectre du champ magnétique de la Terre est analogue à celui d'un gros aimant droit. Le **document réponse n°1 à rendre avec la copie** représente les lignes du champ magnétique d'un aimant droit.

Représenter le vecteur champ magnétique $\vec{B}$ au point A, sans souci d'échelle.

B.2. Le sac à dos solaire (documents B.2)

Le choix du sac à dos solaire sera crucial pour que la randonnée de plusieurs jours se déroule au mieux. Pour cela, le randonneur étudie la documentation technique (document B2-a) d'un sac à dos solaire ainsi qu'une documentation liée aux batteries présentes dans les systèmes photovoltaïques (document B2-b).

B.2.1. Citer les 2 types de batteries généralement utilisées dans les systèmes photovoltaïques.

B.2.2. Relever la valeur de la capacité de la batterie utilisée dans le sac à dos solaire et l'exprimer en coulomb.

B.2.3. Le randonneur souhaite utiliser le sac à dos solaire pour recharger son téléphone portable. Il a la possibilité de le recharger, via un adaptateur de tension, directement à partir du panneau solaire ou d'utiliser la batterie du sac à dos.

- ✓ Les caractéristiques de la batterie du téléphone portable sont : 3,7 V ; 850 mA.h.
- ✓ Les tensions d'entrée et de sortie de l'adaptateur de tension sont respectivement de 5 V et de 3,7 V. Le rendement de l'adaptateur est supposé égal à 1: la puissance reçue à l'entrée (sous une tension de 5 V) est égale à la puissance fournie en sortie (sous une tension de 3,7 V). On notera respectivement I_{entr} , V_{entr} , I_{sortie} et V_{sortie} les intensités et les tensions d'entrée et de sortie de l'adaptateur.

Quelle est la solution lui permettant de recharger totalement son téléphone le plus rapidement ? On détaillera toutes les étapes du raisonnement.

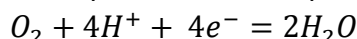
Conseil : calculer préalablement dans chaque cas l'intensité du courant délivré par l'adaptateur, sachant que l'intensité du courant d'entrée est celle que peut délivrer le panneau solaire ou la batterie du sac à dos.

B.2.4. La batterie utilisée dans le sac à dos est certainement une batterie au lithium. Le lithium, de symbole Li, se trouve alors initialement sous forme solide dans la batterie. Lorsque celle-ci débite du courant électrique, on peut considérer de façon simplifiée que le lithium cède un électron pour se transformer en ion lithium.

Écrire le couple oxydant/réducteur auquel appartient l'ion lithium et la demi-équation associée en précisant le caractère oxydant ou réducteur de chacun des composants du couple.

B.2.5. Le randonneur poursuit ses recherches sur les batteries au lithium et découvre les batteries « lithium-air », présentées comme l'avenir des batteries (document B2-c).

B.2.5.a) On donne la demi-équation correspondante au couple O_2/H_2O :



En déduire l'équation-bilan de la réaction de fonctionnement de la batterie « lithium-air » lorsqu'elle débite du courant pour charger le téléphone.

B.2.5.b) Compléter les 4 indications manquantes sur le schéma de la batterie « lithium-air » du **document réponse n°2 à rendre avec la copie** avec les propositions suivantes :

- sens du courant
- sens de déplacement des électrons
- borne (+)
- borne (–)

B.3. La douche solaire (documents B.3)

Données utiles pour cette partie :

Capacité thermique massique de l'eau : $c = 4\,180 \text{ J.kg}^{-1}.\text{K}^{-1}$.

Masse volumique de l'eau : $\rho = 1,00.10^3 \text{ kg.m}^{-3}$

Champ de gravitation : $g = 9,81 \text{ N.kg}^{-1}$

Unités de pression : $1,00 \text{ bar} = 1,00.10^5 \text{ Pa}$

Comme son nom l'indique, la douche solaire utilise l'énergie du soleil pour réchauffer l'eau qu'elle contient. Le principe de ces douches est simple (document B3-a). Le randonneur s'informe sur ce dispositif qu'il compte installer au point d'arrivée.

B.3.1. Sous quelle forme l'énergie reçue du soleil est-elle stockée dans la douche solaire ?

B.3.2. Étude du fonctionnement de la douche lorsqu'elle contient 20 kg d'eau (document B3-b) :

B.3.2.a) Relever la température initiale θ_i de l'eau à l'instant initial puis la température θ_f après trois heures de fonctionnement.

B.3.2.b) Calculer l'énergie absorbée par les 20 kg d'eau en trois heures d'exposition au soleil.

B.3.3. Expliquer l'intérêt de choisir du polyéthylène noir à la place d'un autre coloris.

B.3.4. À l'aide des documents B3-c et B3-d, calculer la hauteur minimale h_A à laquelle il faut suspendre la douche pour pouvoir l'utiliser dans les conditions conseillées par le fabricant. On détaillera toutes les étapes du raisonnement.

DOCUMENTS de la partie B.2

Document B2-a : documentation technique du sac à dos solaire

(d'après : www.achatnature.com)



Description :

Le sac solaire permet de recharger vos appareils autonomes grâce à l'énergie du soleil.

Ce sac est composé de 2 poches indépendantes fermant par des fermetures éclair ainsi que de 2 poches latérales. Le dos du sac solaire matelassé et ses deux bretelles réglables vous apportent un plus grand confort dorsal.

Il est fourni avec une batterie rechargée par les panneaux solaires. Cette batterie s'adapte à des appareils électroniques tels que, téléphone portable, appareil photo, caméscope, caméra vidéo, ordinateur portable.

Caractéristiques techniques :

Panneau solaire :

- Panneau 1,5 W
- Tension de sortie : 5 V
- Intensité de sortie : 300 mA

Batterie du sac à dos :

- Capacité : 1600 mA.h
- Intensité de sortie : 0,45 A
- Tension d'entrée : 5 V
- Temps de charge : environ 4 heures
- Dimensions : 7,3 x 5,4 x 1,2 cm
- Poids : 60 g

Document B2-b : les batteries des systèmes photovoltaïques (d'après www.mtaterre.fr)

La plupart des systèmes photovoltaïques comportent des batteries spéciales (batteries stationnaires à alliages de plomb) qui emmagasinent l'énergie générée par les panneaux photovoltaïques en prévision des périodes où il n'y a pas de soleil [...].

Il existe, sur le marché, différents types de batteries stationnaires en 2, 6 ou 12 Volts. [...] On choisit les batteries à électrolyte liquide si la maintenance du système est aisée, tandis que les batteries à électrolyte gélifié sont adaptées aux situations où le confort de l'utilisateur est souhaité (cas des petites unités) et aux systèmes à maintenance réduite. [...]

Une autre possibilité est la batterie nickel-cadmium, mais elles sont plus rarement utilisées bien qu'elles soient moins sensibles aux variations de température. Outre leurs caractéristiques électriques particulières, elles sont aussi plus onéreuses.

Document B2-c : accumulateur lithium-air (d'après www.lepoint.fr)

L'accumulateur lithium-air met en œuvre l'ensemble lithium-dioxygène qui offre une densité énergétique très élevée. Cela est dû au fait d'une part que l'un des composants (le dioxygène) reste disponible et inépuisable sans être stocké dans l'accumulateur (comme dans la plupart des piles et accumulateurs à air). Le dioxygène fait partie du couple O_2/H_2O .

Cet accumulateur présente toutefois certains inconvénients : corrosion, nécessité de filtres (exige un air très pur). Ces batteries ne sont pas encore commercialisées et nécessiteront encore des années de recherche en laboratoire.

Depuis janvier 2013, BMW et Toyota collaborent afin de développer la prochaine génération de batteries lithium-air, qui seront utilisées dans des véhicules hybrides et électriques.

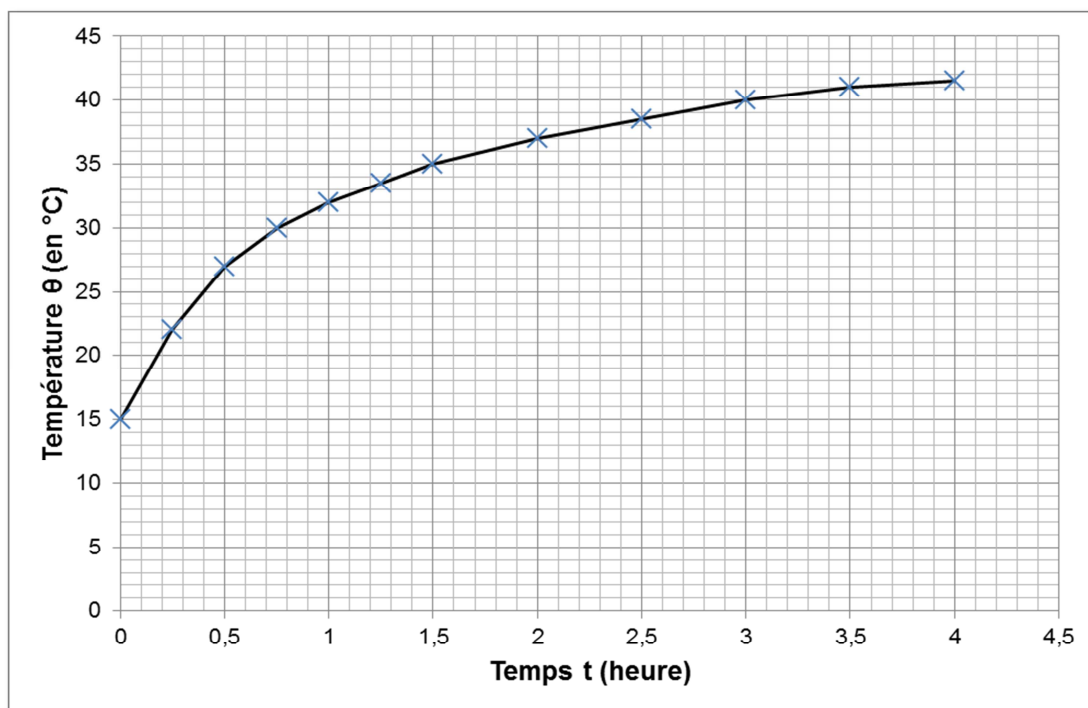
DOCUMENTS de la partie B.3

Document B3-a : les deux principes de fonctionnement d'une douche solaire

Une douche solaire peut fonctionner de 2 façons différentes :

1. L'eau est stockée dans un réservoir, d'une contenance de 15 à 40 litres, selon les modèles. Ces réservoirs sont en polyéthylène noir. La simple exposition du réservoir aux rayons du soleil permet de chauffer l'eau.
2. Une autre technique, utilisée pour les modèles plus élaborés, consiste à stocker l'eau dans la colonne de la douche. Dans ce modèle c'est un capteur solaire, placé à l'extérieur qui va permettre de chauffer l'eau.

Document B3-b : évolution de la température de 20 kg d'eau contenus dans la douche solaire en polyéthylène en fonction du temps d'exposition au soleil



Document B3-c : caractéristiques données par le fabricant concernant la douche solaire choisie par le randonneur (d'après www.decathlon.fr)

Capacité : 20 L

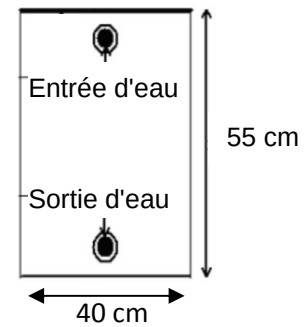
Coloris : noir

Composition : polyéthylène

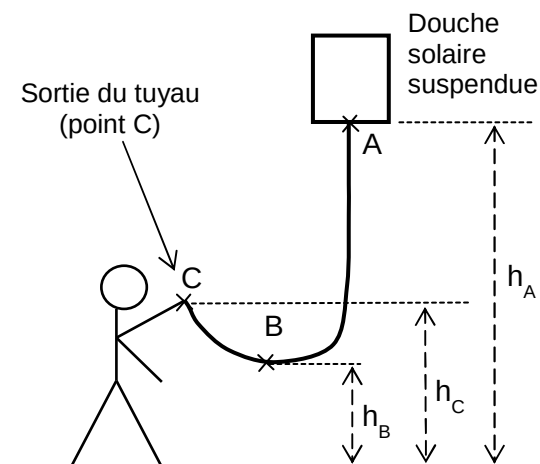
Dimensions : 40 x 55 x 8 cm

Pression minimale conseillée à la sortie du tuyau : 1,50 bar

Pression dans le réservoir rempli de 20 kg d'eau : 1,30 bar



Document B3-d : schéma de mise en situation de la douche solaire



Le point C se situant au niveau de la tête du randonneur, on a $h_C = 1,80$ m.

Partie C : la randonnée sur le GR 10

Le randonneur étudie la carte du parcours à effectuer (document C1-a). Il décide de partir d'une altitude de 400 m, prévoit ensuite de prendre la passerelle et d'atteindre le col de Galarzé, puis le pic d'Iparla. Il descendra ensuite en passant par le col d'Harrieta avant de rejoindre le point d'arrivée situé à une altitude de 310 m (ferme Bordazar).

Données : *masse du randonneur* : $m_R = 80 \text{ kg}$
 masse de son équipement : $m_E = 12 \text{ kg}$
 $g = 9,8 \text{ N.kg}^{-1}$

C.1. Randonnée

Le poids est une des forces exercées sur le randonneur.

C.1.1. Exprimer puis calculer le travail du poids du marcheur avec son équipement lors de la randonnée.

C.1.2. Commenter le signe de la valeur obtenue. Indiquer, sans calcul mais en précisant votre raisonnement, quel aurait été la valeur du travail du poids si la randonnée s'était effectuée dans l'autre sens (inversion des points de départ et d'arrivée).

C.2. Montée en funiculaire

Par un moment de grande fatigue, le randonneur rêve un instant de gravir le pic d'Iparla à l'aide d'un funiculaire.

On considère une cabine de funiculaire comme indiqué dans le document C2-a. Tractée par un câble, elle se déplace le long d'une pente inclinée de 30° par rapport au plan horizontal.

C.2.1. Quelle est la nature du mouvement de la cabine sur le trajet DM ?

C.2.2. Exprimer puis calculer la variation d'énergie mécanique lors de la phase de démarrage.

À partir du point M, sur une distance L de 98 m, la cabine se déplace selon un mouvement rectiligne et uniforme à la vitesse atteinte à la fin de la phase de démarrage.

C.2.3. Faire l'inventaire des forces agissant sur la cabine lors de cette phase et les représenter sans souci d'échelle sur le **document réponse n°3 à rendre avec la copie** (préciser la signification des symboles utilisés).

C.2.4. Le randonneur évalue à 67 s la durée de l'ascension par le funiculaire depuis le point D jusqu'au point A. Retrouver ce résultat à partir d'une étude cinématique du trajet du funiculaire et en vous aidant des relations ci-dessous.

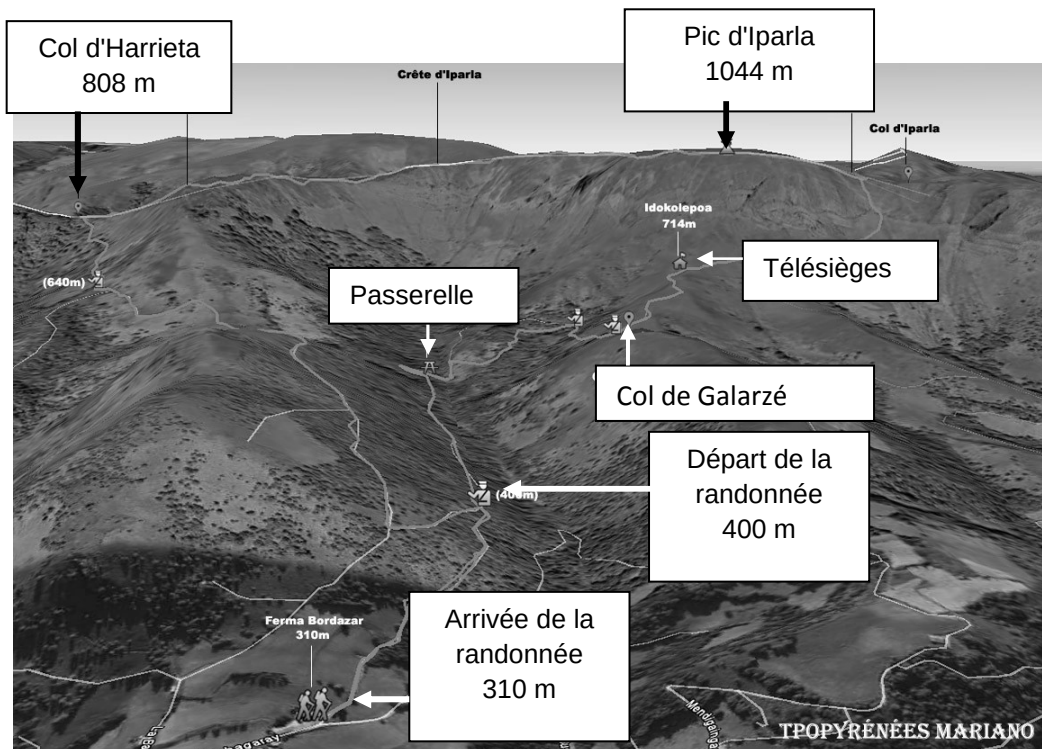
Conseils : calculer préalablement la longueur parcourue lors de la phase de ralentissement en fin de trajet, puis les accélérations supposées constantes au démarrage et au freinage et enfin la durée de chaque phase.

Pour un mouvement uniformément accéléré – d'accélération de valeur a – la valeur v de la vitesse à un instant t s'exprime par la relation $v = a t + v_0$ où v_0 représente la valeur de la vitesse à l'instant $t = 0$.

Par ailleurs, les valeurs v et v_0 des vitesses sont liées à la distance x parcourue pendant la durée t : $v^2 - v_0^2 = 2.a.x$

DOCUMENTS de la partie C

Document C1-a : le pic d'Iparla, la randonnée



Document C2-a : description du funiculaire (d'après www.ilemaths.net)

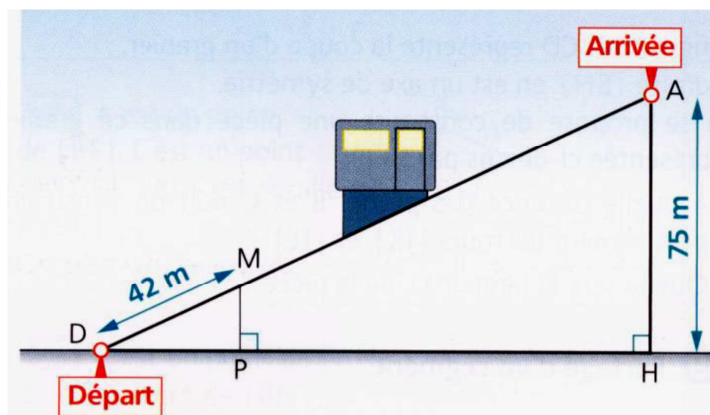
Masse de la cabine avec des passagers: $m = 3,2 \cdot 10^3 \text{ kg}$.

La cabine est tractée par un câble tendu par l'action d'un moteur électrique.

La phase de démarrage a lieu sur une longueur $DM = 42 \text{ m}$; la cabine atteint alors la vitesse de $3,0 \text{ m.s}^{-1}$.

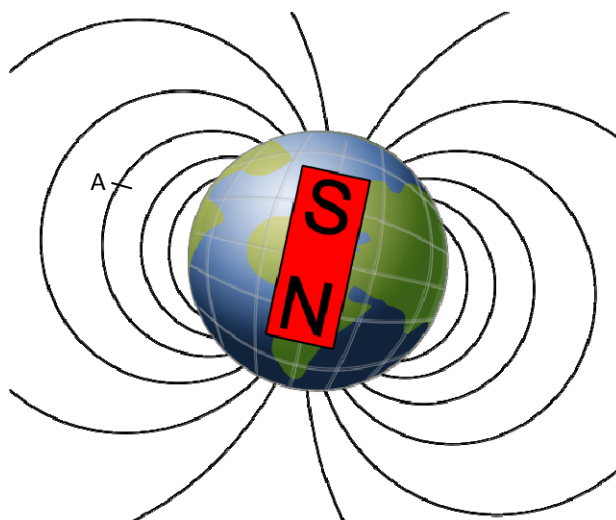
La longueur totale du trajet est de 150 m .

Les frottements de la cabine sur la voie sont modélisés par une force notée $\vec{f}$.

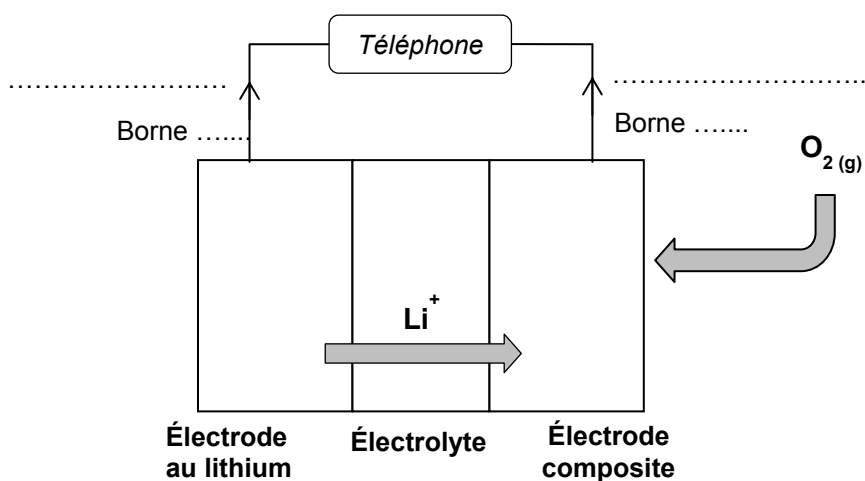


DOCUMENTS REPONSES A RENDRE AVEC LA COPIE

Document réponse n°1 : lignes du champ magnétique d'un aimant droit analogue au champ magnétique terrestre (d'après www.wikipedia.fr)



Document réponse n°2 : schéma de la batterie « lithium-air » à compléter



Document réponse n°3 : schéma du funiculaire en mouvement rectiligne uniforme

