

EXERCICE I

L'exercice I est composé de 4 problèmes indépendants.

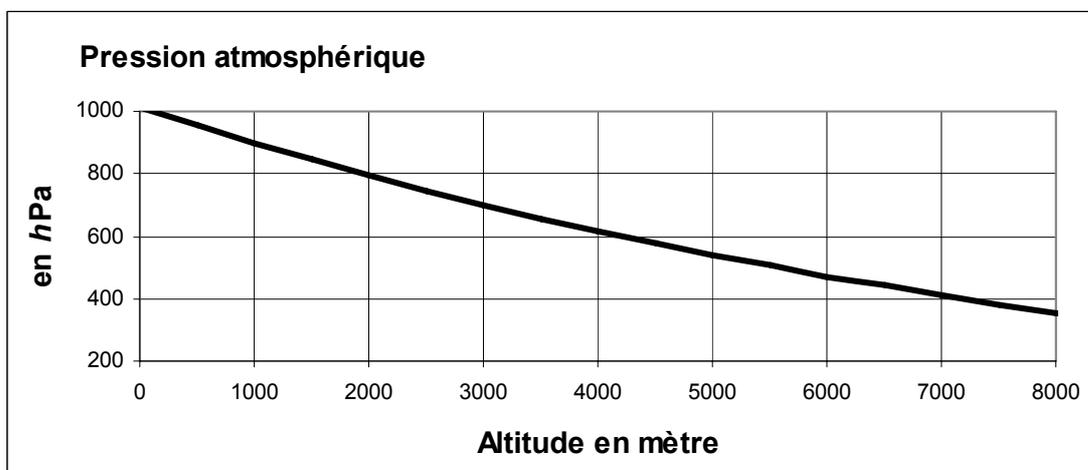
- La disparition des ampoules à incandescence s'explique par le très mauvais rendement de cette technologie (de l'ordre de 5 %). Ces ampoules ont une température de filament d'environ 2850 K.

I-1-a A quel type d'énergie correspond les 5% du rendement ?

I-1-b Pourquoi les ampoules à incandescence ont un rendement si médiocre ?

Utiliser la loi de Wien $\lambda_{\max} T = A$ avec $A = 2,898 \cdot 10^{-3} \text{ K}\cdot\text{m}^{-1}$ pour justifier votre réponse.

- Un cuisinier, travaillant dans un restaurant dans une station de ski à 2000 m d'altitude, souhaite connaître la température d'ébullition de l'eau afin d'adapter le temps de cuisson des aliments.



La relation entre pression saturante de l'eau (en bar) et la température (en Kelvin) est donnée par la formule de Rankine : $\ln(p_s) = 13,7 - 5120 / T$.

I-2- Déterminer la température d'ébullition de l'eau dans ce restaurant.

- Le GPL est un mélange d'hydrocarbure léger, principalement constitué de propane et de butane. Il est utilisé comme carburant alternatif au diesel. Pour simplifier les calculs, on assimilera le GPL au butane (C_4H_{10}).

Données :

$M(\text{H}) = 1,0 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$; $M(\text{C}) = 12,0 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$; $M(\text{O}) = 16,0 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$;

Masse volumique du butane dans les conditions de la réaction : $\rho_B = 585 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$

I-3-a- Ecrire la réaction de combustion complète du butane.

Un véhicule consomme un volume $V_B = 6,5 \text{ litres}$ de butane pour 100 km parcourus.

I-3-b- Calculer le nombre de moles de butane consommées pour 100 km parcourus.

I-3-c- En déduire la masse de dioxyde de carbone produite.

I-3-d- Quelle est la classe énergétique de ce véhicule ?

Emission de CO_2 inférieure à 100g/km : classe A

Emission de CO_2 de 101g/km à 120 g/km : classe B

Emission de CO_2 de 121g/km à 140 g/km : classe C

Emission de CO_2 de 141g/km à 160 g/km : classe D

Emission de CO_2 de 161g/km à 200 g/km : classe E

Emission de CO_2 de 201g/km à 250 g/km : classe F

Emission de CO_2 supérieure à 251 g/km : classe G

I-4- Quel matériau est apte à constituer une anode de protection contre la rouille destinée aux coques de navires ou aux ballons d'eau chaudes ? (Plusieurs réponses possibles)

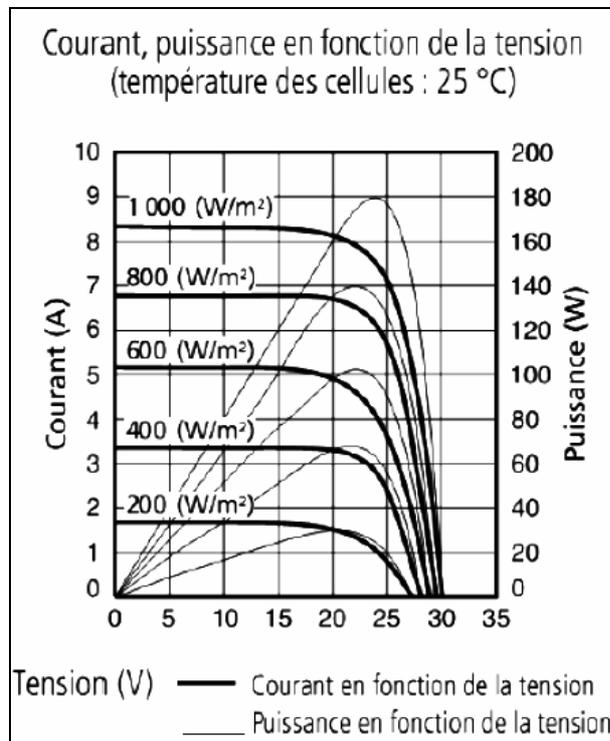
Mg ²⁺ /Mg	Al ³⁺ /Al	Zn ²⁺ /Zn	Fe ²⁺ /Fe	Cu ²⁺ /Cu	Pouvoir oxydant croissant
					

REPONSES A L'EXERCICE I

I-1-a	« 5% » : Energie rayonnée dans le domaine visible
I-1-b	Explication : $\lambda_{\max} = 1050 \text{ nm}$ (domaine infrarouge) Le rayonnement est très majoritairement présent dans le domaine infrarouge.
I-2-	Expression littérale : $T_{\text{ébu}} = 5120 / (13,7 - \ln(p_s))$ Application numérique : $T_{\text{ébu}} = 368 \text{ K} = 95 \text{ °C}$
I-3-a-	Equation : $\text{C}_4\text{H}_{10} + 6,5 \text{ O}_2 \rightarrow 4 \text{ CO}_2 + 5 \text{ H}_2\text{O}$
I-3-b-	Expression littérale : $n_B = \rho_B V / M_{\text{butane}}$ Application numérique : $n_B = 65 \text{ moles}$
I-3-c-	Expression littérale : $m_{\text{CO}_2} = 4 n_B M_{\text{CO}_2}$ Application numérique : $m_{\text{CO}_2} = 11,4 \text{ kg}$
I-3-d-	Classe énergétique : B
I-4-	Anode en : (entourer la ou les réponses exactes) Aluminium Cuivre Fer Magnésium Zinc

EXERCICE II

Un installateur décide d'utiliser le panneau solaire 185 W NU-185 (E1) dont les caractéristiques électriques et mécaniques sont détaillées ci-dessous.



Données mécaniques :	
Dimension de la cellule (mm^2)	156,5
Nombre de cellules et type de connexion	48 montées en série
Dimension du panneau solaire ($L \times H \times P$) (mm)	1318 x 994 x 46
Poids (kg)	16
Résistance mécanique maximale (N/mm^2)	2400

II-1- Précisez les natures des énergies absorbées et utiles pour un panneau photovoltaïque.

Pour les questions II-2- à II-8-, on cherche à déterminer les caractéristiques du panneau pour un flux lumineux de $1000 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$.

II-2- Calculer :

- la puissance maximale délivrée par le panneau photovoltaïque P_m ,
- la tension au point de puissance maximale V_{mpp} ,
- l'intensité du courant au point de puissance maximale I_{mpp} ,

II-3- Calculer le rendement du panneau photovoltaïque η .

II-4- Donner la tension à vide U_0 et le courant de court-circuit I_{cc} du panneau photovoltaïque.

II-5- Calculer la puissance électrique $P_{(10 \Omega)}$ fournie par le panneau lorsqu'il est connecté à une résistance $R = 10 \Omega$.

II-6- Pour quelle valeur de résistance R^* , la puissance fournie serait-elle maximale ?

II-7- Combien le panneau comporte-t-il de cellules ?

II-8- Quelle est la tension électrique **U** aux bornes d'une cellule lorsque le panneau solaire fournit la puissance maximale? Quelle est alors la valeur de l'intensité **I** traversant cette cellule ?

L'installation photovoltaïque est dimensionnée pour produire 9 kWc (le kilo Watt crête (kWc) est une unité de mesure de la puissance produite par un panneau lorsque le flux lumineux est de 1000 W.m^2). On estime le rendement global de l'installation à $\eta_g = 10 \%$ en tenant compte du rendement des panneaux mais aussi de l'orientation des cellules, des pertes électriques ...

II-9- Quelle surface de panneau doit-on installer pour produire 9 kWc ?

II-10- Dans une région où l'irradiation solaire est de $1200 \text{ kW/m}^2/\text{an}$, quel est le revenu annuel de cette installation dans le cas où le prix d'achat est de 0.35 € / kWh ?

REPONSES A L'EXERCICE II

II-1-	Energie absorbée : lumière	Energie restituée : électrique	
II-2-	$P_m = 180 \text{ W}$	$V_{mpp} = 24 \text{ V}$	$I_{mpp} = 7,5 \text{ A}$
II-3-	Rendement : $\eta = 13,7 \%$		
II-4-	$U_0 = 30 \text{ V}$	$I_{cc} = 8,3 \text{ A}$	
II-5-	$P_{(10 \Omega)} = 58 \text{ W}$	II-6-	$R^* = 3,2 \Omega$
II-7-	Nombre de cellules : 48		
II-8-	$U = 0,5 \text{ V}$	$I = 7,5 \text{ A}$	
II-9-	Surface : 66 m^2		
II-10-	Revenu annuel : 2770 €		

EXERCICE III

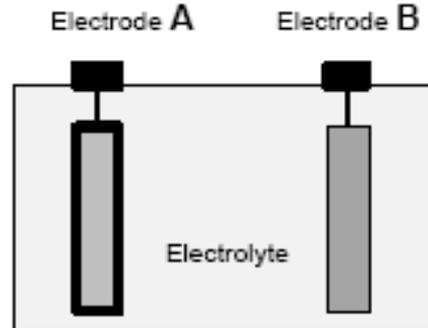
Les batteries les plus employées dans les voitures sont de technologie Plomb Acide 12V. Elles sont composées de 6 accumulateurs élémentaires (schéma ci-contre) montés en série.

L'électrode A en plomb est recouverte d'oxyde de plomb.

L'électrolyte est une solution concentrée d'acide sulfurique (2H^+ , SO_4^{2-}) en milieu aqueux.

L'électrode B est en plomb.

Schéma d'un accumulateur élémentaire



- Etude d'un accumulateur élémentaire lors de la décharge :
 - III-1- Ecrire la réaction de la transformation du plomb Pb de l'électrode B en ions Pb^{2+}
 - III-2- Equilibrer la réaction de l'électrode A (demi pile $\text{PbO}_2/\text{Pb}^{2+}$ en milieu acide).
 - III-3- Quelles sont le ou les espèces chimiques portant majoritairement le courant électrique dans l'électrolyte de la batterie. Placer sur le schéma du document réponse les sens de déplacement des électrons et du courant ainsi que l'anode et la cathode.
- Etude d'un accumulateur élémentaire lors de la charge :

Le générateur fonctionne comme une pompe à électrons. Il va forcer les électrons à circuler dans l'autre sens. L'accumulateur devient alors un récepteur.

 - III-4- Ecrire la réaction des ions Pb^{2+} qui capte les électrons pour reformer du plomb.
 - III-5- Equilibrer la réaction de la reconstitution de l'oxyde du plomb PbO_2 .
 - III-6- Repérer la cathode et l'anode de la batterie.
- Etude des caractéristiques d'une batterie.

BATTERIE 12V 40AH	Largeur (externe) : 210 mm
Capacité : 40 Ah	Profondeur : 175 mm
Tension batterie : 12 V	Poids : 14.6 kg
Technologie de la batterie : Plomb acide	Température de fonctionnement max. : 50°C
Hauteur, dimension externe : 175 mm	Température d'utilisation min. -20°C

- III-7- On charge cette batterie pendant 6h avec un courant d'intensité constante égale à 7,8A Déterminer la quantité d'électricité Q (Q en Ah puis en coulomb C).
- III-8- La batterie étant initialement complètement déchargée, elle atteint sa charge maximale (sa capacité nominale de 40Ah). Calculer la capacité d'électricité Q_p perdue au cours de cette charge totale. Calculer le rendement faradique $\eta_{\text{faradique}}$ de cette charge. Quelle est la cause de cette perte ?
- III-9- Calculer la masse de Plomb m_{Pb} qui se reforme au cours de cette charge totale ?
Données : $M_{\text{Pb}} = 207,2 \text{ g.mol}^{-1}$, Faraday $1 \text{ F} = 9,65 \cdot 10^4 \text{ C.mol}^{-1}$

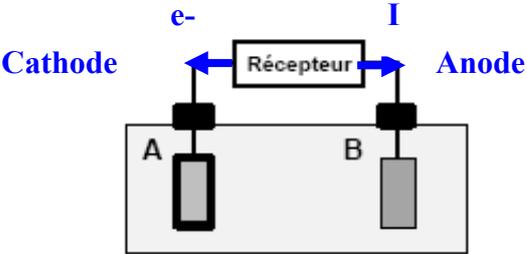
Lors d'un stationnement, les quatre feux de position, ayant chacun une puissance de 8 W, sont restés allumés 24 heures.

- III-10- En supposant que les grandeurs électriques (tension et courant) ne varient pas, calculer le courant $I_{\text{décharge}}$ débité par la batterie, la quantité de courant ($Q_{\text{décharge}}$ en Ah) délivrée par la batterie en 24 h et la valeur de l'énergie ($W_{\text{décharge}}$ en W.h) transférée aux feux de position en 24h.

III-11- Le conducteur pourra-t-il démarrer normalement à son retour ?

III-12- Quelle devrait être la capacité Q' de la batterie pour que cet incident n'entraîne pas une décharge de plus de 50 % de l'accumulateur ?

REPONSES A L'EXERCICE III

III-1-	Equation électrode B : $1 \text{ Pb} = \text{Pb}^{2+} + 2 \text{ e}^-$		
III-2-	Equation électrode A : $1 \text{ PbO}_2 + 4 \text{ H}^+ + 2 \text{ e}^- = 1 \text{ Pb}^{2+} + 2 \text{ H}_2\text{O}$		
III-3-	Porteurs de charges dans l'électrolyte : H^+ et SO_4^{2-}		
			
III-4-	Equation électrode B : $\text{Pb}^{2+} + 2 \text{ e}^- = 1 \text{ Pb}$		
III-5-	Equation électrode A : $1 \text{ Pb}^{2+} + 2 \text{ H}_2\text{O} = 1 \text{ PbO}_2 + 4 \text{ H}^+ + 2 \text{ e}^-$		
III-6-	Charge : Anode électrode A B	Cathode électrode A B	(entourer les réponses exactes)
III-7-	$Q = 46,8 \text{ A.h}$	$Q = 1,7 \cdot 10^5 \text{ C}$	
III-8-	$Q_p = 6,8 \text{ A.h}$	$\eta_{\text{faradique}} = 88 \%$	
	Cause : (entourer la réponse exacte)		
	Effet Joule	Electrolyse de l'eau	Fuite d'électrons Fuite de l'électrolyte
III-9-	Expression littérale : $m_{\text{Pb}} = M_{\text{Pb}} \cdot Q / 2 F$		
	Application numérique : $m_{\text{Pb}} = 182 \text{ g}$		
III-10-	$I_{\text{décharge}} = 2,67 \text{ A}$	$Q_{\text{décharge}} = 64 \text{ A.h}$	$W_{\text{décharge}} = 768 \text{ W.h}$
III-11-	Démarrage normal (justification) : Non car la capacité maximale de la batterie est de 40 A.h. Elle est inférieure à $Q_{\text{décharge}} = 64 \text{ A.h}$; la batterie sera donc complètement déchargée.		
III-12-	$Q' = 128 \text{ A.h}$		

EXERCICE IV

Le potassium est présent dans la nature sous 3 formes : ${}^{39}_{19}\text{K}$ (93,26%) stable, le ${}^{41}_{19}\text{K}$ (6,73%) stable et le ${}^{40}_{19}\text{K}$ (0,012%) radioactif.

Le potassium ${}^{40}_{19}\text{K}$ est le responsable de la majorité de la radioactivité du corps humain.

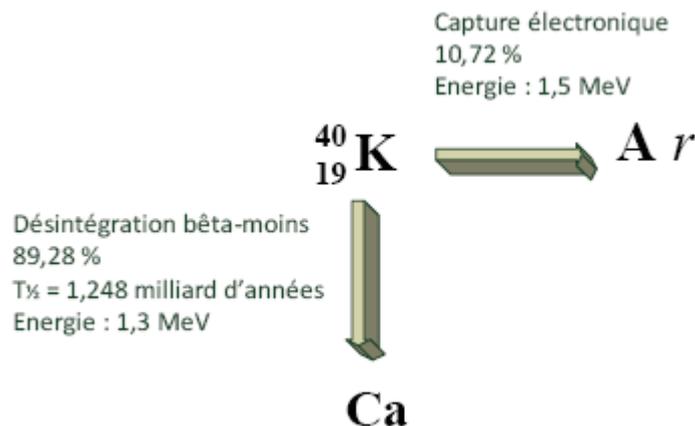
Données : Nombre d'Avogadro $N_A = 6,02 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$
 Masse molaire du potassium $M_K = 39,1 \text{ g.mol}^{-1}$.

IV-1- Comment nomme t-on ces éléments chimiques comme le ${}^{39}_{19}\text{K}$ et le ${}^{40}_{19}\text{K}$ ayant le même nombre de masse ?

IV-2- Donner les nombres de protons, de neutrons et de nucléons du potassium ${}^{40}_{19}\text{K}$.

IV-3- Sachant que la masse de potassium dans le corps humain vaut environ $m_K = 170 \text{ g}$, calculer le nombre d'atome de potassium radioactif $N_{K \text{ radio}}$ dans un corps humain ?

Le potassium 40 se désintègre selon 2 manières : soit par désintégration bêta-moins, soit par capture électronique.



IV-4- Que signifie l'information « $T_{1/2} = 1,248$ milliard d'années » ?

IV-5- Déterminer les nombres A et Z du Calcium produit par la désintégration bêta-moins

d'équation : ${}^{40}_{19}\text{K} \rightarrow e^{-} + {}^A_Z\text{Ca}$

La radioactivité β^- est absorbée par les tissus du corps humain ; 5 mm de tissus (muscle, peau) diminue le rayonnement de moitié.

IV-6- On estime à 5000 Bq l'activité β^- du potassium. Calculer l'activité encore présente après l'absorption par 2 cm de tissus humain.

IV-7- A 5 mm près, quelle épaisseur de peau absorbera 99 % des 5000 Bq ?

Dans 10,72 % des cas, le potassium ${}^{40}_{19}\text{K}$ capte un électron pour donner de l'argon.

IV-8- Déterminer les nombres A' et Z' de l'Argon produit par cette captation électronique d'équation : $e^{-} + {}^{40}_{19}\text{K} \rightarrow {}^{A'}_{Z'}\text{Ar} + \gamma$.

IV-9- Définir le rayonnement γ .

IV-10- En comparant la distance de demi-absorption de ce rayonnement par rapport à celui du rayonnement bêta-moins précédant, quelle est la distance de demi-absorption du rayonnement γ par les tissus humains ?

IV-11- En plaçant un compteur radioactif sur la peau, celui-ci mesurera une majorité de rayonnement bêta-moins ou une majorité de rayonnement gamma ? Explication.

REPONSES A L'EXERCICE IV

IV-1-	Nom : Isotopes			
IV-2-	Nombre de protons : 19			
	Nombre de neutrons : 21			
	Nombre de nucléons : 40			
IV-3-	Expression littérale : $N_{K \text{ radio}} = (0,012/100) m_K N_A / M_K$			
	Application numérique : $N_{K \text{ radio}} = 3,14 \cdot 10^{20}$ atomes			
IV-4-	Signification : C'est la durée de demi-vie, c'est-à-dire le temps nécessaire pour que l'activité soit divisée par 2.			
IV-5-	A = 40	Z = 20		
IV-6-	Activité = 312 Bq	IV-7-	Epaisseur = 3,5 cm	
IV-8-	A' = 40	Z' = 18		
IV-9-	Le rayonnement γ : Onde électromagnétique (photon) de haute énergie			
IV-10-	$1 \mu m$	$1 mm$	$5 mm$	$1 cm$ $10 cm$
	(entourer la réponse exacte)			
IV-11-	β - majoritaire	γ majoritaire	(entourer la réponse exacte)	
	Explication : Les rayonnements β- sont arrêtés très majoritairement par les tissus humains alors que les rayonnements γ ne seront que peu absorbés.			