

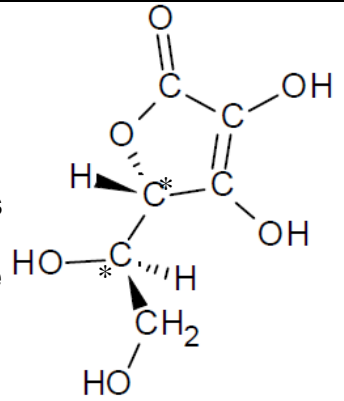
1. Étude de la molécule d'acide ascorbique

1.1. Groupe (a) : famille des esters ; groupe (b) famille des alcools.

1.2.1. Un atome de carbone asymétrique est lié à quatre substituants différents.

Ainsi, la molécule de vitamine C possède deux atomes de carbone asymétriques repérés par un astérisque ci-contre.

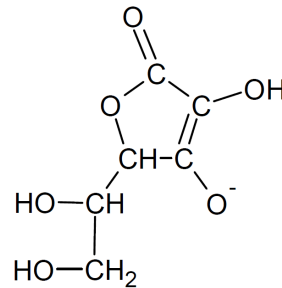
1.2.2. Les **représentations 1 et 2** sont images l'une de l'autre dans un miroir plan et sont non superposables : elles forment un couple d'**énantiomères**.



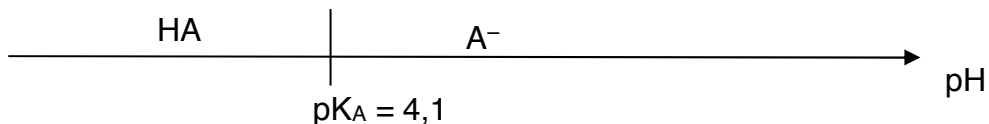
Seule la configuration d'un carbone asymétrique change entre les représentations 2 et 3 : ce sont des diastéreoisomères (stéréoisomères qui ne sont pas énantiomères : même enchaînement d'atomes, représentations spatiales différentes mais ne sont pas images l'une de l'autre dans un miroir).

De même, les représentations 1 et 3 sont des diastéreoisomères (c'est la configuration de l'autre C* qui change).

1.3. Pour déterminer la formule de l'ion ascorbate, base conjuguée de l'acide ascorbique, il faut enlever le proton H⁺ responsable de l'acidité (voir énoncé) :



1.4. Diagramme de prédominance du couple acide ascorbique HA / ion ascorbate A⁻ :



Ainsi, sur la langue ($5,5 < \text{pH} < 6,1$), c'est l'ion ascorbate qui prédomine. Dans l'estomac ($\text{pH} \approx 1,5$), c'est l'acide ascorbique qui prédomine.

2. Vérification de la masse d'acide ascorbique dans un comprimé

2.1. Il s'agit du protocole d'une dissolution :

- Dans un mortier, broyer un comprimé de vitamine C.
- À l'aide d'un entonnoir, verser la poudre dans une fiole jaugée de 200,0 mL.
- Rincer le mortier et l'entonnoir à l'eau distillée et récupérer les eaux de rinçage pour n'avoir aucune perte.
- Verser de l'eau distillée jusqu'aux 2/3 du trait de jauge, boucher et agiter jusqu'à dissolution complète.
- Compléter la fiole jaugée jusqu'au trait de jauge.
- Boucher et agiter.

À retrouver en animation à cette adresse :

http://www.spc.ac-aix-marseille.fr/phy_chi/Menu/Activites_pedagogiques/cap_exp/animations/dissolution.html

2.2. Le réactif titré est l'acide ascorbique HA (acide), le réactif titrant est HO⁻ (base présente dans la solution d'hydroxyde de sodium).

L'équation de la réaction acido-basique support de titrage est : HA_(aq) + HO⁻_(aq) → A⁻_(aq) + H₂O_(l)

2.3. À l'équivalence, le réactif titré HA et le réactif titrant HO⁻ ont été introduits dans les proportions stoechiométriques de l'équation de titrage, soit : $\frac{n(\text{HA})_{\text{titré}}}{1} = \frac{n(\text{HO}^-)_{\text{versé}}}{1}$

Le volume V = 200 mL de solution A contient un comprimé entier d'acide ascorbique HA soit une masse m(HA)_{dissous}, donc le volume V_A = 20,0 mL = $\frac{V}{10}$ de solution titrée contient

$$\frac{m(\text{HA})_{\text{dissous}}}{10}$$

$$\text{Ainsi } n(\text{HA})_{\text{titré}} = \frac{\frac{m(\text{HA})_{\text{dissous}}}{10}}{M(\text{HA})} = \frac{m(\text{HA})_{\text{dissous}}}{10 \cdot M(\text{HA})}$$

$$\frac{m(\text{HA})_{\text{dissous}}}{10 \cdot M(\text{HA})} = n(\text{HO}^-)_{\text{versé}}$$

$$\frac{m(\text{HA})_{\text{dissous}}}{10 \cdot M(\text{HA})} = C_B \cdot V_E$$

$$\text{Finalement : } V_E = \frac{m(\text{HA})_{\text{dissous}}}{10 \cdot M(\text{HA}) \cdot C_B}$$

L'emballage indique la masse d'acide ascorbique m(HA) = 250 mg.

$$V_E = \frac{250 \times 10^{-3}}{10 \times 176,1 \times 0,100} = 1,42 \times 10^{-3} \text{ L} = 1,42 \text{ mL, ce volume versé à l'équivalence est trop faible.}$$

La solution d'hydroxyde de sodium de concentration molaire C_B = 0,100 mol.L⁻¹ ne convient pas.

Pour augmenter V_E, il faut diminuer C_B (avec m et M constantes). La solution disponible au laboratoire est trop concentrée.

Pour obtenir un volume équivalent de l'ordre de V_E ≈ 10 mL, il faut diluer la solution titrante environ d'un facteur 10. Alors V_E sera égal à 14,2 mL.

(On peut remarquer ensuite qu'à la question 2.5., C_B = 1,50 × 10⁻² mol.L⁻¹ elle a été divisée par environ 7).

2.4. Avant l'équivalence : À chaque fois qu'une molécule AH est consommée par un ion HO⁻, un ion spectateur Na⁺ est ajouté au milieu réactionnel et un ion A⁻ se forme.

La solution devient de plus en plus concentrée en ions, sa conductivité augmente.

On obtient une droite de pente positive.

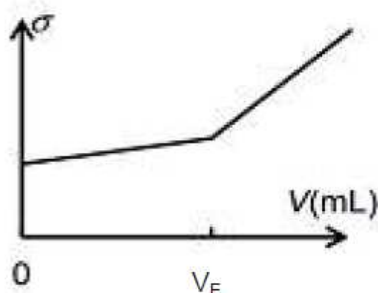
Au-delà de l'équivalence : Il n'y a plus de molécules HA. La concentration en ion HO⁻ et Na⁺ augmente après chaque ajout (et celle de A⁻ ne varie pas) donc la conductivité augmente.

On obtient une droite de pente positive.

Cependant, avant l'équivalence, l'augmentation de conductivité est due à Na⁺ et A⁻ tandis qu'après l'équivalence, l'augmentation de conductivité est due à Na⁺ et HO⁻.

Comme les ions OH⁻ conduisent mieux le courant que les ions A⁻ (λ(HO⁻) > λ(A⁻)), la pente de la droite est encore plus élevée.

La courbe 2 correspond à ce titrage.



$$2.5.1. \frac{U(m_{\text{exp}})}{m_{\text{exp}}} = \sqrt{\left(\frac{U(V_E)}{V_E}\right)^2 + \left(\frac{U(C_B)}{C_B}\right)^2}$$

$$\frac{U(m_{\text{exp}})}{m_{\text{exp}}} = \sqrt{\left(\frac{0,2}{9,1}\right)^2 + \left(\frac{0,02}{1,50}\right)^2} = 0,0257 \approx 2,6 \%$$

2.5.2. L'incertitude vaut $U(m_{\text{exp}}) = 0,0257 \times m_{\text{exp}} = 0,0257 \times 245 = 6,298 \text{ mg} \approx 7 \text{ mg}$

(En général pour l'incertitude on ne conserve qu'un seul chiffre significatif et on arrondit par excès) donc $m_{\text{exp}} = 245 \pm 7 \text{ mg}$

Ce résultat est bien conforme à l'indication du fabricant (250 mg) car celle-ci est comprise dans l'intervalle de confiance [238 ; 252]

Rq : 2 CS sont tolérés sur la valeur d'une incertitude mais ici la valeur de m_{exp} est précise au mg près donc on ne peut pas écrire $m_{\text{exp}} = 245 \pm 6,3 \text{ mg}$ car l'incertitude serait plus précise que la valeur de m_{exp} .

L'écart peut s'expliquer par plusieurs sources d'erreurs possibles :

- Perte de solide lors du broyage dans le mortier et du transvasement dans la fiole jaugée,
- Trait de jauge de la fiole jaugée mal repéré,
- Erreur sur la concentration C_B de la solution titrante,
- Erreur lors du prélèvement V_A (2 traits de jauge)
- Imprécision lors de la détermination du volume équivalent V_E .

3. Vérification de la masse d'ion ascorbate dans un comprimé

3.1. L'ion ascorbate étant une base, on peut réaliser un titrage avec un acide fort : seul l'acide chlorhydrique peut être utilisé comme réactif titrant ici.

3.2. La quantité d'ion ascorbate est $n(A^-) = \frac{m(A^-)}{M(A^-)} = \frac{m(\text{NaA})}{M(\text{NaA})}$

$$n(A^-) = \frac{285 \times 10^{-3}}{198,1} = 1,44 \times 10^{-3} \text{ mol d'ions ascorbate}$$

Dans l'estomac, l'ion ascorbate se transforme en acide ascorbique donc une mole d'ions ascorbate conduit à la formation d'une mole d'acide ascorbique : $n(A^-) = n(\text{HA})$

Soit une masse d'acide ascorbique $m(\text{HA}) = n(A^-) \cdot M(\text{HA})$

$$m(\text{HA}) = \frac{285 \times 10^{-3}}{198,1} \times 176,1 = 0,253 \text{ g} = 253 \text{ mg}$$

En rajoutant cette masse à celle de l'acide ascorbique déjà présente dans un comprimé, on arrive bien à (environ) 500 mg d'acide ascorbique.

3.3. Cette formulation de la vitamine C présente l'avantage d'être moins acide donc moins agressive pour l'organisme qu'un comprimé contenant directement 500 mg d'acide ascorbique.

Rq : cette formulation est dite « tamponnée » car elle présente les propriétés d'une solution tampon : faible variation du pH lors d'ajout modéré d'acide ou de base ou par dilution.

On peut d'ailleurs estimer que comme $[\text{HA}] \approx [\text{A}^-]$, le pH de la solution A est proche du pK_A du couple soit 4,1.

Bac S 2015 Pondichéry
Exercice II : TRANSFERT THERMIQUE LORS DU CHAUFFAGE D'UNE PISCINE (6 points)

1. Fonctionnement global de la pompe à chaleur

1.1. D'après le schéma de la figure 1 :

- les **énergies reçues** par le fluide de la PAC sont Q_f et W_e ;
- l'**énergie cédée** par le fluide de la PAC est Q_c .

1.2. Au cours d'un cycle du système {fluide frigorigène} de la PAC, la variation d'énergie interne est nulle : $\Delta U_{\{\text{fluide PAC}\}} = 0$. Ainsi, la somme des énergies reçues par le système est égale à l'énergie cédée soit :

$$Q_f + W_e = Q_c$$

Remarque : par convention, les énergies reçues par un système sont comptées positivement et celles cédées par le système sont comptées négativement. Pour le fluide la PAC, on aurait alors : $Q_f > 0$, $W_e > 0$ et $Q_c < 0$. La relation $\Delta U_{\{\text{fluide PAC}\}} = 0$ conduirait alors à : $Q_f + W_e + Q_c = 0$ soit $Q_f + W_e = -Q_c$ avec $Q_c < 0$. Dans l'exercice, il est indiqué que les grandeurs Q_f , Q_c et W_e sont positives : il faudrait donc écrire $Q_f + W_e - Q_c = 0$ pour obtenir la relation $Q_f + W_e = Q_c$.

2. Etude du fluide frigorigène

2.1. La figure 2 montre que le fluide frigorigène passe de l'état liquide à l'état gazeux lors de son passage dans le vaporisateur. Le changement d'état du fluide est appelé **ébullition** ou **vaporisation**.

Lors de ce changement d'état, **le fluide frigorigène a reçu de l'énergie** car l'air extérieur s'est refroidi.

2.2. Le fluide de la PAC circule dans des tuyaux sans jamais être en contact direct avec l'air extérieur. Le fluide transfère de l'énergie par conduction aux tuyaux qui suivant le même mode la transfèrent à l'air extérieur. Ainsi, parmi les modes de transfert thermique (conduction, convection et rayonnement), le mode de transfert thermique mis en jeu est la **conduction**.

3. Chauffage de l'eau du bassin d'une piscine

3.1. La variation d'énergie interne de l'eau est :

$$\Delta U_{\{\text{eau}\}} = m_{\text{eau}} \cdot c_{\text{eau}} \cdot \Delta\theta$$

$$\Delta U_{\{\text{eau}\}} = \rho_{\text{eau}} \cdot V \cdot c_{\text{eau}} \cdot \Delta\theta$$

soit : $\Delta U_{\{\text{eau}\}} = 1000 \times 560 \times 4,18 \times 10^3 \times (28 - 17) = 2,6 \times 10^{10} \text{ J}$.

Le transfert thermique Q_c sert intégralement à chauffer l'eau de la piscine donc :

$$Q_c = \Delta U_{\{\text{eau}\}} = 2,6 \times 10^{10} \text{ J}$$

3.2. Le fluide a reçu W_e de la part du réseau électrique et Q_f de la part de l'air extérieur. Il a cédé Q_c à l'eau du bassin.

On a : $Q_f + W_e = Q_c$ donc $Q_f = Q_c - W_e$

L'air extérieur a transféré $Q_f = 2,6 \times 10^{10} - 8,0 \times 10^9 = 1,8 \times 10^{10} \text{ J}$.

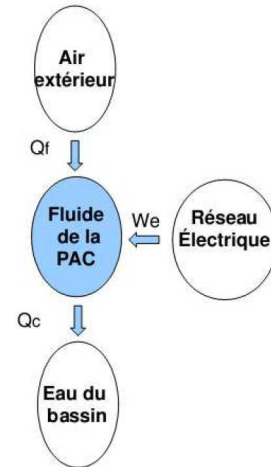
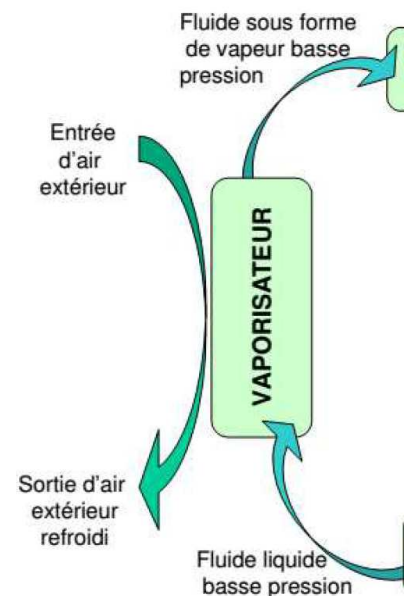


Figure 1. Schéma énergétique de la pompe à chaleur d'une piscine



3.3. Le coefficient de performance η est défini par la relation: $\eta = \frac{\text{énergie utile}}{\text{énergie dépensée}}$.

L'énergie utile est Q_C et l'énergie dépensée est W_e donc : $\eta = \frac{Q_C}{W_e}$

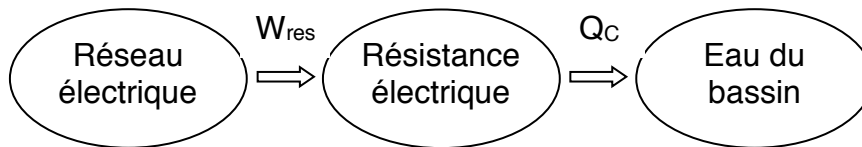
soit $\eta = \frac{2,6 \times 10^{10}}{8,0 \times 10^9} = 3,2$

Calcul effectué avec Q_C non arrondie.

La valeur de η est bien comprise entre 2,5 et 5 comme l'indique l'énoncé.

4. Enjeux énergétiques

4.1. Dans le cas d'un chauffage direct par une résistance électrique qui consommerait l'énergie électrique W_{res} pour fournir le transfert thermique Q_C , on aurait le schéma énergétique suivant :



Dans le meilleur des cas, si $\Delta U_{res} = 0$ alors : $W_{res} = Q_C$.

Pour une PAC avec $\eta = 3$ on aurait : $\eta = \frac{Q_C}{W_e} = 3,0$ soit $W_e = \frac{Q_C}{3,0} = \frac{W_{res}}{3,0}$.

Ainsi l'énergie électrique W_e consommée avec la PAC est égale au tiers soit 33 % de l'énergie W_{res} consommée par la résistance électrique. On réalise donc bien une économie de 67 % sur la facture en énergie électrique en utilisant une PAC.

4.2. Les systèmes de chauffages classiques par résistance électrique sont énergivores. Les PAC sont des alternatives intéressantes à ces systèmes de chauffage. En effet, pour un même transfert thermique, elles permettent une économie d'énergie électrique importante grâce à leur coefficient de performance élevé.

Pour leur fonctionnement, en plus d'une source d'énergie électrique, les PAC utilisent l'air extérieur comme source d'énergie thermique renouvelable et disponible gratuitement. Pour toutes ces raisons, l'Ademe encourage l'utilisation des PAC comme système de chauffage.

Exercice III. LES ONDES AU SERVICE DE LA VOITURE DU FUTUR (5 points)

1. Propriétés de quelques capteurs présents dans la voiture autonome

1.1. Le sujet précise « Le radar utilise des ondes radio. Le sonar utilise des ultrasons tandis que le laser d'un LIDAR émet des impulsions allant de l'ultra-violet à l'infrarouge. »

Capteur	Type d'onde utilisée par le capteur : mécanique / électromagnétique	Points forts	Points faibles
Radar	Électromagnétique	Longue portée, robustesse face aux conditions météorologiques, bonne performance de détection.	Pollution électromagnétique, coût relativement élevé, encombrement, interférences électromagnétiques.
Capteurs à ultrasons	Mécanique	Réalisation simple, coût abordable traitement simple des données.	Précision de détection sujette à la température, sensibilité aux conditions météorologiques.
Capteur laser (LIDAR)	Électromagnétique	Longue portée, grande précision, bonne résolution, coût accessible.	Dérèglements fréquents, grande sensibilité aux conditions météorologiques, interférences.

1.2. Le capteur radar de l'ACC émet des ondes électromagnétiques de fréquence f comprise entre 76 GHz et 77 GHz.

$$\lambda = \frac{c}{f}$$

$$\lambda = \frac{3,0 \times 10^8}{76 \times 10^9} = 3,9 \times 10^{-3} \text{ m} = 3,9 \text{ mm}$$

$2,7 \leq \lambda \leq 4,0 \text{ mm}$ donc les ondes radio utilisées appartiennent à la **bande W**.

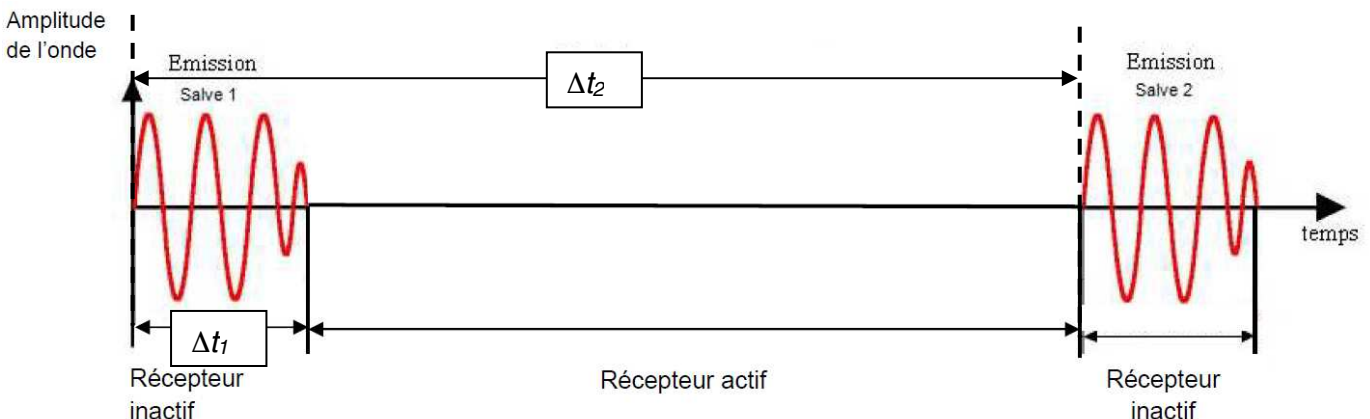
1.3. La vitesse relative (différence de vitesse) entre la voiture équipée du système ACC et un objet peut être calculée par le biais de l'effet Doppler.

Si l'objet se rapproche de l'émetteur, la fréquence de l'onde réfléchi **est plus élevée**.

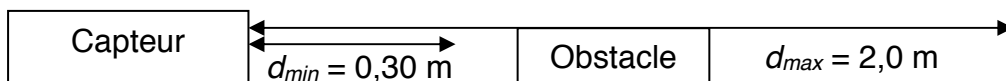
Si l'objet s'éloigne de l'émetteur, la fréquence de l'onde réfléchi **est plus faible**.

2. Plage de détection d'un obstacle pour le « radar de recul »

2.1.



2.2.



2.3. Entre son émission et sa réception, l'onde ultrasonore parcourt la distance $d = 2d_{min}$ en une durée Δt .

$$v = \frac{d}{\Delta t} \text{ donc } \Delta t = \frac{2d_{min}}{v}$$

$$\Delta t = \frac{2 \times 0,30}{343} = 1,7 \times 10^{-3} \text{ s} = \mathbf{1,7 \text{ ms}} = \Delta t_1$$

2.4. Si la durée que met l'onde émise pour revenir au capteur est inférieure à Δt_1 , alors le capteur ne peut pas fonctionner correctement en récepteur car il n'a pas fini de fonctionner en émetteur.

2.5. Pour que le capteur puisse détecter un obstacle situé à une distance inférieure à d_{min} , il faut réduire la durée d'émission Δt_1 , ainsi lorsque l'onde réfléchié revient vers le capteur celui-ci aura fini d'émettre.

$$\mathbf{2.6.} \quad v = \frac{2d_{max}}{\Delta t} \text{ ainsi } \Delta t = \frac{2d_{max}}{v}$$

$$\Delta t = \frac{2 \times 2,0}{343} = 1,2 \times 10^{-2} \text{ s} = \mathbf{12 \text{ ms}} = \Delta t_2$$

La portée maximale du capteur est liée à la durée entre deux émissions de salves ultrasonores successives.

3. Les obstacles que doit détecter la voiture autonome sont situés à des distances différentes. Chaque dispositif est adapté à un intervalle de distances. Ainsi le radar et le lidar sont adaptés à des longues portées tandis que le capteur à ultrasons convient pour de plus faibles distances.

De plus les obstacles peuvent avoir des vitesses par rapport au véhicule très différentes. Le radar fonctionnant sur le principe de l'effet Doppler, il est adapté pour des différences de vitesse assez grandes entre le véhicule et l'obstacle. Alors que pour le capteur à ultrasons les différences de vitesse doivent être faibles.

REMARQUE : IL EST POSSIBLE D'OBTENIR UNE EXCELLENTE NOTE sans avoir pensé à toutes les subtilités présentées dans ce corrigé. On attend simplement une démarche raisonnée, répondant à la problématique en tenant compte des contraintes du sujet (alimentation de moteurs et recharge des batteries).

Le dimensionnement des ressources énergétiques est satisfaisant à deux conditions :

- l'énergie produite par les cellules photovoltaïques dans la journée doit permettre :
 - le fonctionnement des moteurs,
 - la charge des batteries.
- l'autonomie de nuit est assurée par les batteries.

Les calculs peuvent être menés en W.h (ou en J).

Énergie disponible de jour :

- Surface des cellules :
17000 cellules de 12,5 cm × 12,5 cm = 17000 × 0,125 × 0,125 = 266 m² de cellules.
- Énergie reçue par 1 m² de cellules en 24 heures :
« une surface horizontale de 1 m² reçoit de la part du Soleil une puissance moyenne calculée sur 24 heures égale à 250 W »
250 × 24 = 6000 W.h.

(On peut aussi considérer que les cellules reçoivent une puissance moyenne de 500 W sur 12 heures. Ce qui revient au même.)

- Énergie reçue par l'ensemble des cellules en 24 heures :
6000 × 266 = 1,59 × 10⁶ W.h.
- Compte tenu du rendement, l'énergie disponible est de :
1,59 × 10⁶ × 0,23 = **3,7 × 10⁵ W.h**

Énergie disponible de nuit :

- Capacité de stockage des batteries :
633 kg de batteries d'une densité énergétique de 260 W.h.kg⁻¹ :
633 × 260 = **1,64 × 10⁵ W.h**
- Énergie disponible de nuit :
 - **1,64 × 10⁵ W.h** si les batteries sont complètement chargées.
 - **Moins de 1,64 × 10⁵ W.h** si l'avion n'a pas disposé d'une énergie suffisante pour les charger complètement.

Bilans énergétiques durant le voyage:

- En l'absence de données, la durée de la nuit et celle du jour seront prises égales à 12 h.
- On suppose que l'avion décolle avec des batteries chargées.

1^{er} jour de voyage : départ à l'aube

- Durant la journée (12 heures), la seule consommation d'énergie est due aux moteurs :
Énergie utilisée par les moteurs = Puissance des moteurs (W) × Durée (h)
Énergie utilisée par les moteurs = 15 × 736 × 12 = **1,32 × 10⁵ W.h** < 3,7 × 10⁵ W.h

Donc les panneaux solaires apportent assez d'énergie en journée.

- Durant la nuit (12 heures) :

Énergie utilisée par les moteurs = 15 × 736 × 12 = **1,32 × 10⁵ W.h** < 1,64 × 10⁵ W.h

Donc les batteries contiennent assez d'énergie pour alimenter les moteurs en l'absence de lumière.

2^{ème} jour de voyage :

- À l'aube, les batteries sont en partie déchargées, elles stockent encore :
 $1,64 \times 10^5 - 1,32 \times 10^5 = 0,32 \times 10^5 \text{ W.h}$
- Durant la journée (12 heures) :
 - L'énergie produite : $3,7 \times 10^5 \text{ W.h}$ comme chaque jour.
 - La consommation d'énergie provenant des moteurs :
Comme le jour précédent : $15 \times 736 \times 12 = 1,32 \times 10^5 \text{ W.h} < 3,7 \times 10^5 \text{ W.h}$
 - L'énergie disponible pour la charge des batteries :
Énergie produite – Énergie consommée par les moteurs
 $3,7 \times 10^5 - 1,32 \times 10^5 = 2,4 \times 10^5 \text{ W.h} > 1,64 \times 10^5 \text{ W.h}$
Les batteries sont complètement rechargées pour la nuit à venir.

Etc. Il n'y a aucun obstacle à poursuivre le voyage.

Le nombre de cellules photovoltaïques sur Solar Impulse 2 et la capacité de stockage des batteries sont suffisants pour lui permettre une autonomie de 24 heures.

Remarque n°1

Si la puissance des moteurs atteint sa valeur maximale de 70 CV, alors l'énergie utilisée vaut :

- Pour la journée = $70 \times 736 \times 12 = 6,2 \times 10^5 \text{ W.h} > 3,7 \times 10^5 \text{ W.h}$
- Pour la nuit = $70 \times 736 \times 12 = 6,2 \times 10^5 \text{ W.h} > 1,64 \times 10^5 \text{ W.h}$

Les pilotes doivent donc gérer la puissance des moteurs avec discernement.

Remarque n°2

Les deux conditions sont d'autant mieux respectées que Solar Impulse 2 dispose d'une marge de sécurité. En effet :

- on peut compter sur une énergie disponible supérieure car la puissance fournie par le Soleil en altitude est supérieure à celle fournie au sol,
- Solar Impulse 2 effectue son tour du monde au printemps, dans l'hémisphère nord : la durée des nuits est donc inférieure à 12 h et l'autonomie de nuit est plus largement assurée.

Remarque n°3

La charge des batteries s'accompagne de pertes énergétiques (dégagement de chaleur) mais l'énergie disponible pour la charge ($2,4 \times 10^5 \text{ W.h}$) est très supérieure à leur capacité maximale. On peut donc être assuré d'un stockage suffisant d'énergie pour la nuit à venir.

Remarque n°4

Avec des batteries déchargées au décollage, le voyage reste possible s'il décolle à l'aube :

- Énergie disponible sur la journée : $3,7 \times 10^5 \text{ W.h}$ dont :
 - $1,32 \times 10^5 \text{ W.h}$ pour le fonctionnement des moteurs dans la journée
 - $2,38 \times 10^5 \text{ W.h} > 1,64 \times 10^5 \text{ W.h}$ pour la recharge des batteries

Néanmoins, la puissance requise au décollage est importante et nécessite probablement un apport énergétique supplémentaire provenant des batteries.

Remarque n°5

Un départ en fin de journée ne modifie pas le raisonnement puisque les batteries stockent une énergie suffisante pour assurer l'autonomie de nuit.