



Baccalauréat STI2D et STL

SPCL

Epreuve de sciences physiques

Session septembre 2014
Antilles - Guyane

26/11/2014
www.udppc.asso.fr

Correction

LES EXPLOITATIONS AGRICOLES PIONNIERES DANS LES ÉNERGIES RENOUVELABLES ET LES NOUVELLES TECHNOLOGIES

De plus en plus d'exploitants agricoles ont la volonté de développer leur production d'énergie pour diversifier et accroître leurs revenus. C'est pourquoi des solutions innovantes et adaptées existent pour chaque exploitation.

Vous êtes élève en classe de terminale et la société agricole voisine vous demande quelques renseignements sur la faisabilité de ses projets. Il s'agit donc, pour vous, d'étudier les projets suivants :

PROJET A : PRODUCTION D'ÉNERGIE

A.1 - Production d'électricité d'origine photovoltaïque.

A.2 - Production de méthane pour le chauffage des bâtiments agricoles.

PROJET B : DES NOUVELLES TECHNOLOGIES AU SERVICE DE L'AGRICULTURE

B.1 - Étude du dispositif de captage de niveau dans le digesteur.

B.2 - Équipement d'un tracteur d'un système de guidage automatique.

PROJET C : ACQUISITION D'UN VÉHICULE ÉLECTRIQUE UTILITAIRE

PROJET A : PRODUCTION D'ÉNERGIE.

A.1. Pose de panneaux solaires photovoltaïques

A.1.1. La toiture pourrait être couverte par 550 panneaux solaires de 0,90 m² chacun dont les caractéristiques techniques sont données dans le **document 1 page 4/16**.

A.1.1.a) Pour un panneau solaire (**document 1 page 4/16**), montrer que les 3 premières indications du document 1 sont cohérentes entre elles.

Caractéristiques électriques		
Puissance maximale	$P_{max} =$	120 W
Tension à la puissance maximale :	$U =$	33,7 V
Courant à la puissance maximale :	$I =$	3,56 A
Puissance minimale garantie :	$P_{min} =$	110 W
Courant de court-circuit :	$I_{cc} =$	3,8 A
Tension en circuit ouvert :	$U_{co} =$	42,1 V
Ces données caractérisent la performance des modules types mesurées dans les Conditions d'Essai Standard (STD) :		
-	éclairage énergétique :	1 kW.m ⁻²
-	température de la cellule :	25°C

$P_{max} = U \times I = 33,7 \times 3,56 = 120 \text{ W}$, on retrouve bien la valeur indiquée dans le tableau.

A.1.1.b) Pour un ensoleillement maximal correspondant à une puissance solaire reçue de 1000 W.m⁻², donner la puissance électrique fournie par 1 panneau de surface 0,90 m², puis par 550 panneaux.

Les valeurs indiquées dans le tableau sont pour un panneau de surface 0,90 m², et une puissance solaire reçue de 1000 W.m⁻². D'après le tableau, la puissance minimale garantie fournie par un panneau est : $P_{panneau} = 120 \text{ W}$

La puissance minimale fournie par 550 panneaux est donc : $P = 550 \times 120 = 6,60.10^4 \text{ W} = 66,0 \text{ kW}$.

A.1.2. Influence de la position des panneaux

A.1.2.a) En utilisant le **document 2 page 4/16** et en tenant compte de l'inclinaison et de l'orientation de la toiture, déterminer le facteur de correction.

Le panneau est installé sur une toiture exposée sud-ouest et inclinée de 30°. D'après le document, le facteur de correction est de 0,96.

FACTEURS DE CORRECTION POUR UNE INCLINAISON ET UNE ORIENTATION DONNEES				
INCLINAISON \ ORIENTATION	0°	30°	60°	90°
Est	0,93	0,90	0,78	0,55
Sud-Est	0,93	0,96	0,88	0,66
Sud	0,93	1,00	0,91	0,68
Sud-Ouest	0,93	0,96	0,88	0,66
Ouest	0,93	0,90	0,78	0,55

- A.1.2.b)** En déduire la puissance électrique maximale fournie par l'ensemble des 550 panneaux avec les conditions d'orientation et d'inclinaison de la toiture et dans les conditions optimales correspondant à celles données par le constructeur (ensoleillement de 1000 W.m^{-2}).

En tenant compte de ce facteur, ma puissance fournie par les panneaux est donc :

$$P_{\max} = P \times 0,96 = 66,0 \times 0,96 = 63,4 \text{ kW.}$$

- A.1.3.** L'exploitation agricole se situe dans la région Poitou. On raisonnera pour les questions suivantes sur l'ensemble de l'installation photovoltaïque.

- A.1.3.a)** **En utilisant le document 3 page 4/16**, donner un encadrement du nombre d'heures d'ensoleillement annuel dans cette région.

L'exploitation est installée dans le Poitou. D'après le document 3, c'est en zone 3. Il y a donc entre 2000 et 2250 heures d'ensoleillement par an.

- A.1.3.b)** Calculer l'énergie électrique qui serait produite en une année si les conditions d'éclairement étaient toujours optimales (1000 W.m^{-2}) pendant les heures d'ensoleillement. Vous donnerez le résultat sous forme d'encadrement et en kW.h.

On sait que l'énergie se calcule avec la formule s : $E = P \times t$.

Pour obtenir E en kW.h, il faut faire le calcul avec la puissance en kW et le temps en heures.

D'après la question précédente, on a : $2000 \text{ h} < t < 2250 \text{ h}$

$$\text{Donc : } 2000 \times 63,4 < E < 2250 \times 63,4$$

$$1,27.10^5 \text{ kW.h} < E < 1,43.10^5 \text{ kW.h}$$

- A.1.3.c)** En réalité la production électrique attendue est de l'ordre de 70.10^3 kW.h par an. Indiquer la cause principale de la différence entre cette valeur et celle calculée à la question précédente.

Pour faire ce calcul, nous avons pris l'hypothèse que les conditions d'ensoleillement étaient optimales tout le temps. Ce n'est sûrement pas le cas, le panneau n'a pas une puissance de 120 W tout le temps.

- A.1.3.d)** Donner une estimation du revenu financier annuel réalisé par cette installation.

On attend une production de 70.10^3 kW.h par an.

D'après l'introduction de la question A1, EDF achète la production à 0,30 € le kilowatt heure.

$$\text{On peut donc espérer obtenir } 70.10^3 \times 0,30 = 21\ 000 \text{ €}$$

- A.1.3.e)** En combien d'années l'exploitant peut-il espérer rentabiliser son installation sachant que son coût initial est de 300 000 euros ?

$$\frac{300\ 000}{21\ 000} = 14,3 \text{ ans}$$

Si la production électrique reste de l'ordre de 70.10^3 kW.h par an, l'installation devrait être rentabilisée au bout de 15 ans environ.

A.2. Production de méthane pour le chauffage du bâtiment agricole

- A.2.1.** En vous aidant du **document 4 page 7/16**, expliquer pourquoi : « *L'énergie thermique produite à partir de biogaz constitue une source d'énergie renouvelable et propre.* ». Vous citerez deux avantages à cette production d'énergie.

L'énergie produite de cette façon provient en partie de déjections animales ou de déchets agroalimentaires : c'est donc une source renouvelable car ce types de déchets se trouve en quantité importante et sont renouvelés rapidement.

C'est une source propre car elle contribue à la diminution de la production de GES.

Les avantages sont : la diminution des émissions de GES et la diminution des odeurs. On peut également indiquer que l'utilisation des déjections animales pour produire du méthane fait que l'on va en éprendre moins dans les champs et donc diminuer les nuisances auprès des riverains.

- A.2.2.** Le méthane produit servira de combustible à une chaudière à condensation (**document 6 page 8/16**).

- A.2.2.a)** En vous aidant du **document 6 page 8/16**, donner la différence essentielle entre une « chaudière ancienne » et une chaudière à condensation.

Dans une chaudière ancienne, les produits de combustion et les fumées sont directement évacués dans la cheminée.

Dans une chaudière à condensation, on récupère une partie de l'énergie des produits de combustion pour préchauffer l'eau avant de les évacuer dans la cheminée.

- A.2.2.b)** Quelle grandeur du P.C.I. ou du P.C.S. devrait-on associer à une chaudière à condensation ?

On doit associer le PCS à une chaudière à condensation puisqu'on utilise l'énergie produite par condensation. (doc 6)

A.2.3. La combustion :

- A.2.3.a)** Écrire l'équation équilibrée de la combustion complète du méthane CH₄ dans le dioxygène de l'air.



- A.2.3.b)** Calculer la masse molaire moléculaire du méthane.

Données : M_C = 12,0 g.mol⁻¹ ; M_H = 1,0 g.mol⁻¹

$$M_{\text{CH}_4} = M(\text{C}) + 4 \times M(\text{H}) = 12 + 4 \times 1 = 16,0 \text{ g.mol}^{-1}.$$

Dans une chaudière à condensation, différents gaz (CO₂, H₂O et N₂) vont céder leur énergie par refroidissement, puis par condensation. Dans la suite de l'exercice, on voudrait connaître l'énergie produite par le refroidissement de ces gaz et par condensation de l'eau. Pour la suite de l'exercice, on considérera la combustion de 1,00 kg de méthane.

- A.2.3.c)** Calculer la quantité de matière n_{CH₄} correspondant à 1,00 kg de méthane.

$$n_{\text{CH}_4} = \frac{m_{\text{CH}_4}}{M_{\text{CH}_4}} = \frac{1000}{16} = 62,5 \text{ mol}$$

- A.2.3.d)** En déduire que la quantité de matière de dioxyde de carbone produite est de n_{CO₂} = 62,5 mol et que la quantité de matière d'eau formée vaut n_{H₂O} = 125 mol.

D'après l'équation de la question A.2.3.a), 1 mol de méthane produit 1 mol de dioxyde de carbone et 2 moles d'eau.

On a donc : $n_{\text{CO}_2} = 62,5 \text{ mol}$ et $n_{\text{H}_2\text{O}} = 2 \times 62,5 = 125 \text{ mol}$.

A.2.3.e) La quantité de matière de dioxygène consommée lors de la combustion de 1,00 kg de méthane est de $n_{\text{O}_2} = 125 \text{ mol}$.

Lors de la combustion, le dioxygène de l'air est consommé mais pas le diazote N_2 . On considère que l'air est composé en fraction molaire de 20% de O_2 et 80% de N_2 .

Parmi les 4 solutions suivantes, indiquer la quantité de matière n_{N_2} de diazote correspondante :

$n_{\text{N}_2} = 31,2 \text{ mol}$ $n_{\text{N}_2} = 500 \text{ mol}$ $n_{\text{N}_2} = 125 \text{ mol}$ $n_{\text{N}_2} = 62,5 \text{ mol}$

$n_{\text{O}_2} = 125 \text{ mol}$ représente 20% de l'air.

Donc les 80% restant, c'est-à-dire 4 fois plus : $4 \times 125 = 500 \text{ mol}$ représente la quantité de diazote : $n_{\text{N}_2} = 500 \text{ mol}$.

A.2.3.f) En vous aidant des données du document 5 page 7, vérifier la valeur de la masse de dioxyde de carbone formée par la combustion de 1,00 kg de méthane.

La combustion de 1kg de méthane produit $n_{\text{CO}_2} = 62,5 \text{ mol}$ de CO_2 .

La masse molaire du CO_2 est $M_{\text{CO}_2} = 44 \text{ g.mol}^{-1}$.

Donc la masse de dioxyde de carbone produit est $m_{\text{CO}_2} = n_{\text{CO}_2} \times M_{\text{CO}_2}$:

$m_{\text{CO}_2} = 62,5 \times 44 = 2,75 \cdot 10^3 \text{ g}$

Ce résultat est conforme à la valeur indiquée dans le document 5.

A.2.4. Différence de bilan énergétique

A.2.4.a) En vous aidant du document 5 page 7/16, compléter le tableau 1 de la page 16/16 à rendre avec votre copie.

Constituants	Récupération d'énergie	masse (kg)	$C_p \text{ (J.kg}^{-1}\text{K}^{-1}\text{)}$	$\Delta(\theta) \text{ (}^\circ\text{C)}$	$L \text{ (J.kg}^{-1}\text{)}$	E récupérée (J)
CO_2 (gaz)	de 200°C à 55°C	2,75	650	$200 - 55 = 145$		$E = m \cdot C_p \cdot \Delta T = 2,59 \cdot 10^5$
N_2 (gaz)	de 200°C à 55°C	14	730	$200 - 55 = 145$		$E = m \cdot C_p \cdot \Delta T = 1,48 \cdot 10^6$
H_2O (gaz)	de 200°C à 100°C	2,25	1410	$200 - 100 = 100$		$E = m \cdot C_p \cdot \Delta T = 3,17 \cdot 10^5$
H_2O (gaz-Liquide)	à 100°C	2,25			$2,25 \cdot 10^6$	$E = m \cdot L = 5,08 \cdot 10^6$
H_2O (liquide)	de 100°C à 20°C	2,25	4185	$200 - 20 = 80$		$E = m \cdot C_p \cdot \Delta T = 7,53 \cdot 10^5$
					Total en MJ	$7,90 \cdot 10^6 \text{ J}$ Soit 7,90 MJ

A.2.4.b) La valeur totale de l'énergie récupérée permet-elle de justifier les économies présentées dans l'article du document 6 page 8/16 ?

1 kg de méthane produit 50,1 MJ.

On peut récupérer 7,9 MJ avec la chaudière à condensation, soit $\frac{7,9}{50,1} = 0,16 = 16\%$

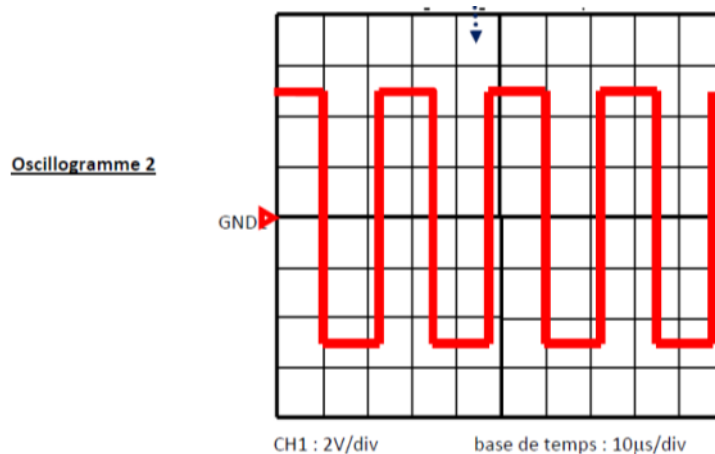
de la combustion.

Cette valeur est inférieure aux « 20 à 35% » du texte du document 6 : tout ne s'explique pas par l'énergie récupérée par la condensation.

PROJET B : DES NOUVELLES TECHNOLOGIES AU SERVICE DE L'AGRICULTURE

B.1. Étude du dispositif de captage de niveau dans le digesteur.

B.1.1. À l'aide de l'**oscillogramme 2** page 11/16, vérifier que l'émetteur ultrasonore est bien alimenté par une fréquence d'environ 40 kHz.



Sur cet oscillogramme, 1 carreau correspond à 10 µs.

On peut voir que 4 périodes T s'étalent sur 9,8 carreaux, soit : $4T = 98 \mu\text{s}$

Donc : $T = 98/4 = 24,5 \mu\text{s}$

La fréquence du signal envoyé à l'émetteur est donc $f = \frac{1}{T} = \frac{1}{24,5 \cdot 10^{-6}} = 40,8 \cdot 10^3 \text{ Hz}$ soit

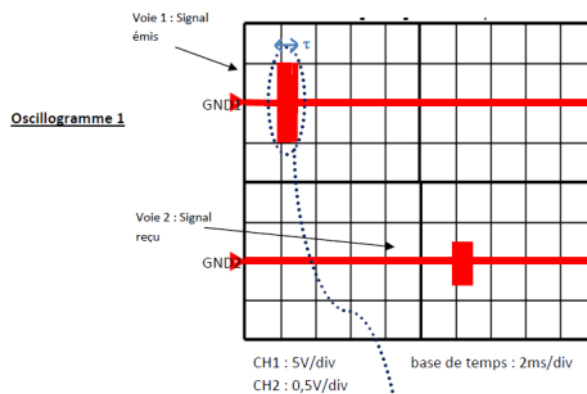
environ 40 kHz (on ne peut de toutes façons pas garder 3 chiffres significatifs vu la faible précision sur la lecture de T).

B.1.2. Justifier, à l'aide de l'**oscillogramme 1** page 11/16, que le signal émis est bien celui de la voie 1 et que le signal reçu est bien celui de la voie 2.

Le signal reçu arrive après le signal émis.

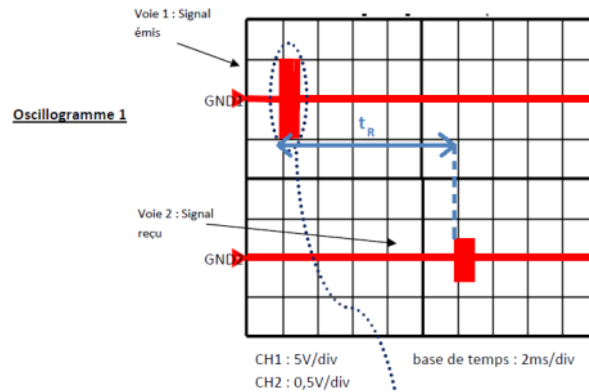
Donc la voie 1 correspond bien au signal émis et la voie 2 au signal reçu.

B.1.3. À l'aide de l'**oscillogramme 1** page 11/16, justifier que la durée τ du train d'ondes d'émission vaut 1 ms.



On peut voir sur cet enregistrement que le train d'onde d'émission a une largeur d'un demi-carreau. La base de temps étant de 2ms/div, la durée du train d'onde est bien de 1 ms.

B.1.4. À l'aide de l'oscillogramme 1 de la page 10/16, calculer le temps de retard t_R .



Sur l'oscillogramme, on observe un écart de 5 carreaux entre le début du signal émis et le début du signal reçu.

La base de temps étant de 2ms/div, cela donne : $t_R = 2 \times 5 = 10 \text{ ms}$

B.1.5. Démontrer que la distance M , entre le capteur et le niveau des déchets organiques, a pour expression :

$$M = \frac{v \times t_R}{2} \text{ où } v \text{ est la vitesse des ultrasons dans l'air.}$$

La distance parcourue par les ultrasons est égale à $2M$, car ils font un aller-retour.

Il leur faut un temps t_R pour parcourir cette distance $2M$ à la vitesse v , on a donc :

$$2M = v \times t_R$$

$$\text{Donc, } M = \frac{v \times t_R}{2}$$

B.1.6. La vitesse des ultrasons dans l'air (à température 50°C) est de $v = 360 \text{ m.s}^{-1}$. Calculer la distance M correspondant au retard t_R de l'oscillogramme 1 page 11/16.

$$M = \frac{v \times t_R}{2} = \frac{360 \times 10 \cdot 10^{-3}}{2} = 1,8 \text{ m}$$

B.1.7. Calculer la température T en kelvin correspondant à $\theta = 50^\circ\text{C}$. On donne la température de fusion de la glace à pression atmosphérique T_{fs} (glace) = 273 K.

$$T = \theta + 273$$

$$\text{Donc, } \theta = 50^\circ\text{C} = 50 + 273 = 323 \text{ K.}$$

B.1.8. Calculer la variation de température ΔT en kelvin correspondant à une variation de température de $\Delta\theta = 10^\circ\text{C}$.

La variation de température en degré est égale à celle en kelvin. Donc, si $\Delta\theta = 10^\circ\text{C}$, $\Delta T = 10 \text{ K}$.

B.1.9. Calculer l'incertitude relative $\frac{\Delta v}{v}$ de la vitesse des ultra-sons dans le gaz.

$$\text{D'après les données, } 2 \cdot \frac{\Delta v}{v} = \frac{\Delta T}{T} \text{ donc : } \frac{\Delta v}{v} = \frac{\Delta T}{2 \times T} = \frac{10}{2 \times 323} = 1,55 \cdot 10^{-2}.$$

B.1.10. Pour la distance $M = 1,80 \text{ m}$, calculer l'incertitude ΔM sur la mesure de la distance. Vous donnerez votre résultat numérique avec un nombre de chiffres significatifs en adéquation avec l'affichage du capteur.

D'après les données : $\frac{\Delta M}{M} = \frac{\Delta v}{v}$, donc $\Delta M = M \times \frac{\Delta v}{v} = 1,80 \times 1,55 \cdot 10^{-2} = 3 \cdot 10^{-2} \text{ m}$

Le capteur a un afficheur qui indique des valeurs au cm près.

B.1.11. Calculer l'incertitude prévue par le constructeur (voir « précision » de la documentation constructeur).

Le fabricant prévoit une incertitude de 0,25% de la plage de mesure + 1 digit.

La plage de mesure est de 8m, on a donc : $8 \times \frac{0,25}{100} = 2 \cdot 10^{-2} \text{ m}$

Le digit correspond à 1cm, soit : $1 \cdot 10^{-2} \text{ m}$

Ce qui fait une incertitude de $1 \cdot 10^{-2} + 2 \cdot 10^{-2} = 3 \cdot 10^{-2} \text{ m}$.

B.2. Équipement d'un tracteur d'un système de guidage automatique

B.2.1. Calculer la longueur d'onde λ associée à la fréquence de 450 MHz.

On donne la célérité des ondes électromagnétiques dans l'air : $c = 3,00 \cdot 10^8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$

$$\lambda = \frac{c}{f} = \frac{3,00 \cdot 10^8}{450 \cdot 10^6} = 6,67 \cdot 10^{-1} \text{ m}$$

B.2.2. Calculer l'énergie d'un photon de fréquence 450 MHz en eV.

On donne la constante de Planck : $h = 6,67 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$

On donne : $1,00 \text{ eV} = 1,60 \cdot 10^{-19} \text{ J}$

$$E = h \times f = 6,67 \cdot 10^{-34} \times 450 \cdot 10^6 = 3,00 \cdot 10^{-25} \text{ J}$$

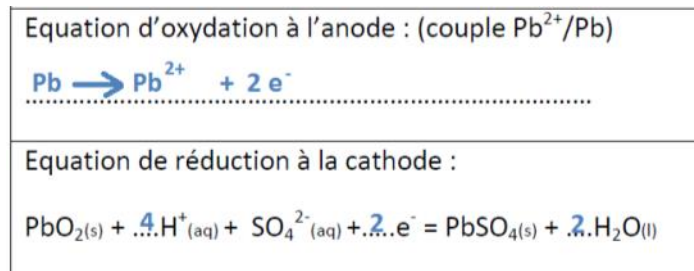
$$\text{Ce qui donne } E = \frac{3,00 \cdot 10^{-25}}{1,60 \cdot 10^{-19}} = 1,88 \cdot 10^{-6} \text{ eV}$$

B.2.3. En utilisant le **document 7 de la page 15/16**, comparer les effets sur les cellules du corps humains des ondes électromagnétiques utilisées dans les téléphones portables et des ondes électromagnétiques de longueurs d'ondes inférieures à 400 nm. On rappelle $1 \text{ nm} = 1 \cdot 10^{-9} \text{ m}$

Dans le document 7, on peut voir que les ondes dont la longueur d'onde est inférieure à 400 nm ont des effets cancérigènes, mutagènes, ... alors que les ondes utilisées dans les téléphones portables ont des effets thermiques.

PROJET C : ACQUISITION D'UN VÉHICULE ÉLECTRIQUE UTILITAIRE

C.1. Compléter le tableau **réponse 2 du document réponse de la page 16/16** concernant les demi-équations de décharge de la batterie au plomb.



C.2. Donner la capacité (ou quantité d'électricité) disponible dans une batterie.

La capacité est indiquée dans le tableau : $C = 85 \text{ A.h}$

C.3. Donner la tension à vide aux bornes d'une batterie puis en déduire la tension aux bornes du pack de 4 batteries montées en série ?

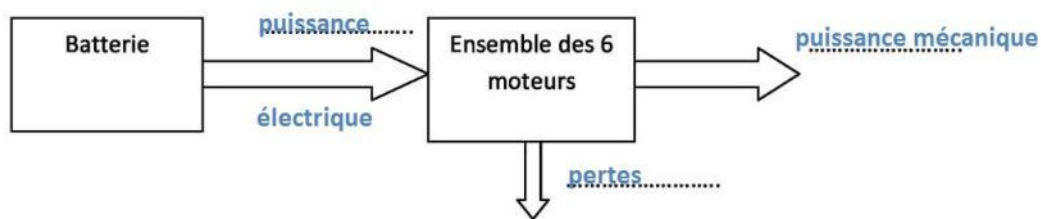
Le tableau indique qu'une batterie a une tension de 12 V à ses bornes, il y a 4 batteries en série, ce qui fait une tension $U = 4 \times 12 = 48 \text{ V}$ aux bornes du pack.

C.4. Calculer l'énergie disponible dans l'ensemble du pack de 4 batteries montées en série.

$$E = U \times C = 48 \times 85 = 4080 \text{ W.h ou } 4,08 \text{ kW.h}$$

C.5. Lorsque le véhicule roule à 10 km/h, la puissance motrice (puissance mécanique) totale est de 4,5 kW. Le rendement de l'ensemble des 6 moteurs électriques est de 82,7 %.

C.5.1. Compléter le **diagramme énergétique de la page 16/16** avec les termes suivants : puissance électrique, pertes, puissance mécanique.



C.5.2. Calculer la puissance nécessaire en sortie de la batterie.

On a besoin d'une puissance mécanique $P_{méca} = 4,5 \text{ kW}$

$$\text{Le rendement est } \eta = \frac{P_{méca}}{P_{élec}} = 0,827.$$

$$\text{On a donc besoin de } P_{élec} = \frac{P_{méca}}{\eta} = 5,4 \text{ kW}$$

C.6. Dans ces conditions, déterminer la durée de décharge de la batterie exprimée en heures.

$$t = \frac{E}{P} = \frac{4080}{5400} = 0,75 \text{ h}$$

C.7. L'autonomie notée dans la documentation ci-dessus est-elle justifiée ?

À la vitesse de 10 km/h, le véhicule pourra rouler pendant 0,75 h.

Il pourra donc parcourir 7,5 km : les indications de la documentation sont largement surestimées.