

BACCALAURÉAT Général
Enseignement de spécialité
Sciences de l'Ingénieur

Corrigé

Prototype « ÉcoDark »

Ce corrigé comporte 16 pages

Question 1.1

Type d'énergie : énergie électrique stockée dans une batterie chargée à partir du réseau électrique.

Exigences :

- vitesse : entre 22 et 50 km/h ;
- pente maximale 10 %.

Affichage :

- énergie consommée en J ou kJ ;
- distance parcourue en m ;
- vitesse en km/h.

Question 1.2

Voir le document réponse DR1

Question 1.3

$$\vec{P} = -P \times \sin(\alpha) \cdot \vec{x}_1 - P \times \cos(\alpha) \cdot \vec{y}_1$$

$$\vec{P} = -120 \times 9,81 \times \sin(1,146^\circ) \cdot \vec{x}_1 - 120 \times 9,81 \times \cos(1,146^\circ) \cdot \vec{y}_1$$

$$\vec{P} = -23,544 \cdot \vec{x}_1 - 1176,96 \cdot \vec{y}_1, \text{ valeurs en N.}$$

Voir le document réponse DR2

Question 1.4

Voir le document réponse DR2

Question 1.5.

$$F_A = \frac{1}{2} \times \rho_{\text{air}} \times S \times C_X \times V_v^2 = \frac{1}{2} \times 1,292 \times 0,25 \times 0,4 \times \left(\frac{22}{3,6}\right)^2 = 2,41 \text{ N}$$

Voir le document réponse DR2

Question 1.6

D'après le tableau la valeur est : $C_{rr} = 0,0025$ (Pneus spéciaux éco-marathon)

$$F_R = n \times C_{rr} \times m \times g = 3 \times 0,0025 \times 120 \times 9,81 = 8,829 \text{ N}$$

Voir le document réponse DR2

Question 1.7

$$-F_R + T_C - P_{x_1} - F_{\text{air} \rightarrow \text{véhicule}} = 0$$

$$T_C = P_{x_1} + F_{\text{air} \rightarrow \text{véhicule}} + F_R \quad T_C = 23,544 + 2,41 + 8,829 = 34,783 \text{ N}$$

On prendra pour la suite la valeur de $T_C = 35 \text{ N}$.

Question 1.8

$$P_m = \frac{T_C \times V_V}{\eta_{gt}} = \frac{35 \times \frac{22}{3,6}}{0,95} = 225,14 \text{ W}$$

Question 1.9

$$\text{pente \%} = \frac{67,5 - 66,75}{816,2 - 769,1} \times 100 = 1,592 \%$$

La pente maximale du circuit réel est inférieure à 2 %. L'hypothèse pour le calcul dynamique est validée.

Question 1.10

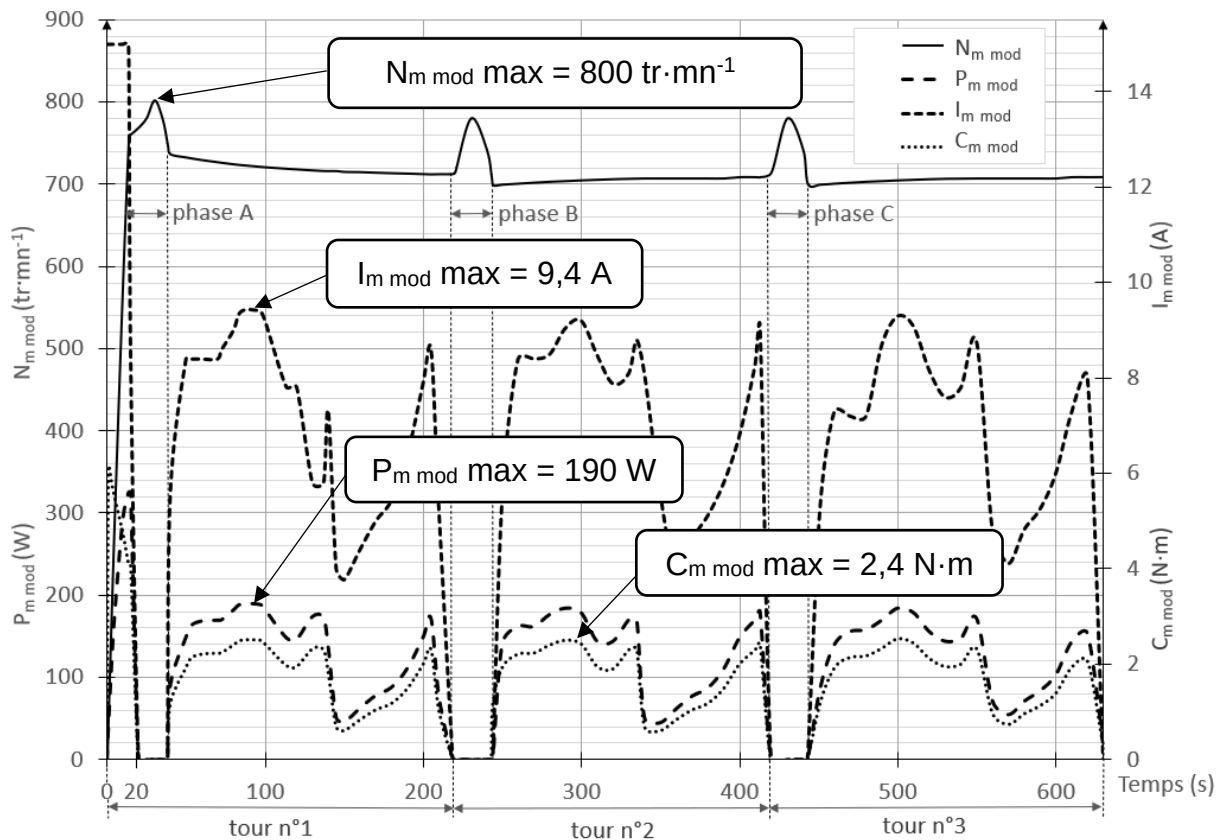
Pour $Z_B = 36$ dents $E = 100 \text{ kJ}$.

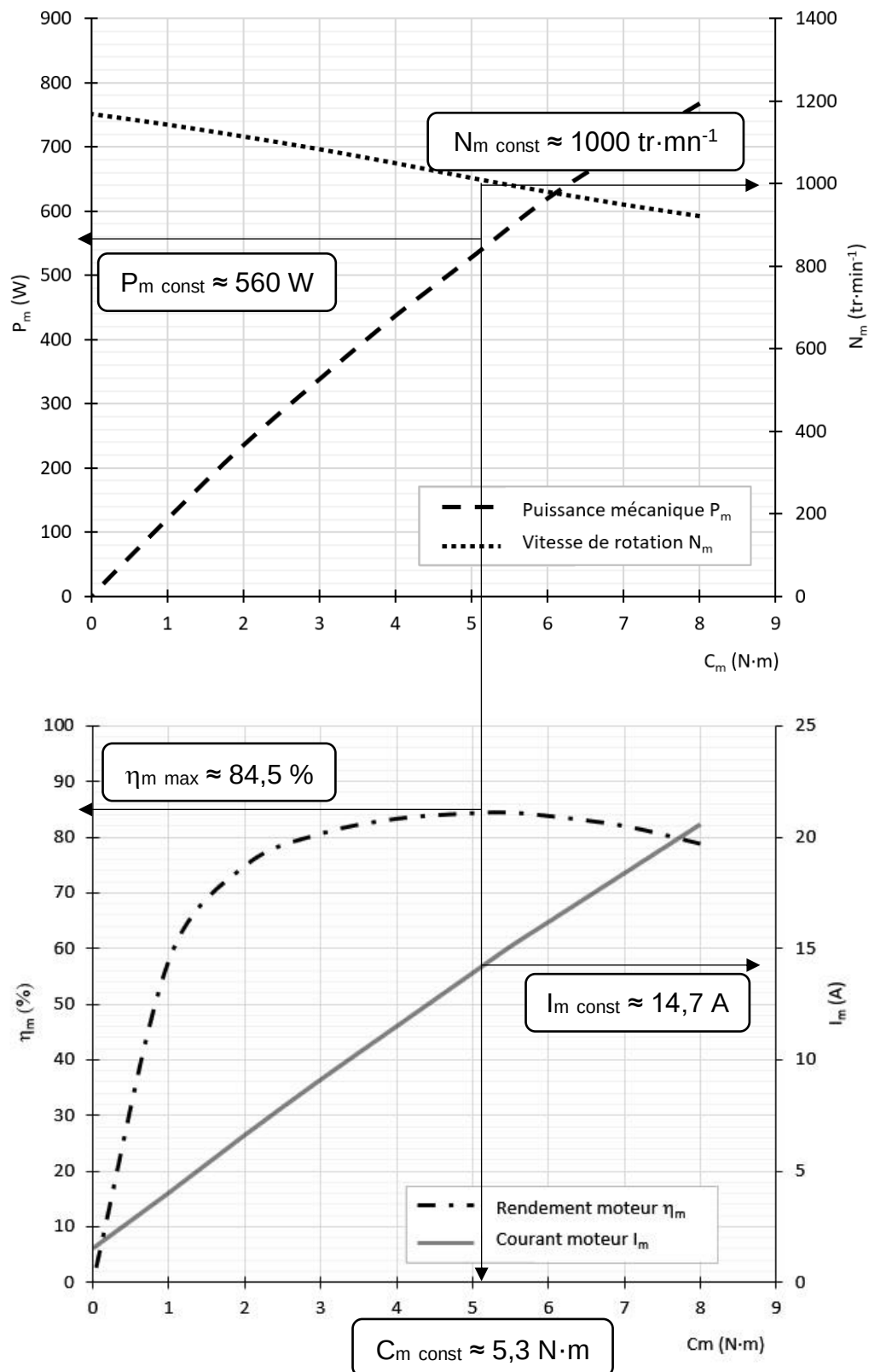
Pour $Z_B = 26$ dents $E = 78 \text{ kJ}$.

Le gain d'énergie est de :

$$\frac{100 - 78}{100} \times 100 = 22 \%$$

Question 1.11





Voir tableau du document réponse DR2

$N_m \text{ const} = 1000 \text{ tr} \cdot \text{mn}^{-1}$, $C_m \text{ const} = 5,3 \text{ N} \cdot \text{m}$, $I_m \text{ const} = 14,7 \text{ A}$ et $P_m \text{ const} = 560 \text{ W}$

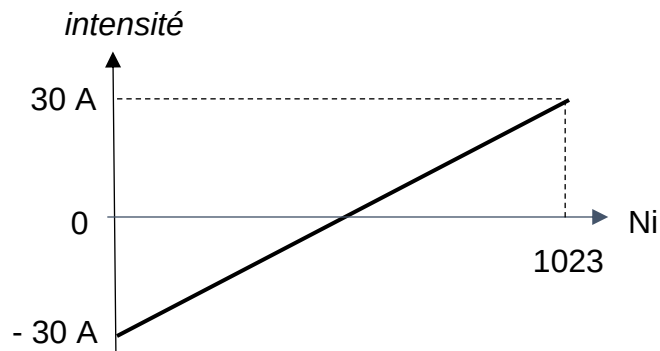
$N_m \text{ mod max} = 800 \text{ tr} \cdot \text{mn}^{-1}$, $C_m \text{ mod max} = 2,4 \text{ N} \cdot \text{m}$, $I_m \text{ mod max} = 9,4 \text{ A}$ et

$P_m \text{ mod max} = 190 \text{ W}$

Question 1.12

Toutes les données du constructeur sont supérieures aux grandeurs simulées. Le moteur installé dans le véhicule est capable de réaliser la tâche demandée. Cependant le rendement moyen estimé à 72 % n'est pas optimal dans le cas du fonctionnement désiré. L'écart relatif sur C_m est de 54,7 %, celui sur P_m est de 66 %, en tenant compte de la phase de démarrage (d'une durée de 20 s pour un fonctionnement total de 10 min), le moteur paraît surdimensionné

Question 1.13

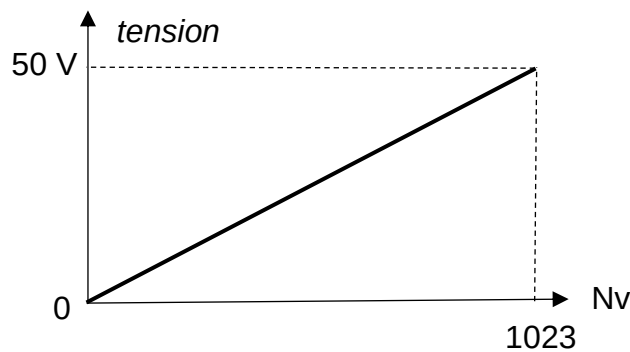


Question 1.14

$$\text{intensite} = \frac{60}{1023} \times N_i - 30 = \mathbf{0,0586 \times N_i - 30}$$

Question 1.15

$$U_v = \frac{3}{27 + 3} \times U_{\text{bat}} \quad \text{soit } U_{\text{bat}} = 10 \times U_v$$



$$\text{tension} = \frac{50}{1023} \times N_v = \mathbf{0,0489 \times N_v}$$

Question 1.16

$$\text{Puissance instantanée } P_i = U_{\text{bat}} \times I_{\text{bat}}$$

$$\text{Quantité d'énergie } E_{1s} = P_i \times t = U_{\text{bat}} \times I_{\text{bat}} \times 1$$

P_i en W, E_{1s} en W·s ou Joule

Question 1.17

Voir le document réponse DR2

Question 1.18

Distance parcourue pour un tour de la roue motrice :

$$\pi \times D_{\text{roue}} = \pi \times 475 = 1492 \text{ mm soit } 1,492 \text{ m}$$

Distance parcourue pour un tour de l'arbre moteur : $1,492 \times \frac{9}{26} = \mathbf{0,516 \text{ m}}$

Précision de la mesure : $dl = \frac{0,516}{200} = \mathbf{0,00258 \text{ m}}$

Question 1.19

Voir le document réponse DR3

Question 1.20

Voir le document réponse DR3

Question 1.21

Valeur optimale de la quantité d'énergie au tour mesurée par le système d'acquisition = **74,2 kJ**.

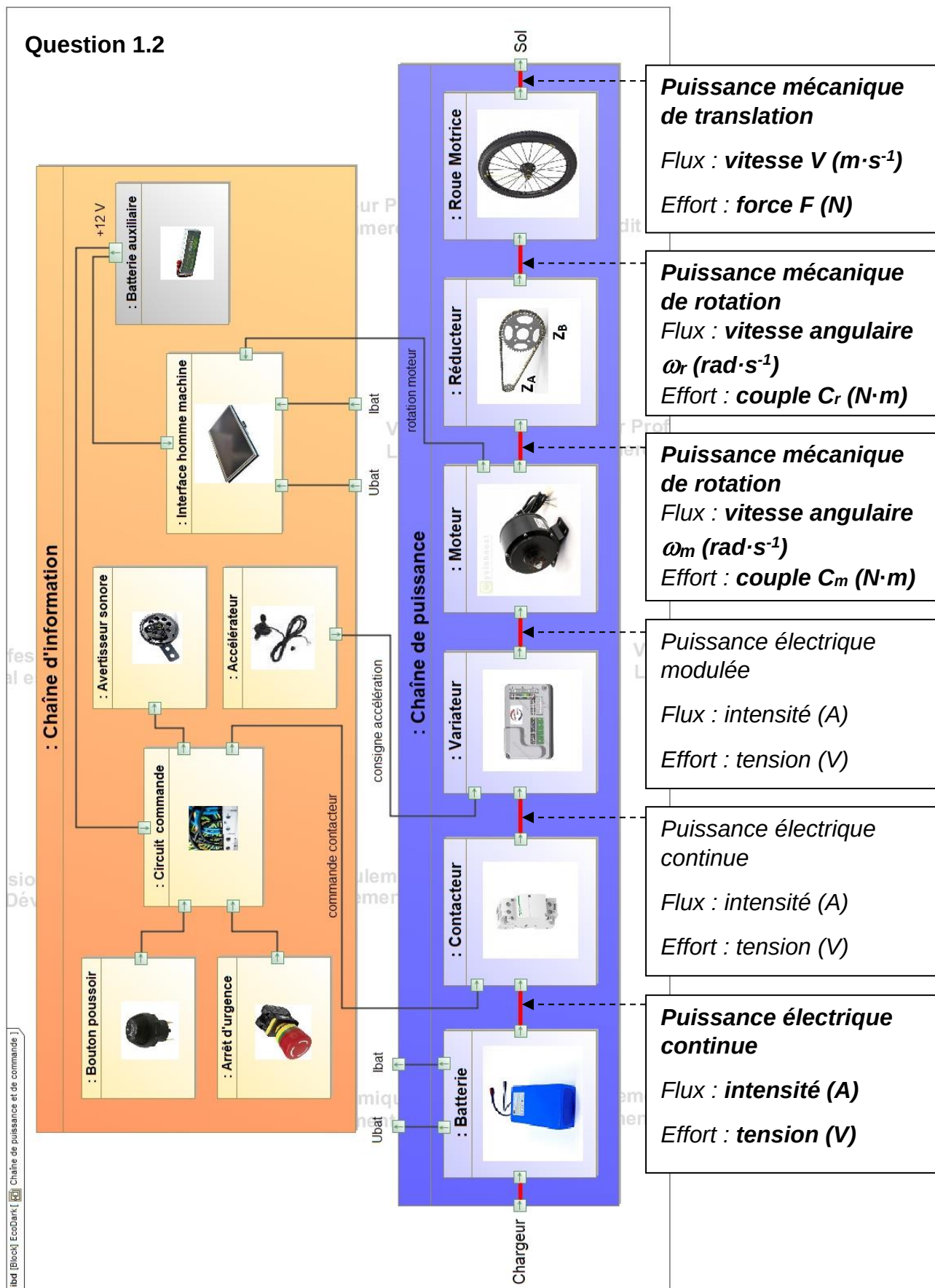
Quantité d'énergie pour un tour mesurée par le joulemètre officiel = **78,5 kJ**.

$$\text{Écart relatif} = \frac{78,5 - 74,2}{78,5} \times 100 = \mathbf{8 \%}$$

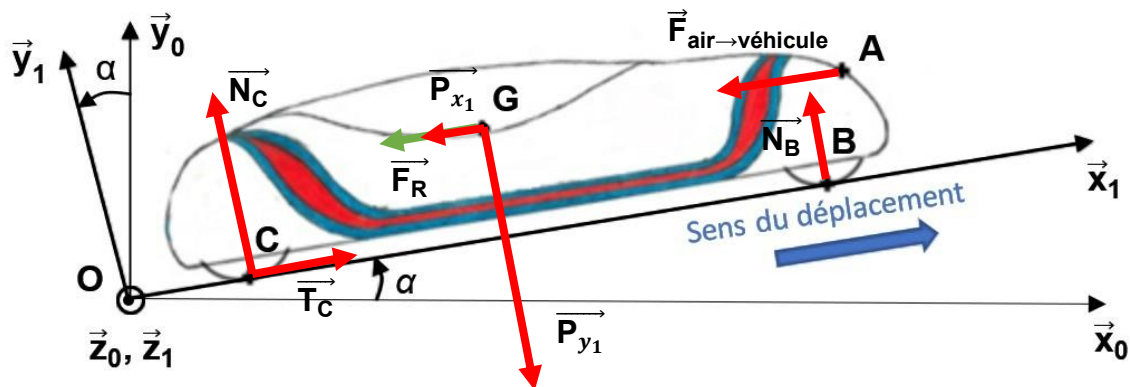
Amélioration des éléments de la chaîne d'acquisition possibles :

Augmentation de la précision des capteurs de courant (précision 1,5 %) de tension (précision 1 %), et augmentation du nombre de point par tour du codeur incrémental (200 points/tour).

Question 1.2



Questions 1.3, 1.4, 1.5 et 1.6



Vecteurs représentés sans échelle.

Question 1.11

	Valeurs maximales obtenues par modélisation	Valeurs données par le constructeur (cas d'un rendement optimal)	Écart relatif (en %)
N_m (en tr/mn)	800	1000	20 %
C_m (en N·m)	2,4	5,3	54,7 %
I_m (en A)	9,4	14,7	36 %
P_m (en W)	190	560	66 %

Question 1.15

Algorithme mesure énergie

Toutes les 1 s **FAIRE**

LIRE Ni

LIRE Nv

intensite ← $0,0586 \times Ni - 30$

tension ← $0,0489 \times Nv$

energie_par_seconde ← intensite × tension × 1

energie_cumulee ← energie_cumulee + energie_par_seconde

FIN

Question 1.17

Algorithme mesure distance parcourue

À chaque front montant sur l'entrée d'interruption **FAIRE**

$\text{nb_impulsion} \leftarrow \text{nb_impulsion} + 1$

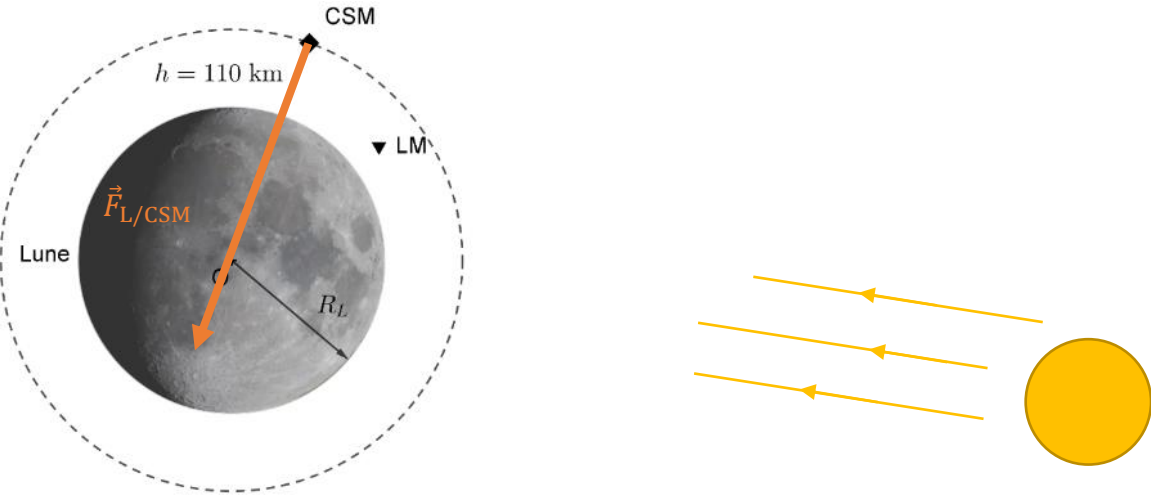
$\text{distance} \leftarrow \text{nb_impulsion} \times 0,00258$

FIN

Question 1.18

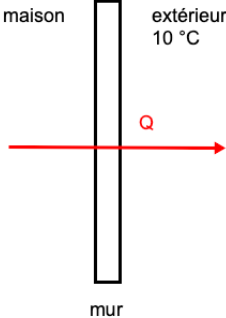
```
def calcul_energies () :  
    if distance >= 1263 : # si un tour de circuit est effectué  
        # calculer les énergies à la fin de chaque tour  
        energie_au_tour = round (energie_cumulee / 1000,2)  
        energie_au_km = round (energie_au_tour / 1.263,2)  
        # afficher les résultats dans les zones textes n°8  
        # (zone d'affichage de l'énergie au tour) et n°10  
        # (zone d'affichage de l'énergie moyenne au km)  
        zone_texte_n8.config(text = str(energie_au_tour) + ' kJ')  
        zone_texte_n10.config(text = str(energie_au_km) + ' kJ')  
        # réinitialiser les variables  
        energie_cumulee = 0  
        distance = 0  
        nb_impulsion = 0  
        distance_test = 100  
    elif distance >= distance_test : # sinon si une distance  
        # de 100 m est parcourue  
        # calculer l'énergie instantanée ramenée au km  
        energie_inst_km = round ((energie_cumulee / distance_test) * 1000)  
        zone_texte_n4.config (text = str(energie_inst_km) + ' J')  
        distance_test += 100 # ajouter 100 à la variable  
        # « distance-test »  
IHM.after(100, calcul_energies) # exécuter la fonction  
                                # calcul_energies périodiquement
```

Le candidat qui conserve les unités dans les applications numériques ne peut en être pénalisé.

Exercice A – En orbite autour de la Lune			10 points
Question	Capacité exigible du programme	Éléments de réponse	Barème
1.	S'APPROPRIER une situation en la représentant par un schéma.		1
2.	Déterminer les caractéristiques de vecteurs vitesse et accélération du centre de masse d'un système en mouvement circulaire dans un champ de gravitation newtonien.	Deuxième loi de Newton au système {CSM} dans le référentiel lunocentrique : $m \vec{a} = \overrightarrow{F_{L/CSM}}$ $m \vec{a} = \frac{G m M_L}{(R_L + h)^2} \cdot \overrightarrow{u_N}$ $\vec{a} = \frac{G M_L}{(R_L + h)^2} \cdot \overrightarrow{u_N}$ Le raisonnement en scalaire est tout aussi valable. De l'expression ci-dessus, on en déduit que l'accélération est indépendante de la masse du CSM.	2

3.		Dans la base de Frenet le vecteur accélération a pour expression générale : $\vec{a} = \frac{v^2}{r} \cdot \vec{u}_N + \frac{dv}{dt} \vec{u}_T$ Pour la situation étudiée, en projetant le vecteur accélération sur la base de Frenet, on obtient : $\frac{dv}{dt} = 0 \quad (1)$ $\frac{v^2}{R_L + h} = \frac{G M_L}{(R_L + h)^2} \quad (2)$ De la première relation, on déduit que la norme de la vitesse est constante, donc le mouvement est circulaire uniforme. De la deuxième relation, en posant $r = R_L + h$, on en déduit l'expression de la vitesse du CSM : $v = \sqrt{\frac{G M_L}{r}}$	2,5
4.	Etablir la troisième loi de Kepler dans le cas du mouvement circulaire.	Le CSM parcourt la distance $2\pi r$ pendant la période de révolution T, donc : $v = \frac{2\pi r}{T}$ $\frac{G M_L}{r} = \frac{4\pi^2 r^2}{T^2}$ $T^2 = \frac{4\pi^2 r^3}{G M_L}$	2
5.	Effectuer des procédures courantes de calculs.	➔ Calcul de $r = R_L + h$, application numérique et conversion en heure $T = 7,14 \times 10^3 \text{ s} = 1,98 \text{ h}$	1,5

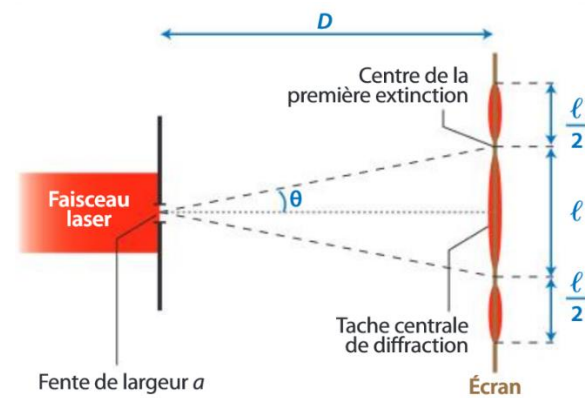
6.	Confronter un modèle à des résultats expérimentaux.	Lorsque la Lune s'interpose entre la Terre et le CSM, alors celui-ci ne reçoit plus les ondes radios émises depuis la Terre. Cela dure environ une demi-période, soit 0,99 h, c'est-à-dire 59 min. Ce résultat est cohérent avec l'indication de l'énoncé. La diffraction des ondes sur les bords de la Lune peut expliquer que le CSM reçoit les ondes quand bien même la Lune s'interpose entre la Terre et lui.	1
----	---	--	---

Exercice B – Isolation thermique			10 points
Question	Capacité exigible du programme	Éléments de réponse	Barème
1.	Prévoir le sens d'un transfert thermique	Le transfert thermique se fait toujours de la source chaude vers la source froide.  intérieur de la maison 18°C extérieur de la maison 10 °C mur	1
2.	Analyser une expression mathématique	Unité de $\frac{e}{S \times \lambda}$: $\frac{m}{m^2 \times W.m^{-1} K^{-1}} = K.W^{-1}$ Or l'unité de R_{th} est $K.W^{-1}$ C'est cohérent.	1
3.	Exploiter la relation du flux thermique	On cherche le flux thermique Φ_1 traversant le mur avec de la laine de bois. $\Phi_1 = \frac{\Delta T}{R_{th,tot}}$	4

	Résistance thermique	Or, $R_{th,tot} = 2 \times R_{th,PBM} + R_{th,LB}$ Si on modifie (1) et que l'on injecte dans (2), il vient : $\Phi_1 = \frac{\Delta T}{2 \times \frac{e_{PBM}}{\lambda_{PBM} \times S_{mur}} + \frac{e_{LB}}{\lambda_{LB} \times S_{mur}}}$ $\Phi_1 = \frac{18 - 10}{2 \times \frac{100 \times 10^{-3}}{0,130 \times 10,0} + \frac{100 \times 10^{-3}}{0,038 \times 10,0}} = 19,2 \text{ W}$ On cherche le flux thermique Φ_s traversant le mur sans laine de bois, les deux blocs sont collés l'un contre l'autre. $\Phi_s = \frac{\Delta T}{2 \times \frac{e_{PBM}}{\lambda_{PBM} \times S_{mur}}}$ $\Phi_s = \frac{18 - 10}{2 \times \frac{100 \times 10^{-3}}{0,130 \times 10,0}} = 53,3 \text{ W}$ Le flux thermique est beaucoup plus important sans laine de bois.	
4.	Exploiter la relation du flux thermique	Le flux s'exprime $\phi = \frac{T_{bois} - T_{air}}{R_{th,air}} = h S (T_{bois} - T_{air})$ Par identification et pour $T_{bois} - T_{air} \neq 0$: $R_{th} = \frac{1}{hS}$	1
5.		On additionne les résistances thermiques : $R_{th,totale} = R_{th,e} + R_{th,i} + R_{th,1} = \frac{1}{h_e S} + \frac{1}{h_i S} + R_{th,1}$ AN : $R_{th,totale} = \frac{1}{17 \times 10,0} + \frac{1}{9,1 \times 10,0} + 0,417$ $R_{th,totale} = 0,433 \text{ K} \cdot \text{W}^{-1}$	2

		$\Phi_2 = \frac{\Delta T}{R_{th,totale}}$ $AN : \Phi_2 = \frac{18-10}{0,433}$ $\Phi_2 = 18,4 \text{ W}$ $\Phi_1 - \Phi_2 = 19,2 - 18,4$ $\Phi_1 - \Phi_2 = 0,76 \text{ W}$ Les flux thermiques dus à la convection sont négligeables devant ceux de la conduction.	
6.		Pour respecter la loi RT 2020, il faut une résistance thermique minimale de $0,4 \text{ K.W}^{-1}$, cette condition est vérifiée pour le mur étudié ($0,417 \text{ K.W}^{-1}$).	1

Exercice C : Appareil photographique			10 points
Question	Capacité exigible du programme	Éléments de réponse	Barème
1		La longueur d'onde doit faire partie du domaine du visible : entre 400 et 800 nm.	1
2	Caractériser le phénomène de diffraction	La figure proposée montre un phénomène de diffraction : il y a une tâche centrale et des anneaux concentriques. Ce phénomène dépend de : la longueur d'onde, la largeur de l'ouverture, la distance ouverture/écran.	2

3	Illustrer qualitativement le phénomène de diffraction dans des situations variées	Modélisation de l'expérience : Onde sonore, lumineuse, ou mécanique (vagues). 	1,5
4	S'APPROPRIER : extraire des informations. RÉALISER : effectuer des calculs.	Les pixels sont carrés et collés les uns aux autres, donc la distance entre deux centres de pixels est égale à la longueur du côté du carré. - Smartphone : aire du capteur $S_1 = 2,9 \text{ mm} \times 2,9 \text{ mm} = 8,41 \times 10^{-6} \text{ m}^2$; aire d'un pixel $S_2 = S_1 / \text{nb de pixels} = 7,79 \times 10^{-14} \text{ m}^2$; $a_s = \sqrt{7,79 \times 10^{-14}} = 2,79 \times 10^{-7} \text{ m}$. - Appareil photo : aire du capteur $S'_1 = 24 \text{ mm} \times 36 \text{ mm} = 8,64 \times 10^{-4} \text{ m}^2$; aire d'un pixel $S'_2 = S'_1 / \text{nb de pixels} = 1,42 \times 10^{-11} \text{ m}^2$; $a_{pf} = \sqrt{1,42 \times 10^{-11}} = 3,76 \times 10^{-6} \text{ m}$.	2
5	Isoler les informations	$R = \frac{1,22 \times \lambda \times f}{D}$ Modification de la formule grâce aux valeurs de D - Smartphone : $R_s = 1,22 \times \lambda \times 1,7 = 1,1 \times 10^{-6} \text{ m}$. - Appareil photo $R_{pf} = 1,22 \times \lambda \times 5,6 = 3,7 \times 10^{-6} \text{ m}$.	2

		Smartphone : $\frac{2R_s}{a_s} = 7,9$ La figure de diffraction est plus grande que le pixel. Appareil photo : $\frac{2R_{pf}}{a_{pf}} = 2,0$ La figure de diffraction est deux fois plus grande que le pixel. Tout schéma visant à comparer le diamètre de la tache centrale et la taille des pixels de manière cohérente sera accepté.	
6	Porter un regard critique	Le nombre de pixels est à envisager en correspondance avec le phénomène de diffraction. Dans le cas du smartphone, le facteur limitant la qualité de l'image est le phénomène de diffraction : il n'est pas utile d'avoir des pixels de si petite taille.	1,5