BACCALAURÉAT GÉNÉRAL

ÉPREUVE D'ENSEIGNEMENT DE SPÉCIALITÉ

SESSION 2025

SCIENCES DE L'INGÉNIEUR

Mardi 9 septembre 2025

Durée de l'épreuve : **3 heures 30**
Partie sciences de l'ingénieur : durée indicative de **2 h 30**
Partie sciences physiques : durée indicative de **1 h**

L'usage de la calculatrice avec mode examen actif est autorisé.
L'usage de la calculatrice sans mémoire « type collège » est autorisé.

Dès que ce sujet vous est remis, assurez-vous qu'il est complet.
Ce sujet comporte 15 pages numérotées de 1/15 à 15/15.

Le candidat traite les 2 parties en suivant les consignes contenues dans le sujet.
Chacune des parties est traitée sur des copies séparées.

Partie 1 - Sciences de l'ingénieur	20 points
Partie 2 - Sciences physiques	20 points

Partie 1 : les documents réponses DR1 à DR3 (pages 11 à 13) sont à rendre avec la copie.

Partie 1 - Sciences de l'ingénieur

Robot d'assistance à la mobilité

Constitution du sujet

- Sujet ..... pages 3 à 10
- Documents réponses ..... pages 11 à 13

Les documents réponses DR1 à DR3 (pages 11 à 13) sont à rendre avec la copie.

Robot d'assistance à la mobilité

Il est parfois difficile pour une personne souffrant d'un handicap moteur ou victime d'un accident de se déplacer à l'intérieur de son habitat. Les fauteuils roulants classiques sont généralement encombrants et ne passent pas forcément partout.

Une société a conçu un système qui permet de transformer une chaise quelconque en un fauteuil roulant d'intérieur : le robot d'assistance à la mobilité. Ce système présente trois avantages par rapport à un fauteuil roulant classique (figure 1) : il permet de choisir une chaise confortable, il est beaucoup plus fin et peut donc passer partout ou presque et il permet de se lever plus facilement. De plus, ce robot d'assistance propose une autonomie accrue par rapport au fauteuil roulant classique motorisé.

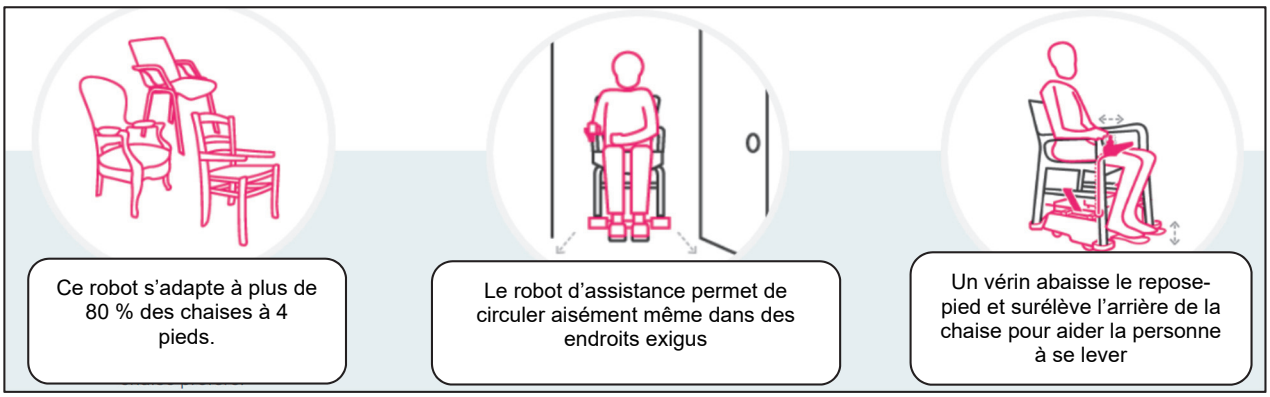


Figure 1 : avantages du robot d'assistance à la mobilité

Ce système comporte une plateforme motorisée qui vient épouser les pieds de la chaise choisie en se clipsant dans les réceptacles prévus à cet effet. Il est doté d'un moteur central et d'un mât sur lequel est montée une télécommande pour que l'utilisateur puisse se déplacer en toute autonomie (figure 2).

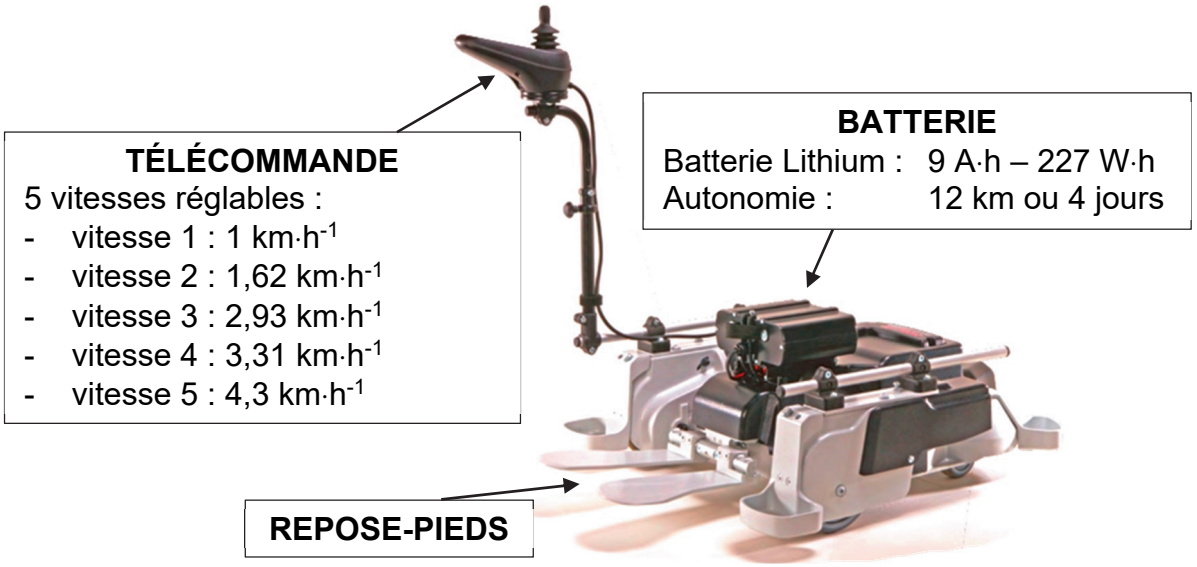


Figure 2 : caractéristiques techniques du robot

Sous-partie 1

Validation du dispositif d'aide à la verticalisation

L'objectif de cette sous-partie est de vérifier le respect de l'exigence de l'aide à la verticalisation.

La figure 3 illustre le diagramme partiel des exigences associé à la contrainte « Aide à la verticalisation ».

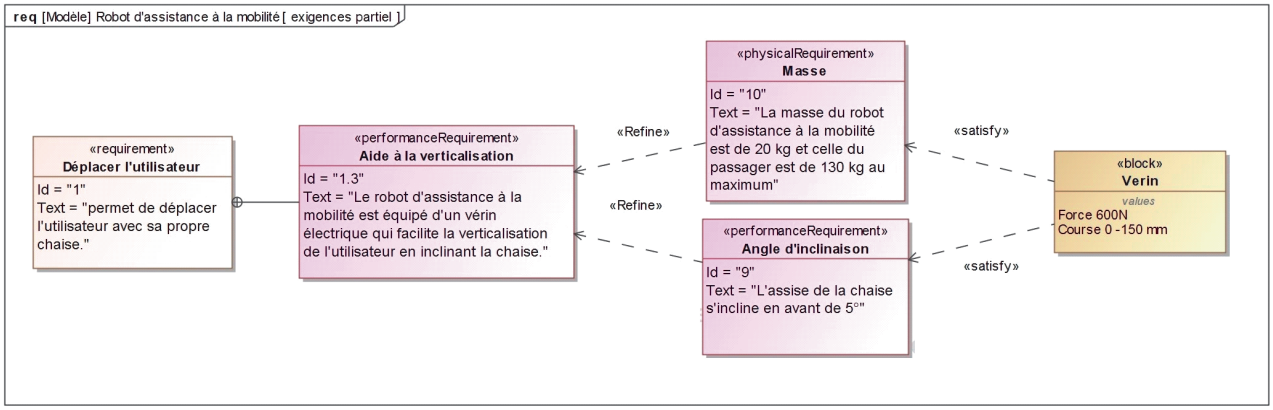


Figure 3 : diagramme partiel des exigences lié à la contrainte « Aide à la verticalisation »

Question 1.1 Après lecture de la présentation du système, **donner** des arguments montrant que le robot d'assistance est un produit modulable et pratique.

Pour aider la personne à se lever sans trop d'efforts, les concepteurs du robot d'assistance ont utilisé un vérin électrique qui agit sur l'inclinaison du repose-pieds et qui surélève également l'arrière de l'assise (figure 4).

L'utilisateur incline la chaise à l'arrêt, en agissant sur la télécommande. Cette action commande alors un vérin électrique qui abaisse la roulette arrière (figure 5).

Figure 4 : fauteuil en position relevée (vue arrière)

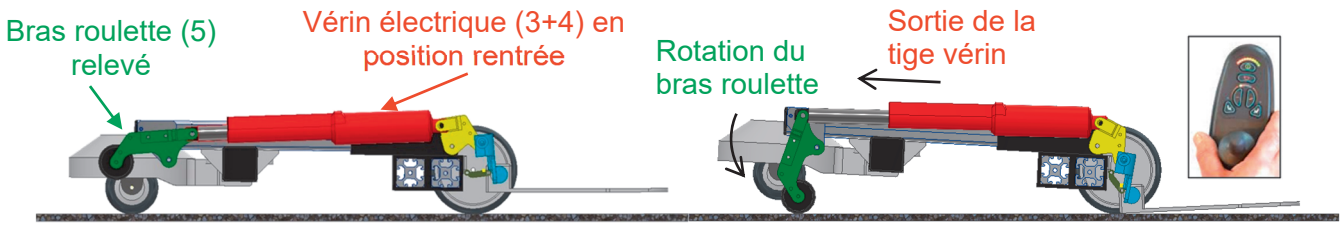


Figure 5 : aide à la verticalisation dans les deux positions extrêmes

Pour valider la solution de l'aide à la verticalisation retenue, il est nécessaire d'étudier les trajectoires des différents centres de liaison du système pour connaître la course du vérin électrique entre les deux positions extrêmes (figure 6). En effet, la course du vérin doit être suffisante pour soulever les roues arrières et amener le fauteuil à une certaine inclinaison.

Les repères des différents ensembles cinématiques sont définis sur le document réponse DR1.

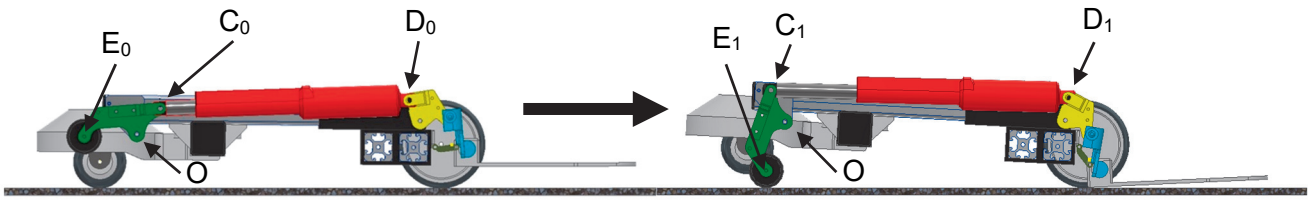


Figure 6 : positions extrêmes de l'aide à la verticalisation

Question 1.2 DR1	**Définir** la nature du mouvement du bras roulette (5) par rapport au châssis (1). **Définir** alors la nature de la trajectoire du point C, $T_{C\in 5/1}$. Sur le document réponse DR1, **représenter** cette trajectoire sur la figure correspondante à la position finale.

Question 1.3 DR1	Le point C_1 représente l'extrémité de la tige du vérin (4) en position finale (sortie). Sur le document réponse DR1, **tracer** le point C_1 à partir du point E_1.

Question 1.4 DR1	Sur le document réponse DR1, **tracer** le segment $[C_1D_1]$ matérialisant le vérin en position sortie. **Relever** les longueurs des segments $[C_0D_0]$ (représentant le vérin en position initiale) et $[C_1D_1]$. En **déduire** leurs valeurs réelles en tenant compte de l'échelle.

Question 1.5	**Indiquer** alors le déplacement du vérin électrique nécessaire au débattement angulaire du bras roulette (5) entre les positions extrêmes. **Conclure** sur la capacité du vérin à répondre à l'exigence de l'aide à la verticalisation lors du transfert de la personne sur le robot d'assistance à la mobilité.

Sous-partie 2

Validation du réglage de la vitesse de déplacement

L'objectif de cette sous-partie est de vérifier que le robot d'assistance atteint les vitesses annoncées par le constructeur.

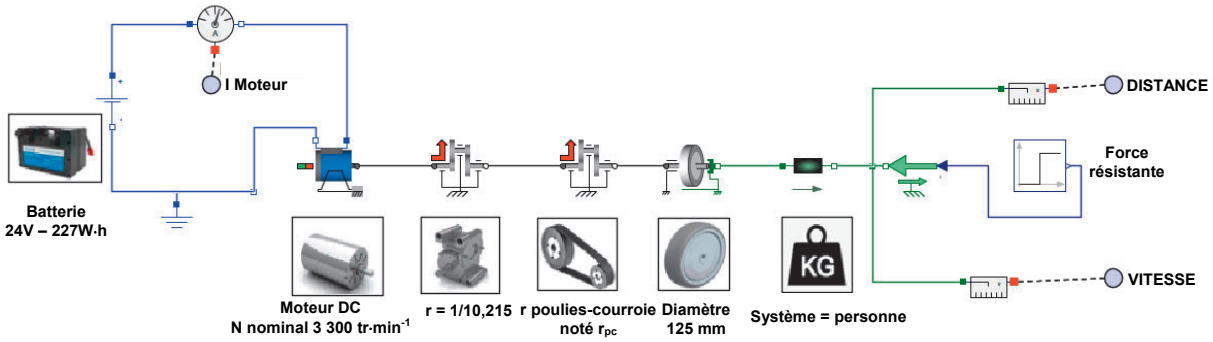
Le robot d'assistance est équipé de deux boutons qui donnent la possibilité de choisir parmi 5 niveaux de réglage de vitesse (figure 7).

Figure 7 : télécommande du robot

Question 1.6 À l'aide de la figure 2, **indiquer** la vitesse de déplacement maximale du robot d'assistance en $m \cdot s^{-1}$.

Question 1.7 DR2 Sur le document réponse DR2, **compléter** le diagramme partiel de blocs internes en indiquant la nature et l'unité des grandeurs de flux et d'effort.

Un modèle multiphysique du robot d'assistance a été établi afin de pouvoir vérifier les vitesses de déplacement (figure 8).



Constituant	Caractéristiques
Moteur DC	$N_{nominale}$ = 3 300 tr·min^{-1}
Réducteur	r = 1 / 10,215
Réducteur poulies-courroie	Poulie motrice Z1 = 40 dents Poulie réceptrice Z2 = 72 dents
Roue	Diamètre = 125 mm

Figure 8 : modèle multiphysique du robot d'assistance et caractéristiques des constituants

Question 1.8 À l'aide des données de la figure 8, **calculer** le rapport de réduction r_{pc} du réducteur poulies-courroie. En considérant que le moteur fonctionne à vitesse nominale, **montrer** que la vitesse de déplacement du robot d'assistance est de 1,17 $m \cdot s^{-1}$.

Une simulation, à partir du modèle multiphysique, a permis d'obtenir les vitesses de déplacement du robot d'assistance (figure 9).

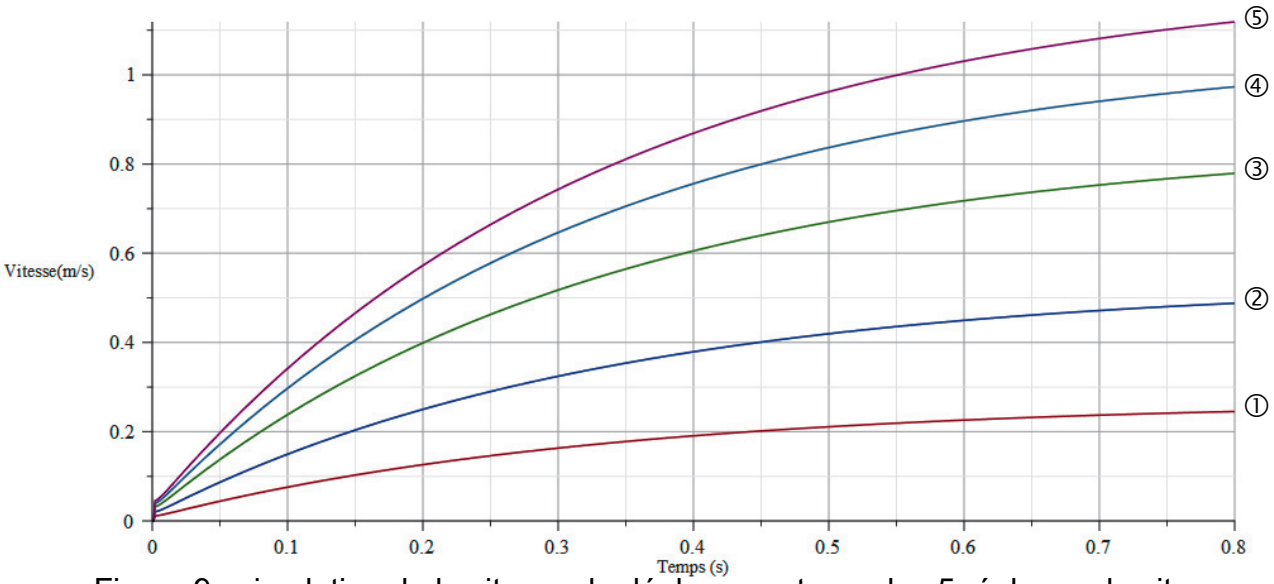
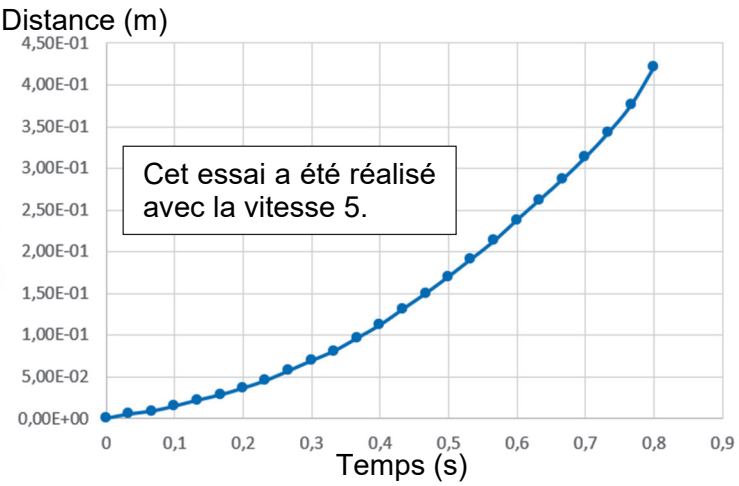


Figure 9 : simulation de la vitesse de déplacement pour les 5 réglages de vitesse

Question 1.9 **Relever** sur la figure 9 la vitesse issue du modèle multiphysique V_{sim} à t = 0,8 s pour le réglage en vitesse 5.

Le concepteur du robot d'assistance a réalisé un pointage réel à l'aide d'un logiciel d'acquisition et de traitement vidéo lors de l'homologation du système (figure 10).



t	x
0	0,00E+00
0,033	5,22E-03
0,067	8,72E-03
0,1	1,48E-02
0,133	2,18E-02
0,167	2,82E-02
0,2	3,64E-02
0,233	4,54E-02
0,267	5,73E-02
0,3	6,93E-02
0,333	8,09E-02
0,367	9,66E-02
0,4	0,112
0,433	0,131
0,467	0,15
0,5	0,17
0,533	0,191
0,567	0,213
0,6	0,238
0,633	0,262
0,667	0,287
0,7	0,313
0,733	0,342
0,767	0,376
0,8	0,421

Figure 10 : distance (m) parcourue par le robot en fonction du temps (s)

Question 1.10 **Déterminer** la distance parcourue entre 0,7 s et 0,8 s à l'aide de la figure 10. En supposant que la vitesse est quasiment stabilisée sur cet intervalle, **calculer** alors la vitesse atteinte $V_{réelle}$.

Question 1.11 **Calculer** l'écart relatif entre la vitesse $V_{réelle}$ et la vitesse V_{sim} par rapport à $V_{réelle}$. **Conclure** quant à l'utilisation du modèle pour déterminer les 4 autres vitesses.

Sous-partie 3

Validation et affichage de l'autonomie

L'objectif de cette sous-partie est de vérifier que l'autonomie indiquée par le constructeur est correcte et d'élaborer une solution programmée permettant d'indiquer à l'utilisateur qu'une recharge est nécessaire.

Une étude a montré que lors d'un déplacement à l'intérieur d'une maison, l'utilisateur du robot d'assistance à la mobilité parcourt en moyenne des tronçons d'une distance de 3 m. La figure 11 représente des relevés de puissance consommée par le robot sur une distance de 3 m. Il existe au démarrage un pic de puissance qui correspond à la mise en mouvement du robot lors de la phase d'accélération.

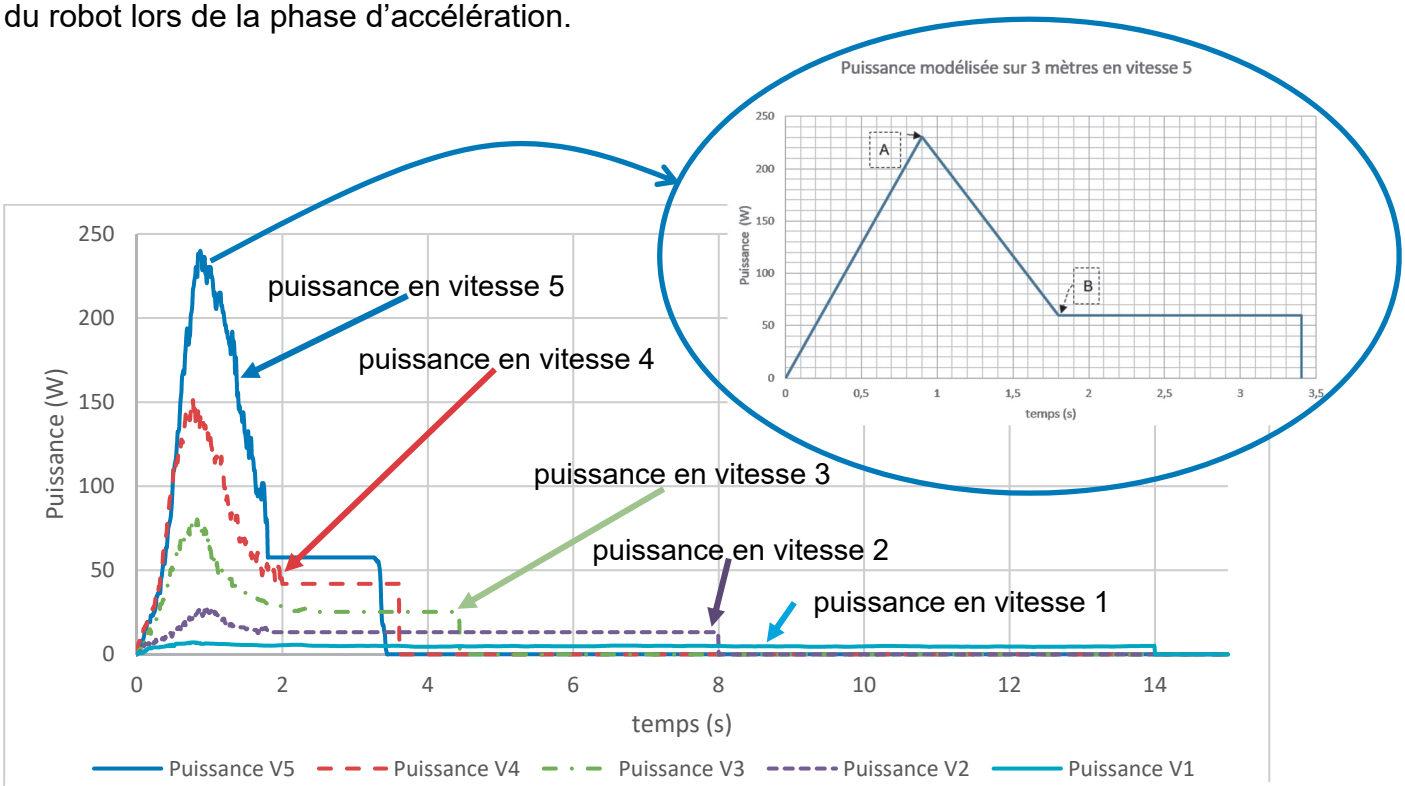


Figure 11 : relevés de la puissance consommée par le robot d'assistance

Il est rappelé que l'énergie peut être obtenue en calculant la surface présente sous la courbe représentant la puissance en fonction du temps.

La suite de l'étude porte sur le déplacement en vitesse la plus élevée (correspondant à la vitesse 5). Afin de faciliter la détermination de l'énergie consommée par le robot, la courbe de la puissance a été modélisée par des segments de droite (figure 11).

Question 1.12 **Relever** sur la figure 11 les valeurs de puissance et de temps correspondant aux deux points repérés A et B. **Montrer** que le robot d'assistance consomme une énergie de 0,092 W·h pour parcourir une distance de 3 m en vitesse 5.

Le robot d'assistance à la mobilité est alimenté par une batterie lithium de capacité 227 W·h.

Question 1.13	**Calculer** la distance que peut parcourir le robot d'assistance, à cette vitesse, à partir de l'énergie consommée sur une distance de 3 m. **Conclure** sur les conditions d'utilisation retenues par le constructeur dans sa présentation de l'autonomie.

La tension aux bornes de la batterie étant représentative de l'énergie encore disponible, sa mesure permet d'indiquer à l'utilisateur son état de charge.

La batterie du robot d'assistance à la mobilité est constituée de six cellules élémentaires branchées en série.

Question 1.14	Lorsqu'une cellule élémentaire ne contient plus que 10 % de son énergie, la tension à ses bornes est de 3,5 V. **Déterminer** la tension $UBatterie_{10\%}$ aux bornes de la batterie lorsqu'elle ne contient plus que 10 % de son énergie.

L'acquisition de la tension est faite par l'intermédiaire d'une structure à pont diviseur de tension et d'un convertisseur analogique numérique présent dans le microcontrôleur de la carte Raspberry (figure 12).

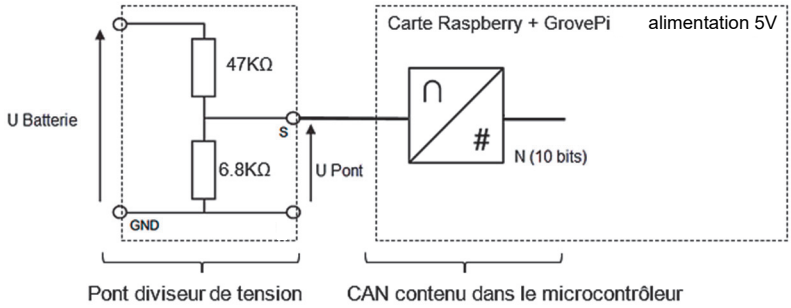


Figure 12 : chaine d'acquisition de la tension batterie

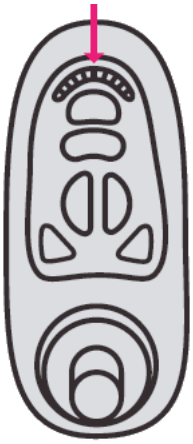
Question 1.15	**Justifier** la présence de la structure à pont diviseur de tension. **Montrer** que la tension $UPont_{10\%}$ vaut 2,65 V pour la tension d'entrée $UBatterie_{10\%}$, en supposant le courant d'entrée du CAN comme négligeable.

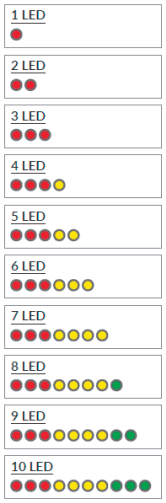
Le convertisseur analogique numérique a une résolution de 10 bits et une tension pleine échelle V_{PE} = 5 V.

Question 1.16	**Calculer** la valeur du quantum en V. **Déterminer** le nombre $N_{10\%}$ en sortie du convertisseur analogique numérique correspondant à la conversion de la tension $UPont_{10\%}$.

Afin d'informer l'utilisateur sur l'état de charge de la batterie du robot d'assistance à la mobilité, la télécommande indique l'énergie restante grâce à une barre de 10 leds par pas de 10 % (figure 13). Si l'énergie contenue dans la batterie passe sous le seuil de 10 % de l'énergie totale de la batterie, alors la led rouge la plus à gauche de la barre se met à clignoter.

Bargraphe 10 LEDS





Énergie batterie inférieure à 10% LED rouge clignotante avec une fréquence de 1 Hz

50% < Énergie batterie ≤ 60%

Énergie batterie > 90%

Figure 13 : affichage du taux de charge de la batterie sur la télécommande

Un programme permet d'acquérir et d'afficher l'énergie présente dans la batterie du robot d'assistance. Son algorigramme est fourni sur la figure 14.

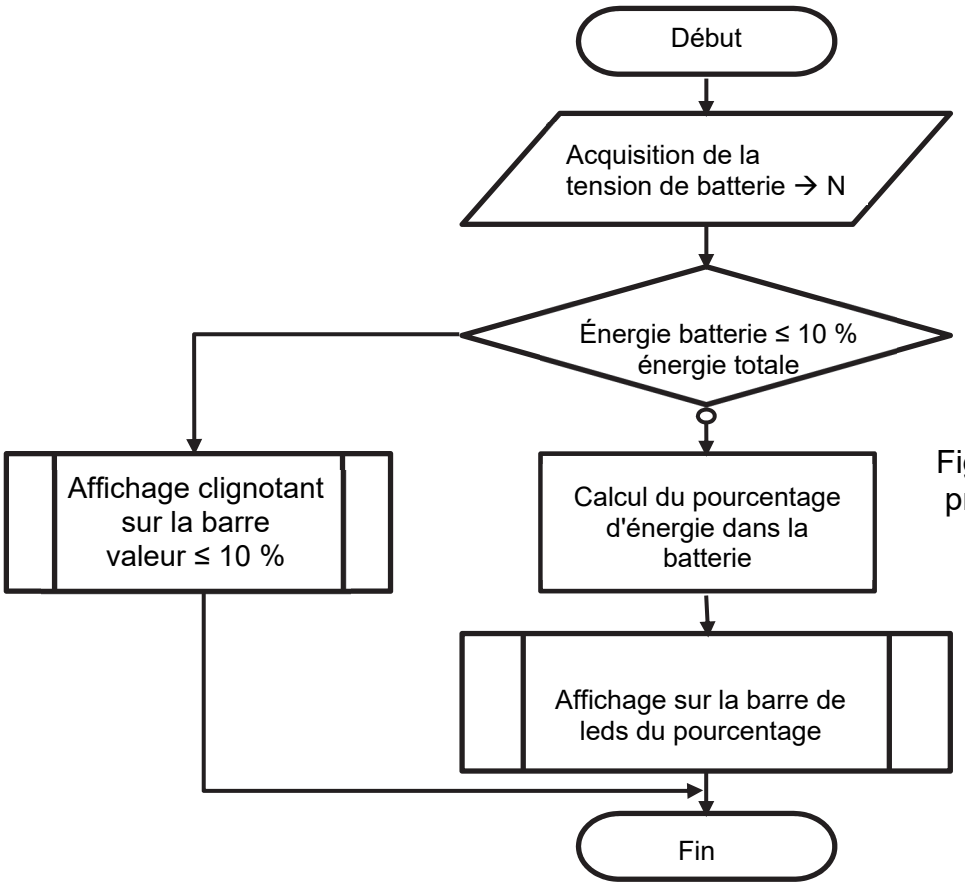
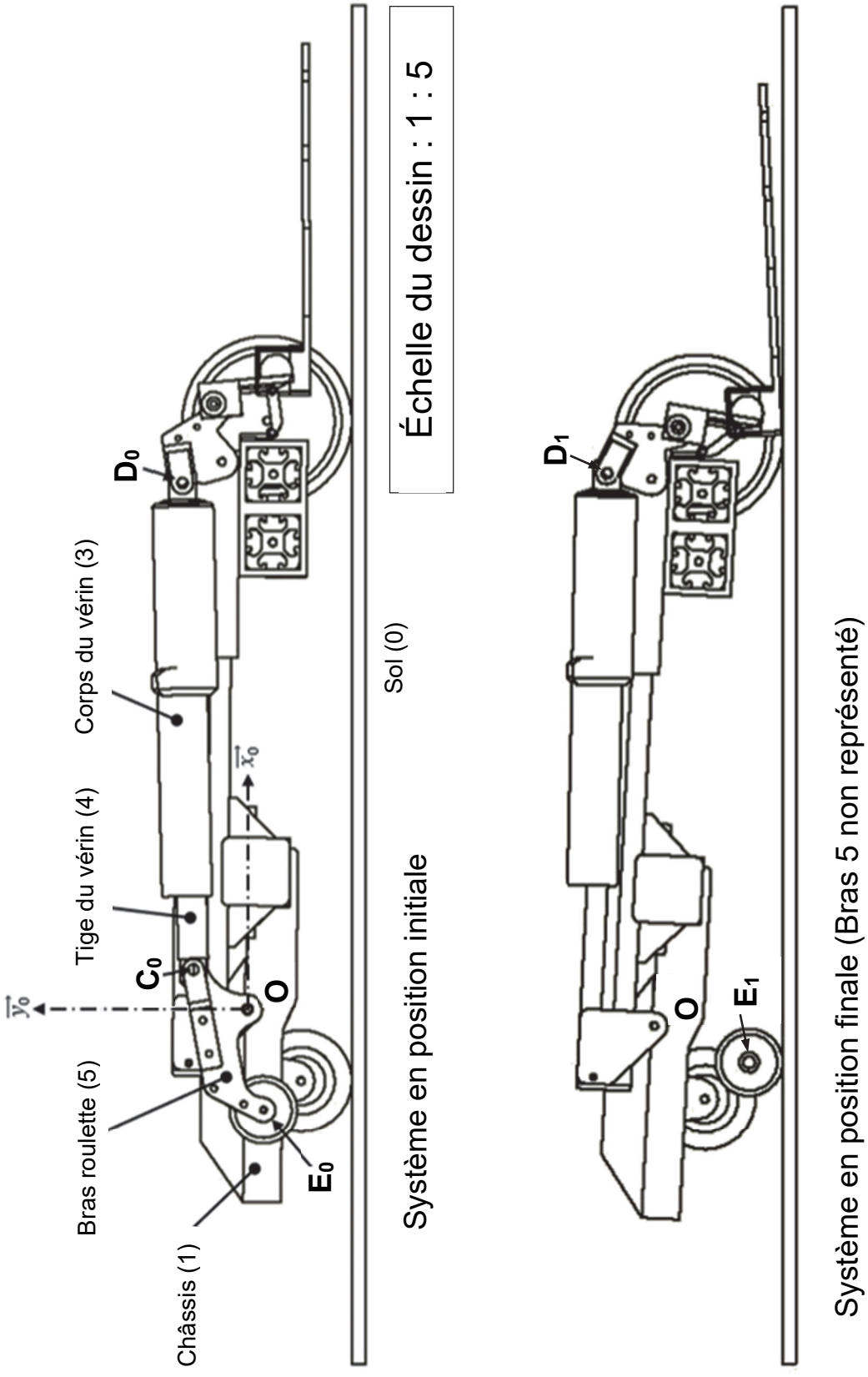


Figure 14 : algorigramme du programme d'acquisition et d'affichage de l'énergie

Question 1.17 DR3	**Compléter** les lignes 13, 14, 16 et 30 de l'extrait du programme en langage Python sur le document réponse DR3, en vous aidant de l'algorigramme fourni en figure 14. **Conclure** sur l'intérêt d'avoir un indicateur de taux de charge précis compte tenu de l'autonomie réelle du robot d'assistance comparativement à l'autonomie annoncée.

Document réponse DR1

Questions 1.2 à 1.4



Modèle CCYC : ©DNE

NOM DE FAMILLE (naissance) **:**
(en majuscules)

PRENOM :
(en majuscules)

N° candidat :

N° d'inscription :

(Les numéros figurent sur la convocation, si besoin demander à un surveillant.)

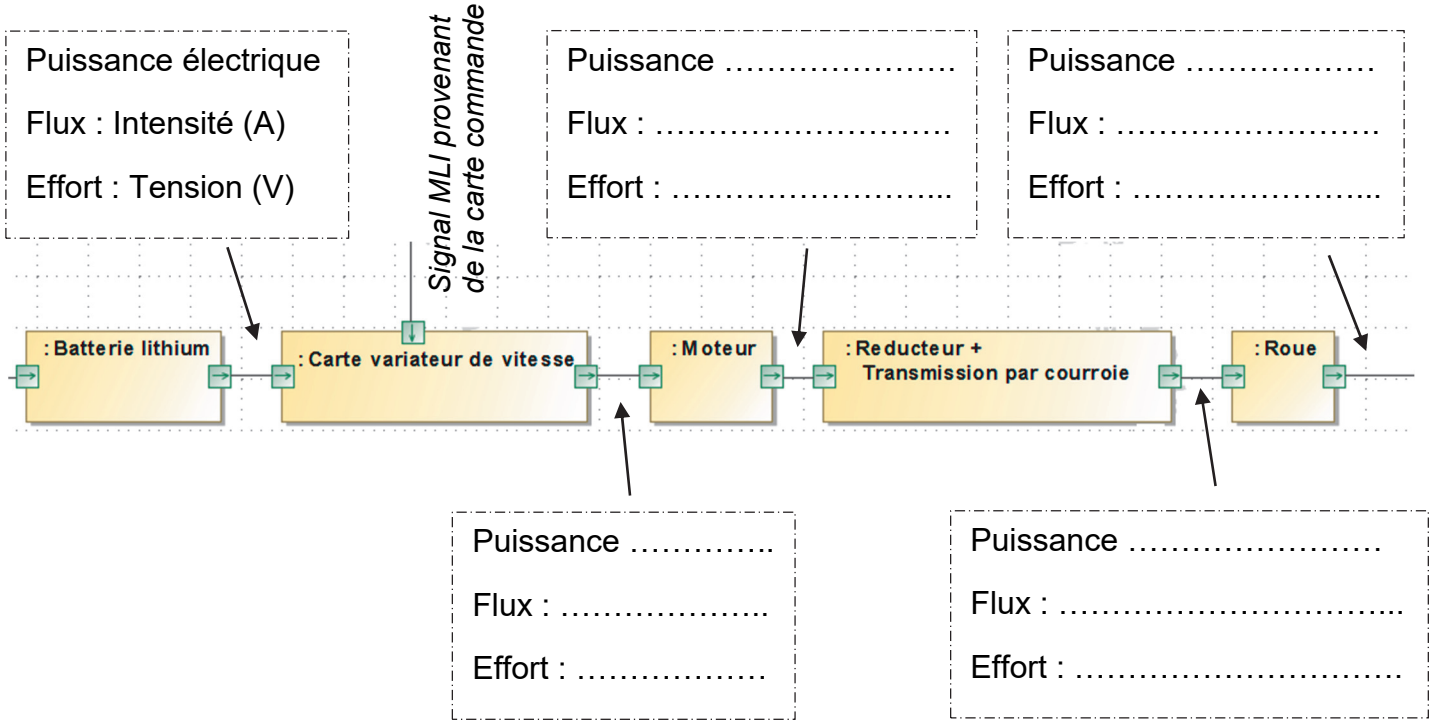
Liberté • Égalité • Fraternité
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

Né(e) le : / /

1.2

Document réponse DR2

Question 1.7



Modèle CCYC : ©DNE

NOM DE FAMILLE (naissance) **:**
(en majuscules)

PRENOM :
(en majuscules)

N° candidat :

N° d'inscription :

(Les numéros figurent sur la convocation, si besoin demander à un surveillant.)

Liberté • Égalité • Fraternité
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

Né(e) le : / /

1.2

Document réponse DR3

Question 1.17

Les fonctions à utiliser pour compléter le programme sont :

`grovepi.ledBar_setLed(pin,led,state)`	Allume (state=1) ou éteint (state=0) la led spécifiée (1 à 10) du bargraphe connecté à la broche (pin)
`time.sleep(t)`	Permet d'attendre un délai de durée t exprimée en seconde
`SOC_Alerte_10()`	Permet de faire clignoter avec une fréquence de 1Hz la led rouge la plus à gauche du bargraphe

```
 1 import time
 2 import grovepi
 3 # Entrée analogique A2 connectée à UPont
 4 UPont = 2
 5 # Bargraph indicateur du taux de charge batterie connecté à la broche D5
 6 ledbar = 5

 7 grovepi.pinMode(ledbar,"OUTPUT")
 8 # Config. de l'orientation du Bargraph (0 = rouge vers vert, 1 = vert vers rouge)
 9 grovepi.ledBar_init(ledbar, 0)

10 def SOC_Alerte_10():
11 # Clignotement de la Led Rouge à gauche du Bargraphe à une fréquence de 1Hz
12 # ledbar_setLed(pin,led,state),led: which led (1-10), state: off or on (0,1)
13 grovepi.ledBar_setLed(.............)
14 time.sleep(.........)
15 grovepi.ledBar_setLed(ledbar, 1, 0)
16 time.sleep(.........)

17 def SOC_Batterie():
18 # Calcul du taux de charge batterie et retourne un entier correspondant au level
19 # à afficher sur le Bargraph
20 # cette fonction est cachée pour plus de lisibilité

21 while 1:
22 # Affichage sur Bargraph de l'énergie dans la batterie
23 N=grovepi.analogRead(UPont)
24 if N > 542:
25     SOC = Calc_SOC_Batterie(N)
26     grovepi.ledBar_setLevel(ledbar, SOC)
27 else :
28 # Appel de la fonction qui permet de faire clignoter la Led Rouge
29 # à gauche du Bargraphe à une fréquence de 1Hz
30     ......................
31 # Suite du programme
```

Modèle CCYC : ©DNE

NOM DE FAMILLE (naissance) **:**
(en majuscules)

PRENOM :
(en majuscules)

N° candidat :

N° d'inscription :

(Les numéros figurent sur la convocation, si besoin demander à un surveillant.)

Liberté • Égalité • Fraternité
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

Né(e) le : / /

1.2

Partie 2 : Sciences physiques

EXERCICE A – Transition énergétique

Un propriétaire réalise un logement parallélépipédique et installe vingt panneaux photovoltaïques sur le toit pour en assurer l'alimentation électrique.

Figure 1. Panneaux photovoltaïques sur un toit plat

Données :

- les panneaux photovoltaïques ont une surface de $S = 2{,}0\ \text{m}^2$ chacun et leur rendement énergétique est de 20 % : $r = \frac{P_{\text{électrique fournie}}}{P_{\text{lumineuse reçue}}}$;
- sur une année, l'énergie surfacique moyenne du rayonnement solaire au niveau du sol est $E_{sol} = 1{,}3\ \text{MWh}\cdot\text{m}^{-2}$;
- célérité de la lumière dans le vide : $c = 3{,}0 \times 10^{8}\ \text{m}\cdot\text{s}^{-1}$;
- constante de Planck : $h = 6{,}6 \times 10^{-34}\ \text{J}\cdot\text{s}$;
- pour un photon d'énergie E et de longueur d'onde λ : $E = \frac{h\,c}{\lambda}$.

Pour que l'effet photovoltaique se manifeste dans le matériau semi-conducteur utilisé dans ces panneaux, un photon incident doit avoir une énergie de valeur supérieure ou égale à $E_{\text{min}} = 1{,}8 \times 10^{-19}\ \text{J}$.

Q1. Calculer la longueur d'onde λ associée à cette valeur d'énergie.

Q2. Situer cette longueur d'onde dans le spectre des ondes électromagnétiques par rapport à celles définissant le domaine visible.

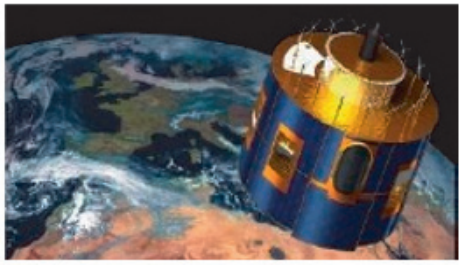
Q3. Déterminer si les photons associés aux ondes électromagnétiques constituant le spectre visible auront une énergie suffisante pour permettre cet effet photovoltaique.

Q4. Exprimer la valeur de l'énergie lumineuse moyenne reçue par un panneau photovoltaïque en un an et montrer qu'elle vaut environ 2,6 MWh.

Q5. Exprimer puis donner la valeur de l'énergie électrique fournie par les vingt panneaux en un an.

EXERCICE B – Les satellites artificiels : Météosat

Les satellites artificiels de la Terre sont dédiés à l'observation, aux télécommunications ou à la recherche. Les satellites Météosat forment une constellation de cinq satellites météorologiques. Leurs mouvements sont synchronisés sur celui de la Terre : ils observent donc constamment la même zone de la surface terrestre. Pour cela ils sont situés sur une orbite circulaire particulière, qualifiée de géostationnaire. Ils sont aujourd'hui remplacés par les satellites Météosat Seconde Génération (MSG).



https://earth.esa.int/

Données :

- masse de la Terre : $M_T = 5{,}97 \times 10^{24}$ kg ;
- rayon moyen de la Terre : $R_T = 6\,370$ km ;
- constante gravitationnelle : $G = 6{,}67 \times 10^{-11}$ $m^3 \cdot kg^{-1} \cdot s^{-2}$;
- célérité de la lumière dans le vide : $c = 3{,}00 \times 10^8$ $m \cdot s^{-1}$.

L'étude est conduite dans le référentiel géocentrique : son origine coïncide avec le centre de la Terre et ses axes pointent vers des étoiles lointaines ; il est supposé galiléen.

Q1. Représenter sur un schéma sans considération d'échelle, le centre de la Terre représenté par un point T, un satellite Météosat numéroté *i* représenté par un point S_i et le repère de Frenet.

Q2. Exprimer le vecteur force $\overrightarrow{F_{T/S_i}}$ modélisant l'attraction exercée par la Terre sur le satellite S_i de masse m_i, situé à l'altitude h_i dans ce repère en fonction de m_i, h_i, M_T, R_T, G et d'un vecteur unitaire du repère de Frenet.

Q3. À partir de la deuxième loi de Newton, établir l'expression de la valeur de la vitesse v_i du satellite en fonction de R_T, G, M_T et h_i.

Q4. Établir que la période de révolution du satellite S_i autour de la Terre a pour expression :

$$T_{Si} = 2\pi \times \sqrt{\frac{(R_T + h_i)^3}{G \times M_T}}$$

Q5. Après avoir rappelé la définition d'un satellite géostationnaire, déterminer la valeur de l'altitude h_g d'un satellite géostationnaire S_g.

Q6. En déduire la durée de transmission entre la surface de la Terre et le satellite d'un signal électromagnétique se propageant à la célérité de la lumière dans le vide.

Q7. Lister un avantage et un inconvénient des satellites géostationnaires par rapport à des satellites circulant sur des orbites plus basses.

Q8. Après avoir commenté leur échelle, choisir parmi les schémas de la page suivante celui qui représente la trajectoire d'un satellite Météosat dans le référentiel géocentrique. Justifier la réponse.

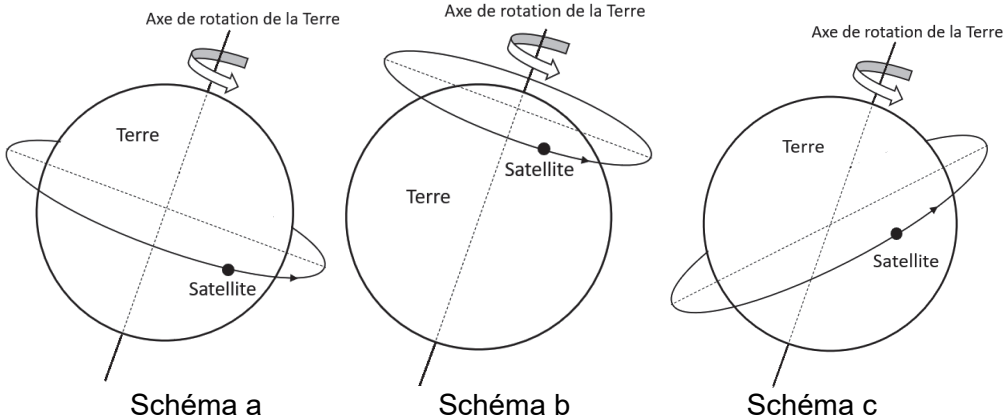


Schéma a Schéma b Schéma c