Ce document a été mis en ligne par l'organisme FormaV®.

Toute reproduction, représentation ou diffusion, même partielle, sans autorisation préalable, est strictement interdite.

Pour consulter tous nos sujets d'annales et corrigés du Bac Général Maths + SI, veuillez visiter :
bac-maths-si.fr/annales-sujets-et-corriges

BACCALAURÉAT GÉNÉRAL

ÉPREUVE D'ENSEIGNEMENT DE SPÉCIALITÉ

SESSION 2025

SCIENCES DE L'INGÉNIEUR

Mercredi 18 juin 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 17 pages numérotées de 1/17 à 17/17.

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 DR2 (pages 12 à 13) sont à rendre avec la copie.

Partie 1 - Sciences de l'ingénieur

Système de propulsion électrique pour fauteuil roulant



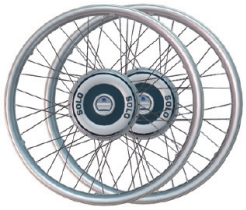
Constitution du sujet

- Sujet ..... pages 3 à 11
- Documents réponses ..... pages 12 à 13

Les documents réponses DR1 à DR2 (pages 12 à 13) sont à rendre avec la copie.

Système de propulsion électrique pour fauteuil roulant

Une personne en situation de handicap, utilisant un fauteuil roulant manuel, peut difficilement effectuer de longs déplacements. Elle est limitée dans ses mouvements et a tendance à se fatiguer rapidement.
L'entreprise AAT commercialise un système de propulsion électrique se nommant Solo+. Il s'adapte sur une grande majorité des fauteuils roulants manuels.
La figure 1 présente les principaux constituants du système.



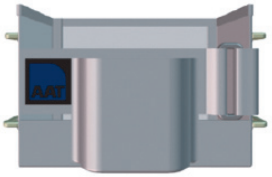
a) Roues motrices



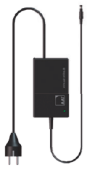
b) Boîtier de commande



c) Pack de deux batteries



d) Housse de batteries



e) Chargeur de batteries

Figure 1 : éléments principaux composant le système de propulsion

Lorsque l'utilisateur ne fait que quelques petits déplacements, il peut garder son fauteuil d'origine et circuler manuellement. Par contre, pour de longs déplacements ou de fortes pentes, l'utilisateur peut modifier son fauteuil. Les deux roues d'origine sont remplacées par les deux roues motrices. Le boîtier de commande est fixé comme indiqué sur la figure 2.



Figure 2 : fauteuil roulant manuel avec accessoires

Le diagramme de définition des blocs de la figure 3 présente les caractéristiques des principaux constituants du système de propulsion.

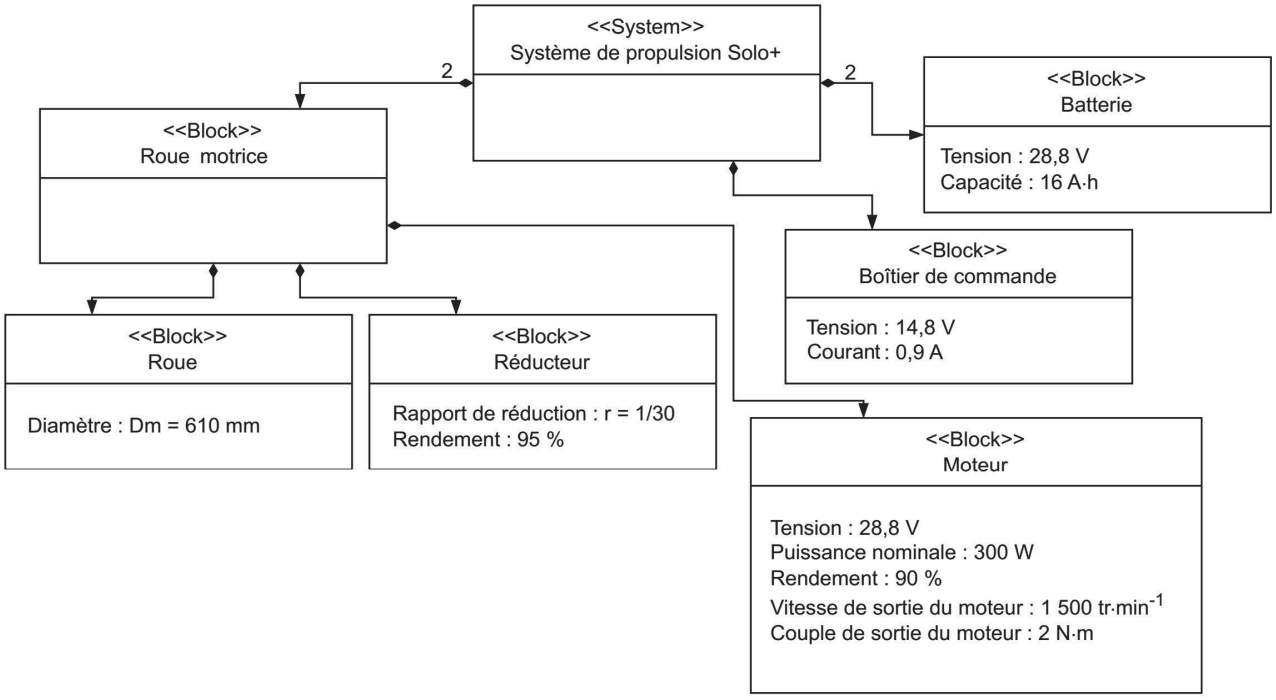


Figure 3 : diagramme de définition des blocs du système

Une fois le système mis en place, l'utilisateur peut actionner les roues motrices grâce au boîtier de commande. Le fauteuil offre la possibilité d'aller en marche avant ou en marche arrière. L'écran du boîtier de commande permet l'affichage :

- du niveau de charge de la batterie ;
- de la vitesse du fauteuil ;
- de l'activation du frein de parking ;
- de différents messages d'avertissement ou de défauts du système.

La figure 4 présente les exigences associées au système de propulsion.

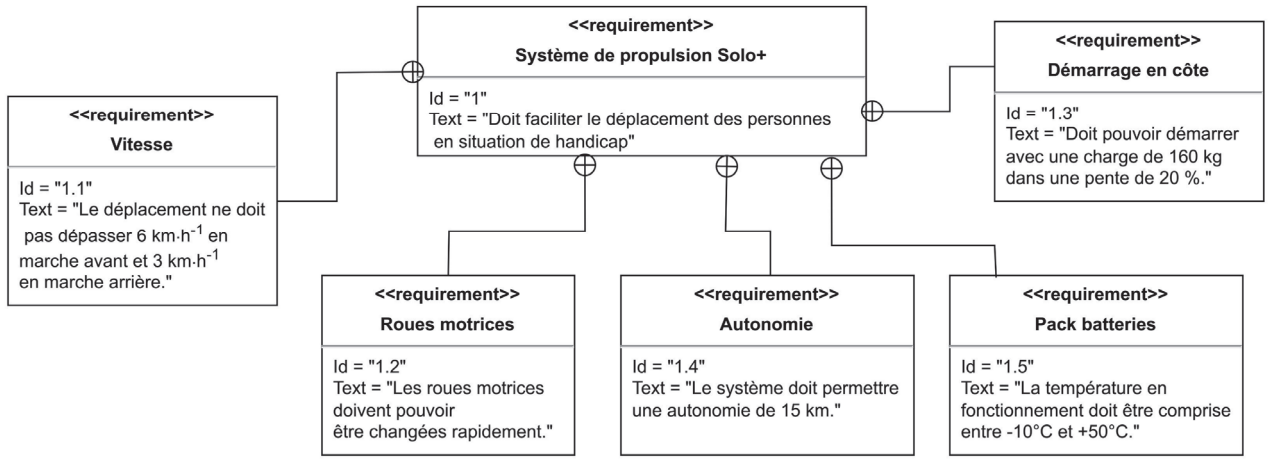


Figure 4 : diagramme des exigences du système

Sous-partie 1

Validation de l'autonomie du fauteuil

L'objectif de cette sous-partie est de vérifier l'autonomie annoncée par le constructeur.

Afin de vérifier l'autonomie des deux batteries, l'étude est réalisée dans un cas général d'utilisation du fauteuil. La figure 5 représente le modèle multiphysique du système de propulsion installé sur un fauteuil roulant classique.

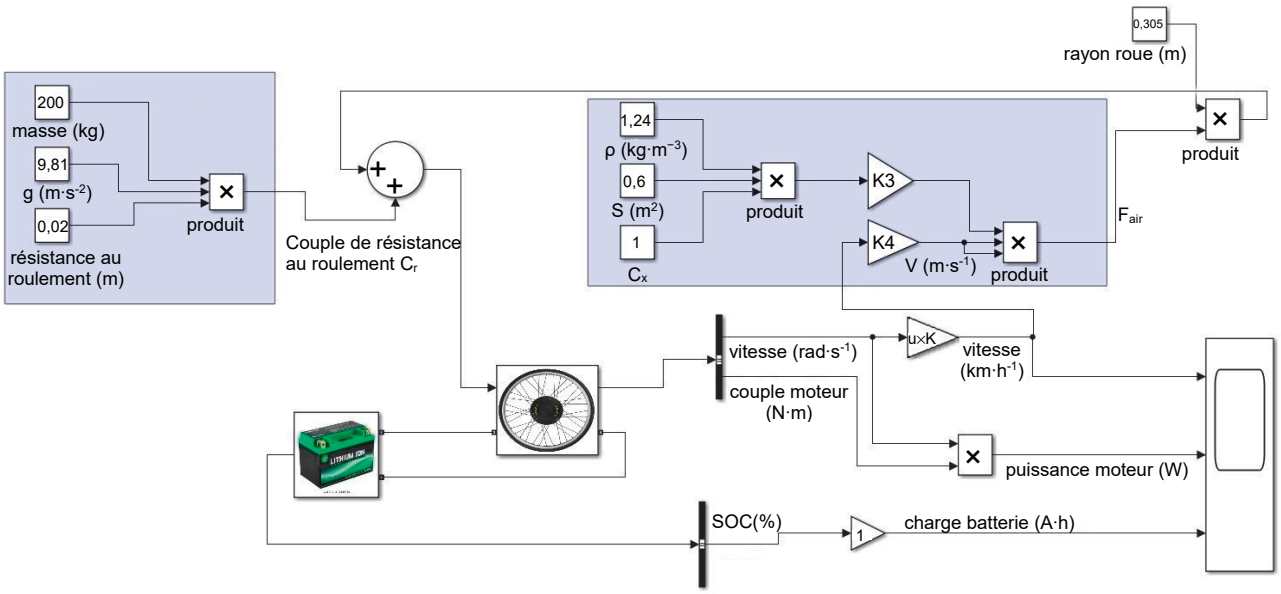


Figure 5 : modèle multiphysique du système de propulsion

Question 1.1 À partir de la figure 5, **donner** la relation définissant le couple de résistance au roulement C_r pris en compte dans le modèle. En **déduire** sa valeur numérique.

La résistance de l'air est modélisée par la force de traînée obtenue par la relation suivante :

$$F_{air} = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot S \cdot C_x \cdot V^2$$

avec :

- ρ, la masse volumique de l'air en $kg \cdot m^{-3}$;
- S, la surface résistante à l'air en m^2 ;
- C_x, le coefficient de pénétration dans l'air ;
- V, la vitesse du fauteuil roulant en $m \cdot s^{-1}$.

Question 1.2 **Indiquer** la valeur des gains K3 et K4 du modèle multiphysique permettant le calcul de la force de traînée. **Justifier** la présence du bloc « rayon roue ».

La vitesse de déplacement du fauteuil varie entre des phases d'accélération, des phases à vitesse constante et des phases de décélération. Pour un cycle correspondant à un trajet-type d'une durée d'une minute, la vitesse de rotation des roues suit la courbe présentée en figure 6.

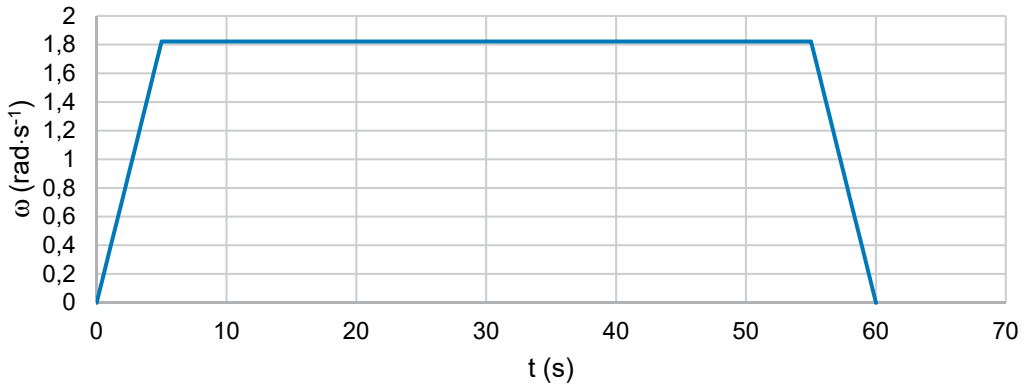


Figure 6 : courbe de la vitesse de rotation des roues en fonction du temps

Le relevé de la figure 7 représente la puissance en sortie d'un moteur en fonction du temps, en considérant la commande de vitesse de la figure 6.

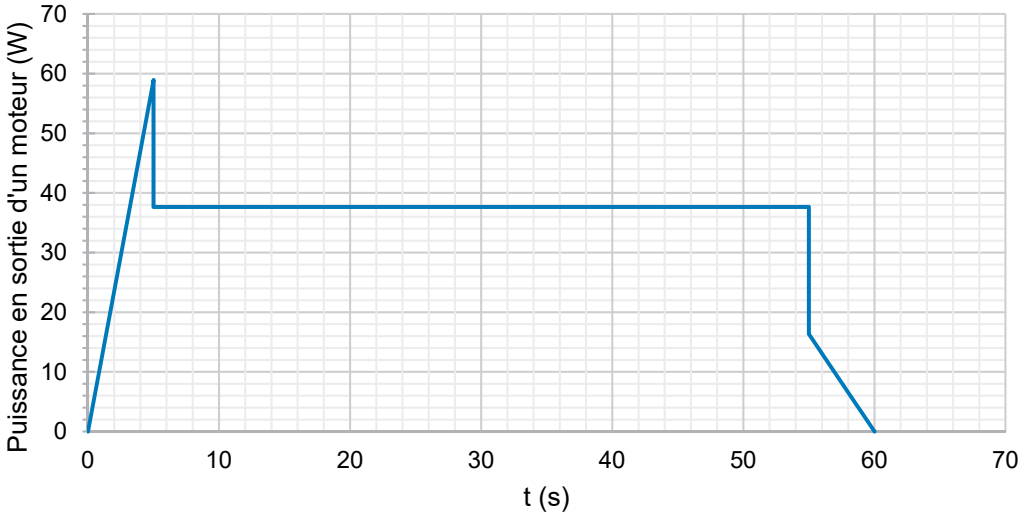


Figure 7 : courbe de la puissance en sortie d'un moteur en fonction du temps

Question 1.3	À l'aide du rendement du moteur donné figure 3 et de la figure 7, **calculer** la puissance maximale consommée par un moteur.

Question 1.4	À partir de l'aire située sous la courbe de la figure 7, **calculer** l'énergie délivrée (en J) par un moteur durant chaque phase. **Montrer** que l'énergie consommée par les deux moteurs durant ce cycle vaut 1,29 W·h.

Les données du constructeur indiquent que, pour une vitesse de 6 $km \cdot h^{-1}$, le fauteuil doit pouvoir parcourir 15 km.

Dans ces conditions, la puissance consommée, liée à la résistance au roulement et à la traînée aérodynamique, est de 200 W pour l'ensemble des deux moteurs.

Question 1.5	**Calculer** la durée du trajet (en h) à vitesse constante. En **déduire** l'énergie (en W·h) consommée par les deux moteurs durant ce trajet.

Question 1.6	À l'aide du diagramme de définition des blocs de la figure 3, **indiquer** avec justification si l'énergie stockée dans les deux batteries est suffisante. **Conclure** sur le critère associée à l'exigence 1.4.

Sous-partie 2

Validation des motoréducteurs

L'objectif de cette sous-partie est de vérifier que le système de propulsion est capable de transporter une personne de 160 kg sur une pente de 20 %.

Question 1.7 DR1	Sur le document réponse DR1 et à l'aide du diagramme de définition de blocs de la figure 3, **compléter** la chaîne de puissance du système de propulsion en indiquant les éléments qui assurent chaque fonction, ainsi que les grandeurs d'efforts et de flux en précisant leurs unités.

La figure 8 représente le modèle retenu pour l'étude des actions mécaniques. Elle fournit la position du centre de gravité G du fauteuil et les positions A et B des points de contact des roues avec le sol.

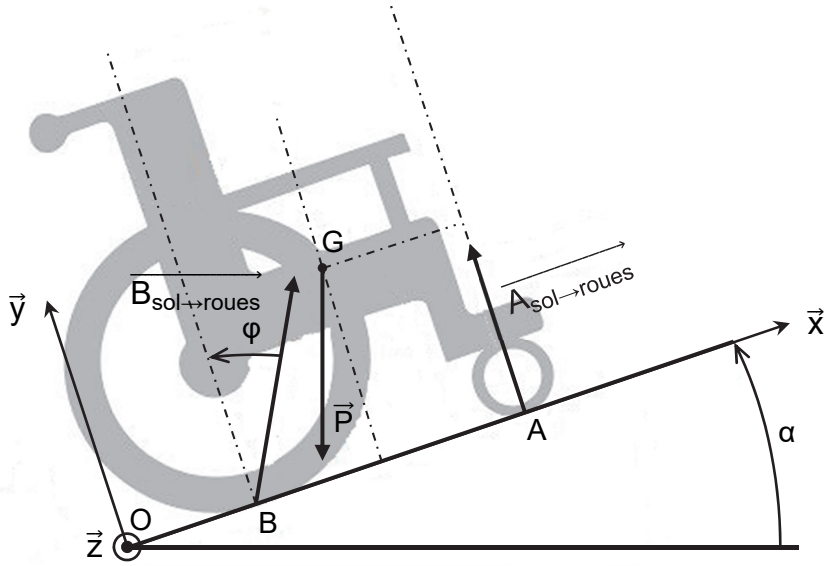


Figure 8 : modélisation des actions mécaniques extérieures exercées sur le fauteuil roulant

Hypothèses :

- le modèle présente une symétrie de géométrie et d'efforts suivant le plan $(O,\vec{x},\vec{y})$;
- le repère $(O, \vec{x}, \vec{y})$ lié au sol est considéré galiléen ;
- les actions de l'air sur le fauteuil et la résistance au roulement sont négligées ;
- les liaisons en A et B sont des liaisons ponctuelles avec frottement ;
- l'angle α représente l'angle entre la pente et l'horizontale ;
- l'angle φ représente l'angle entre la perpendiculaire au sol et l'action $\overrightarrow{B_{sol\to roues}}$;
- l'étude se fait dans le cas d'un roulement sans glissement.

Notation : l'effort appliqué en un point quelconque D par l'extérieur sur un solide S est noté $\overrightarrow{D_{ext\to S}}=\begin{vmatrix} T_D \\ N_D \end{vmatrix}$.

Données :

- la masse totale de l'ensemble S = {fauteuil ; personne ; système de propulsion} vaut M = 200 kg ;
- l'accélération de la pesanteur vaut g = 9,81 $m\cdot s^{-2}$.

Le mouvement du fauteuil est considéré comme un mouvement de translation à vitesse constante. L'étude est ainsi réalisée dans le cadre d'un problème statique.

Question 1.8	**Écrire** sous forme vectorielle les actions mécaniques extérieures $\overrightarrow{A_{sol\rightarrow roues}}$, $\overrightarrow{B_{sol\rightarrow roues}}$ et $\vec{P}$ appliquées sur le fauteuil roulant dans le repère $(O, \vec{x}, \vec{y})$, en utilisant la notation proposée.

La pente de 20 % correspond à un angle $\alpha = 11{,}31°$ entre la route et l'horizontale.

Question 1.9	En appliquant le théorème de la résultante statique à l'ensemble S en projection sur $\vec{x}$, **déterminer** la relation entre T_B, M, g et α. **Montrer** que $T_B \approx 385$ N.

Pour la suite, les valeurs nécessaires pour les calculs sont relevées dans le diagramme de définition des blocs de la figure 3.

Question 1.10	**Calculer** le couple en sortie d'un des deux moteurs en N·m, sachant que l'action tangentielle T_B correspond à l'action du sol s'exerçant sur les deux roues.

La vitesse du fauteuil est considérée à sa valeur maximale de 6 $km \cdot h^{-1}$.

Question 1.11	**Calculer** la vitesse angulaire de la roue motrice en $rad \cdot s^{-1}$. En **déduire** la vitesse angulaire en sortie du moteur en $rad \cdot s^{-1}$ puis en $tr \cdot min^{-1}$.

Question 1.12	À l'aide des questions 1.10 et 1.11, **montrer** que la puissance nécessaire en sortie du moteur pour maintenir une vitesse de 6 $km \cdot h^{-1}$ est d'environ 340 W. **Conclure** d'un point de vue puissance, couple et vitesse sur le choix du moteur vis-à-vis des exigences 1.1 et 1.3.

Sous-partie 3

Assurer la sécurité des utilisateurs

L'objectif de cette sous-partie est de vérifier que la température du pack de batteries ne dépasse pas les limites autorisées lors du fonctionnement du fauteuil.

Le boîtier de commande permet de donner des informations sur le fauteuil afin qu'il soit utilisé dans les meilleures conditions. La communication entre les différents éléments de sécurité est étudiée.

Question 1.13 DR2	**Indiquer** en complétant la chaîne d'information du document réponse DR2, le type d'information (analogique, logique ou numérique) fourni à la sortie du capteur de température et celui fourni au microprocesseur. En **déduire** le nom de l'élément permettant de convertir la grandeur électrique afin qu'elle puisse être traitée par le microprocesseur en l'indiquant sur le DR2.

Un des dispositifs de sécurité du système de commande est l'affichage d'un témoin d'alerte de la température du pack de batteries comme indiqué sur la figure 9. Il permet d'alerter sur les risques de détérioration de la batterie.



Figure 9 : affichage de la mise en garde température batteries sur le boîtier de commande

La transmission est effectuée par un bus I^2C.
La liaison I^2C est une communication de type maître-esclave synchrone : elle nécessite un signal d'horloge pour cadencer l'émission des données.
La liaison I^2C utilise trois fils :

- SDA (Serial DAta line) pour le signal de données ;
- SCL (Serial CLock line) pour le signal d'horloge ;
- la masse.

La communication avec le boîtier de commande est schématisée sur la figure 10.

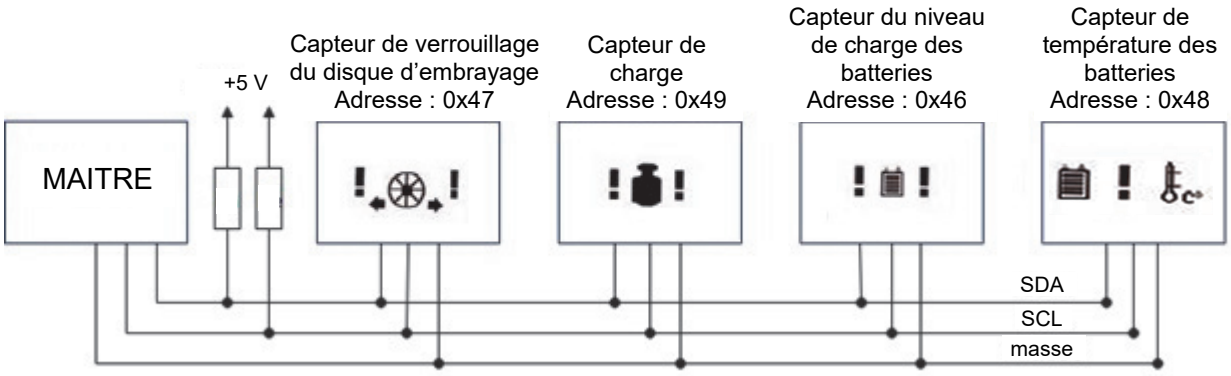


Figure 10 : schématisation de la communication avec le boîtier de commande

Lors de l'envoi d'un bit, le niveau logique de ce bit est placé sur le signal SDA. Le récepteur peut acquérir le bit lorsque le signal SCL est au niveau logique haut. Un exemple est donné en figure 11.

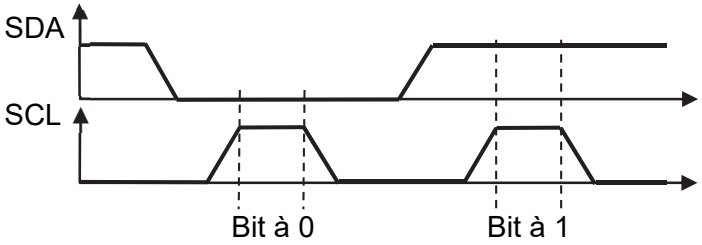


Figure 11 : exemple de signaux SDA et SCL

La trame I²C en figure 12 représente l'envoi d'un octet.

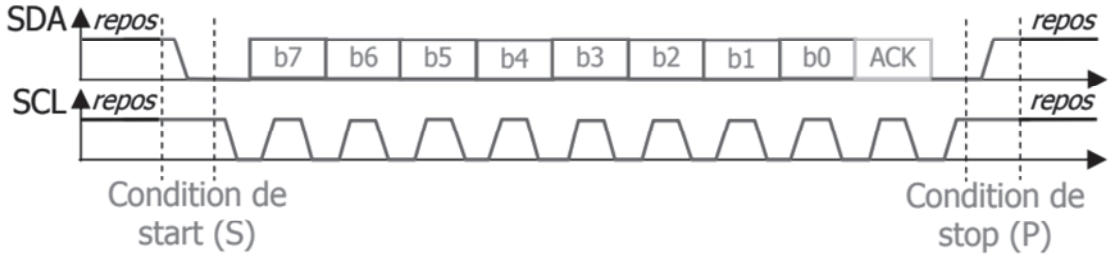


Figure 12 : trame I²C de l'envoi d'un octet

La trame I²C correspondant à une communication entre le maître et l'esclave est donnée sur la figure 13.

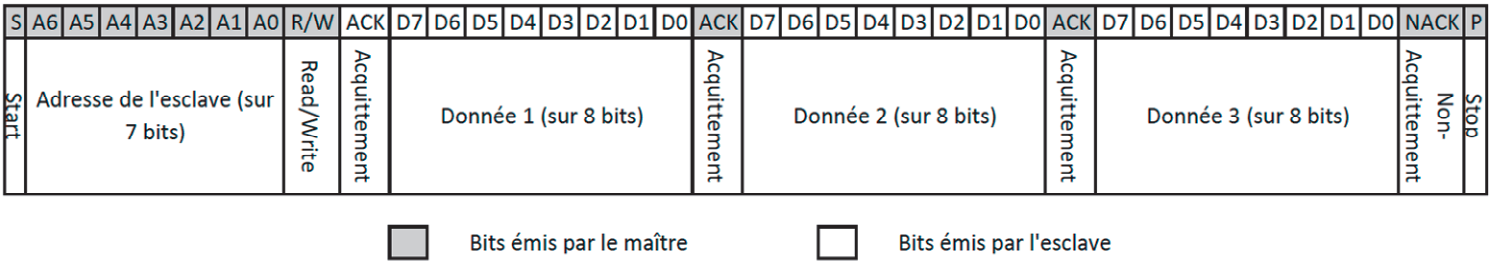


Figure 13 : trame I²C correspondant à une communication sur le bus

Les adresses de la liaison I^2C sont sur 7 bits.

Question 1.14	**Calculer** le nombre d'esclaves qui peuvent être branchés sur le bus I^2C utilisé. **Conclure** sur la compatibilité avec le système étudié.

Un relevé de la trame I^2C est représenté à la figure 14.

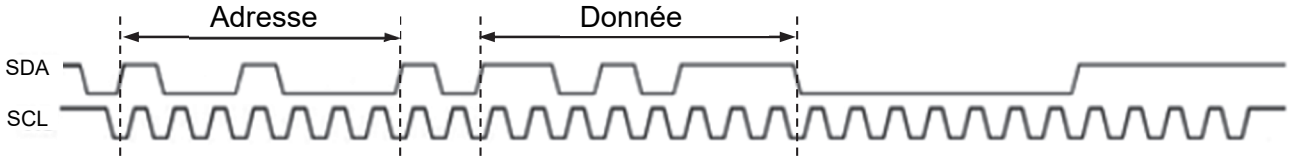


Figure 14 : trame I^2C relevée sur le système

Question 1.15	À l'aide de la trame donnée figure 14, **relever** l'adresse en binaire du capteur interrogé par le maître. **Convertir** sa valeur en hexadécimal et **identifier**, à partir de la figure 10, le capteur correspondant.

Les caractéristiques du capteur de température sont les suivantes :

- la valeur numérique de sortie est codée sur 8 bits ;
- la plage de mesure s'étend de - 40°C à 85°C ;
- la valeur numérique N délivrée par le capteur s'écrit $(N)_{10} = \left\lfloor \frac{\theta}{r} + 82 \right\rfloor$ avec :
  - [x] la partie entière de x ;
  - θ la température en °C ;
  - r la résolution du capteur en °C.

Question 1.16	**Montrer** que la résolution r du capteur est de 0,488°C.

La valeur de la température mesurée est relevée en binaire sur la trame de la figure 14. Elle vaut $(N)_2 = 11010111$.

Question 1.17	**Convertir** N en décimal puis **calculer** la valeur de la température mesurée. **Analyser** cette valeur au regard de l'exigence de sécurité 1.5 de la figure 3.

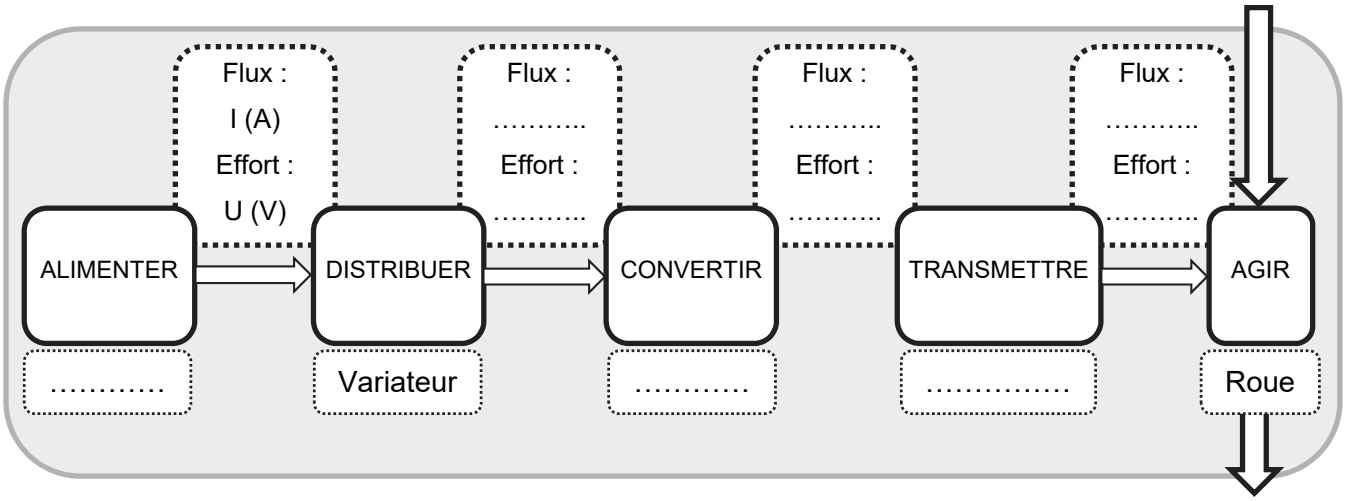
Afin de respecter l'exigence de sécurité 1.5, un message de défaut doit être affiché lorsque la température de la batterie est inférieure à -10°C ou supérieure à 50°C.

Question 1.18 DR2	**Déterminer** N_{min} et N_{max}, les deux grandeurs numériques en décimal correspondant à ces deux températures seuils. Sur le document réponse DR2, **compléter** la fonction qui permet d'afficher le défaut batterie.

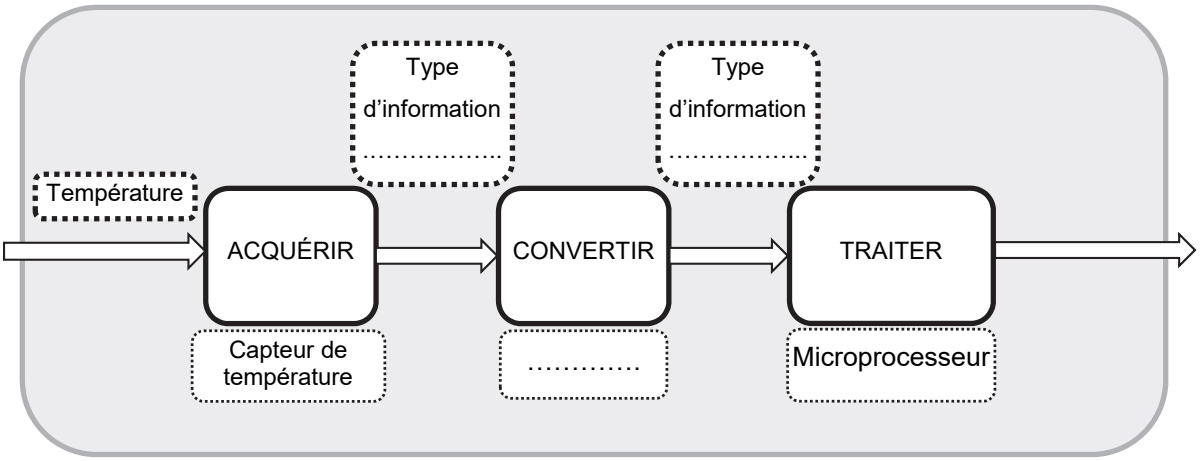
Page blanche laissée intentionnellement.

Ne rien inscrire dessus.

Question 1.7


Flux :
I (A)
Effort :
U (V)
Flux :
……..
Effort :
……..
Flux :
……..
Effort :
……..
Flux :
……..
Effort :
……..
ALIMENTER
DISTRIBUER
CONVERTIR
TRANSMETTRE
AGIR
……
Variateur
……
……
Roue

Questions 1.13



Question 1.18

```
# message d'alerte
# la variable temp contient la valeur de la température codée
# entre 0 et 255
def alerte_bat() : # permet d'envoyer un message d'alerte.
      if _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ :       # À compléter
      print ( « Défaut batterie »)
      else :
      print (« Pas de défaut batterie »)
return
```

Partie 2 : Sciences physiques

EXERCICE A – Ariane 6 : un déluge d'eau pour se protéger du bruit

Le 9 juillet 2024, la fusée Ariane 6 a décollé avec succès depuis le Centre spatial guyanais de Kourou.

Au moment du décollage, 800 000 litres d'eau sont déversés sur le pas de tir (au pied de la fusée) en quelques dizaines de secondes, c'est ce que l'on appelle le déluge.



Figure 1. D'après une vidéo du CNES :
Le système de déluge de la zone de lancement d'Ariane 6

En plus de l'atténuation des effets thermiques du décollage, l'objectif principal du déluge est de faire comme un mur d'eau qui absorbe en partie l'onde acoustique produite par le décollage et atténue le niveau sonore qui aurait pu atteindre, sinon, 180 dB.



Figure 2. Niveaux d'intensité sonores et dangers pour l'oreille, d'après https://www.inrs.fr

Données :

- Intensité sonore de référence : $I_0 = 1{,}0 \times 10^{-12}$ W·m^{-2}
- Relation entre le niveau d'intensité sonore L en décibels (dB) et l'intensité sonore I :

$$L = 10 \log\left(\frac{I}{I_0}\right)$$

- L'atténuation $A_{d_1 d_2}$ lorsqu'on passe d'une distance d_1 à une distance d_2 de la source sonore s'exprime par les relations :

$$A_{d_1 d_2} = L_2 - L_1 = 20 \log\left(\frac{d_2}{d_1}\right)$$

- L'atténuation est comptée toujours positive dans cet exercice.

Un observateur se place dans un premier temps à une distance d_1 = 1,0 m du pas de tir. Sans déluge d'eau, le niveau d'intensité sonore perçu à la distance d_1 = 1,0 m vaut $L_{1,\text{sans}}$ = 180 dB. Avec le déluge, l'intensité sonore vaut $I_{1,\text{avec}}$ = 0,10 W.m^{-2}.

Q1. Montrer que le niveau d'intensité sonore $L_{1,\text{avec}}$ du son produit au décollage à la distance d_1 = 1,0 m après son passage à travers le mur d'eau vaut $L_{1,\text{avec}}$ = 110 dB.

Q2. En exploitant la figure 2, indiquer si cet observateur encourt un risque auditif au moment du décollage en présence du déluge d'eau.

Q3. Calculer l'atténuation $A_{\text{avec}} = L_{1,\text{sans}} - L_{1,\text{avec}}$ en décibels qui a alors lieu grâce au déluge d'eau.

L'observateur se trouve désormais à une distance d_2 du pas de tir.

Q4. En l'absence du déluge d'eau, estimer la valeur de la distance d_2 de sorte que le niveau sonore ne dépasse pas $L_{2,\text{sans}}$ = 95 dB.

Les fusées Ariane sont lancées depuis Kourou, en Guyane française. Le site d'observation est situé à Carapa à 18 km du pas de tir.

Q5. Commenter l'intérêt acoustique du déluge d'eau pour un observateur situé à Carapa.

EXERCICE B – Position de l'ISS en temps reel

La station spatiale internationale (ISS) est en orbite quasi circulaire autour de la Terre. Elle abrite un équipage d'astronautes qui se consacrent à la recherche scientifique dans un environnement spatial.

Il est possible de suivre la position de la station ISS en temps réel sur le site Astropleiades : *http://www.astropleiades.fr/pages/multimedia/ou-se-trouve-l-iss.html*

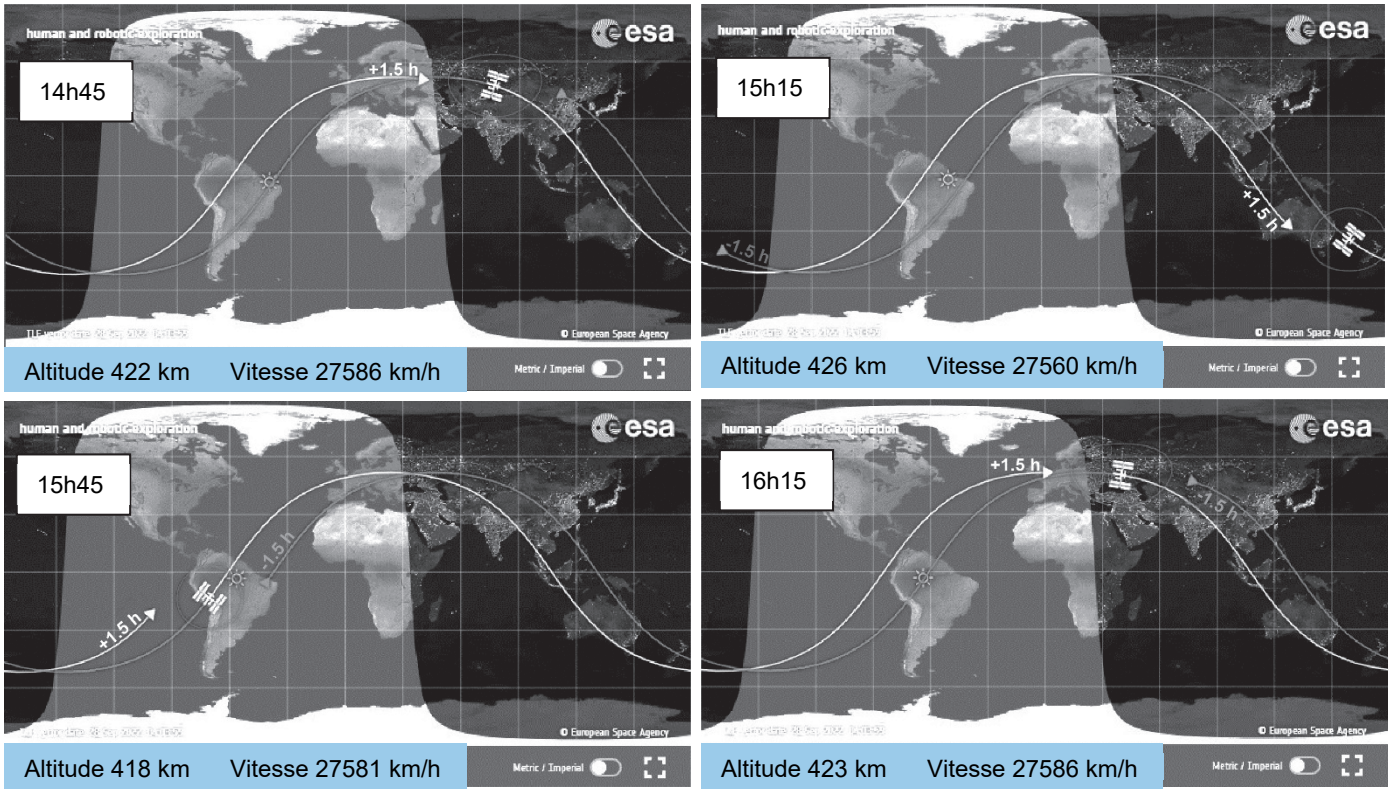


Figure 1. Captures d'écran relevées toutes les 30 min le 28/09/2022 entre 14h45 et 16h15

Le site fournit une modélisation de la trajectoire de l'ISS dans le référentiel terrestre au cours du temps. Il donne aussi des mesures effectives de l'altitude h de l'ISS par rapport au sol et de sa vitesse v dans le référentiel géocentrique à un instant donné.
Le site affiche aussi la trajectoire lors du précédent passage et celle du futur passage.
On peut observer sur cette carte la modélisation du jour (zone éclairée) et de la nuit (zone sombre) des différentes parties du globe terrestre à la date d'observation.

L'objectif de cet exercice est de vérifier le nombre total (arrondi à l'entier le plus proche) de levers et de couchers de Soleil auquel les astronautes assistent chaque jour à partir des données fournies par le site Astropleiades.

Données :

- rayon de la Terre : $R_T = 6{,}37 \times 10^6$ m ;
- constante de gravitation universelle : $G = 6{,}67 \times 10^{-11}$ m^3·kg^{-1}·s^{-2} ;
- masse de la Terre : $M_T = 5{,}97 \times 10^{24}$ kg.

On choisit de modéliser le mouvement du satellite par le mouvement circulaire uniforme de son centre de masse S sous l'action de la seule force d'attraction gravitationnelle exercée par la Terre dans le référentiel géocentrique supposé galiléen au regard des distances et des durées mises en jeu.

Q1. Réaliser un schéma simple, sans souci des proportions mises en jeu, de la situation et y faire figurer la force d'attraction gravitationnelle $\vec{F}$ exercée par la Terre sur le point S, le rayon R_T de la Terre, l'altitude h à laquelle évolue la station ISS et les vecteurs unitaires $\vec{u_n}$ et $\vec{u_t}$ de la base de Frenet placée en S.

Q2. En appliquant la deuxième loi de Newton, établir l'expression du vecteur accélération $\vec{a}$ de S.

Q3. Représenter, sans souci des proportions, le vecteur accélération $\vec{a}$ sur le schéma réalisé à la question Q1, après avoir précisé sa direction et son sens.

Q4. Montrer que l'expression de la valeur v de la vitesse de l'ISS évoluant autour de la Terre à l'altitude h s'écrit :

$$v = \sqrt{\frac{G\,M_T}{R_T + h}}$$

Q5. Déduire, en exploitant la relation précédente, l'expression de la masse M_T de la Terre en fonction de v, R_T, G et h.

Q6. Relever les valeurs d'altitude et de vitesse sur la capture d'écran réalisée à 15h15 de la figure 1 puis effectuer le calcul de la masse de la Terre M_T en supposant que la vitesse et l'altitude sont à peu près constantes.

Q7. Calculer la durée d'une révolution de l'ISS. Justifier la cohérence du résultat avec la figure 1.

Q8. Les astronautes, à bord de l'ISS, assistent à environ 16 levers et couchers de Soleil par jour. Vérifier cette affirmation par un calcul simple.

Copyright © 2027 FormaV®. Tous droits réservés.

FormaV® est une marque déposée auprès de l'INPI sous le numéro 5227897.

Ce document a été élaboré par FormaV® avec le plus grand soin afin d'accompagner chaque apprenant vers la réussite de ses examens. Son contenu (textes, graphiques, méthodologies, tableaux, exercices, concepts, mises en forme) constitue une œuvre protégée par le droit d'auteur.

Toute copie, partage, reproduction, diffusion ou mise à disposition, même partielle, gratuite ou payante, est strictement interdite sans accord préalable et écrit de FormaV®, conformément aux articles L.111-1 et suivants du Code de la propriété intellectuelle. Dans une logique anti-plagiat, FormaV® se réserve le droit de vérifier toute utilisation illicite, y compris sur les plateformes en ligne ou sites tiers.

En utilisant ce document, vous vous engagez à respecter ces règles et à préserver l'intégrité du travail fourni. La consultation de ce document est strictement personnelle.

Merci de respecter le travail accompli afin de permettre la création continue de ressources pédagogiques fiables et accessibles.