Baccalauréat général

Enseignement de spécialité sciences de l'ingénieur

Sujet zéro

Aucun document n'est autorisé

***Information aux candidats** : les candidats qui disposent d'une **calculatrice** avec **mode examen** devront l'activer le jour des épreuves et les calculatrices **dépourvues de mémoire** seront autorisées. Ainsi, tous les candidats composeront sans aucun accès à des données personnelles pendant les épreuves.*

Coefficient 16 – Durée 4 heures

ROBOT UBBO MAKER

Constitution du sujet

Le sujet comporte deux parties indépendantes qui peuvent être traitées dans un ordre indifférent.

- **Sujet** *(mise en situation et questions à traiter par le candidat)*
  - **partie 1 : sciences de l'ingénieur (3 heures)**..... pages 2 à 16
    - **documents réponses**..... pages 17 à 20
  - **partie 2 : sciences physiques (1 heure)** ..... pages 21 à 29

Dans la partie 1 : sciences de l'ingénieur :

- les sous-parties 1 et 4 sont à traiter obligatoirement par tous les candidats ;

- les candidats devront choisir de traiter seulement l'une des deux sous-parties :

• la sous-partie 2 (choix 1),

• la sous-partie 3 (choix 2).

Dans la partie 2 : sciences physiques les candidats choisiront de traiter deux des trois exercices proposés.

Les documents réponses DR1 à DR4 (pages 17 à 20) seront à rendre agrafés aux copies.

Partie 1 : sciences de l'ingénieur

Mise en situation



« AXYN » est une société française qui conçoit, fabrique et commercialise des robots de service spécialisés dans la téléprésence. Le robot « UBBO Maker » fait partie d'une gamme destinée à l'apprentissage et aux technophiles.

Dans le cadre du maintien à domicile d'un élève (voir figure 1), celui-ci doit pouvoir suivre ses cours à distance. Pour cela, un robot de téléprésence équipé d'une tablette numérique va simuler sa présence dans son établissement scolaire.

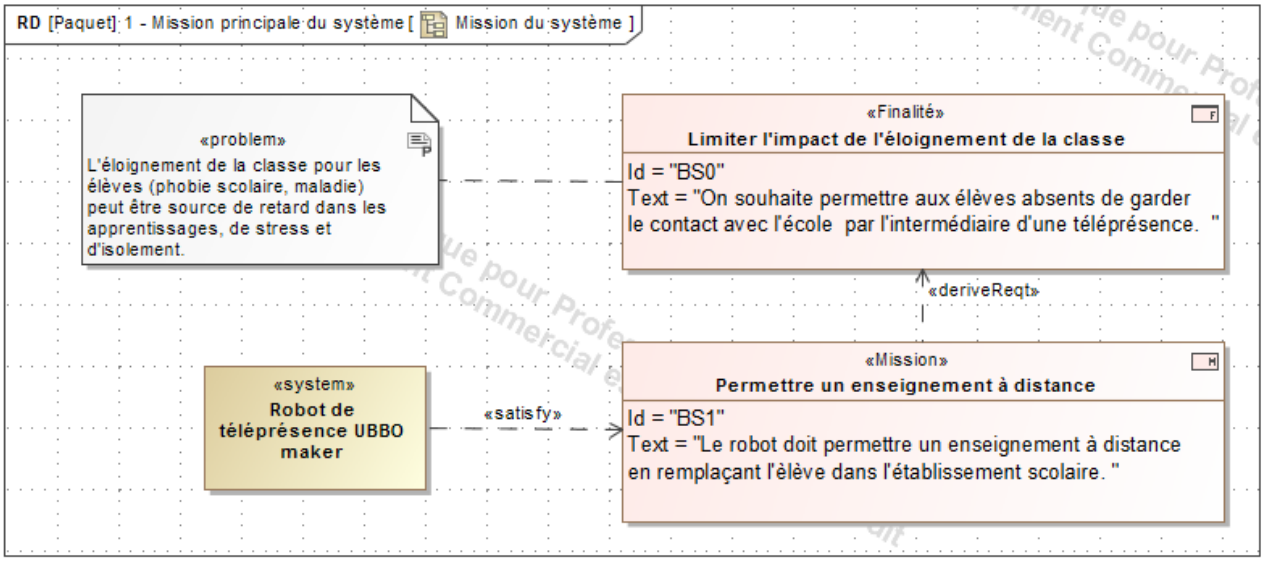


Figure 1 : mission du système.

Schéma de principe de la téléprésence retenue par l'entreprise :

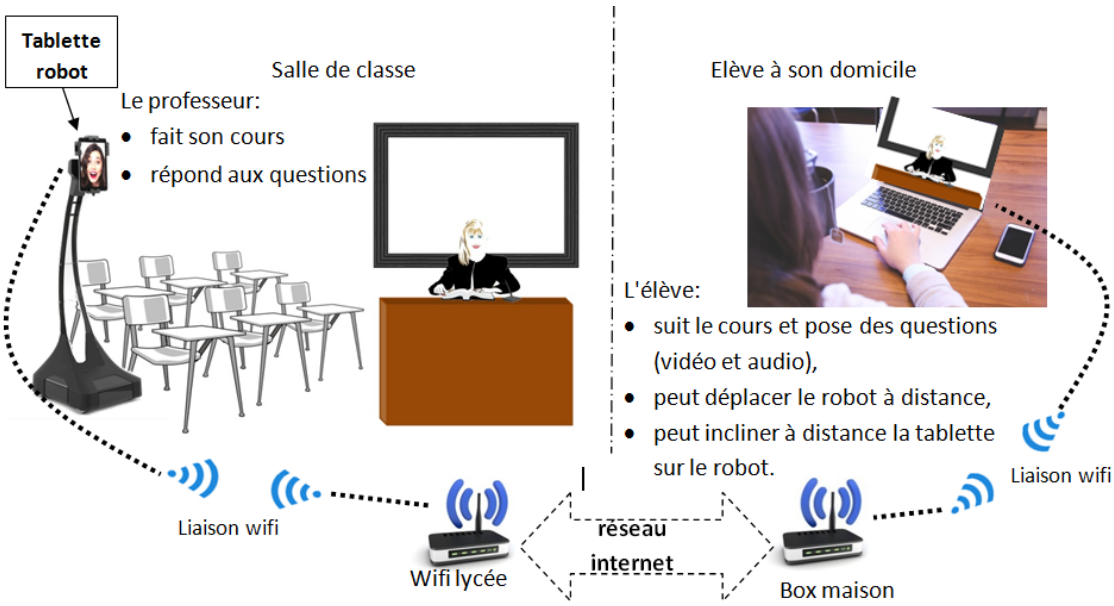


Figure 2 : schéma de principe de la téléprésence.

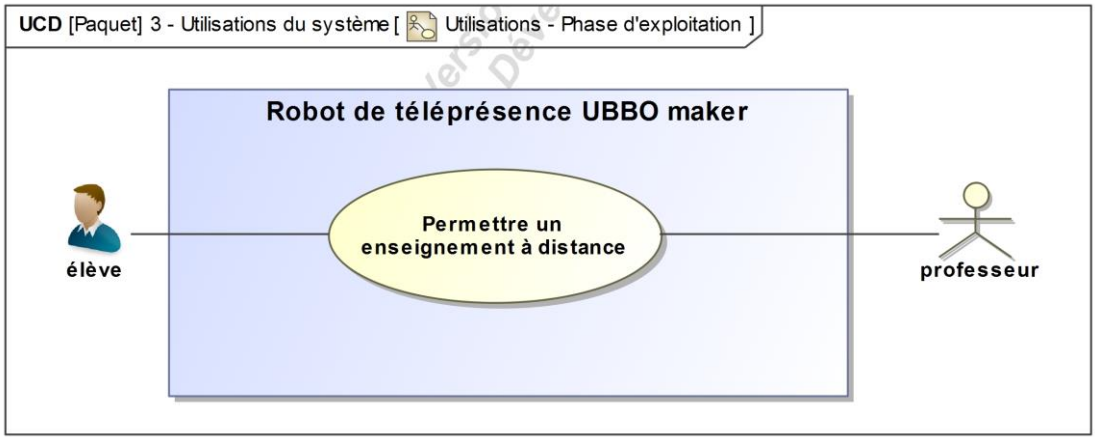


Figure 3 : diagramme des cas d'utilisation.

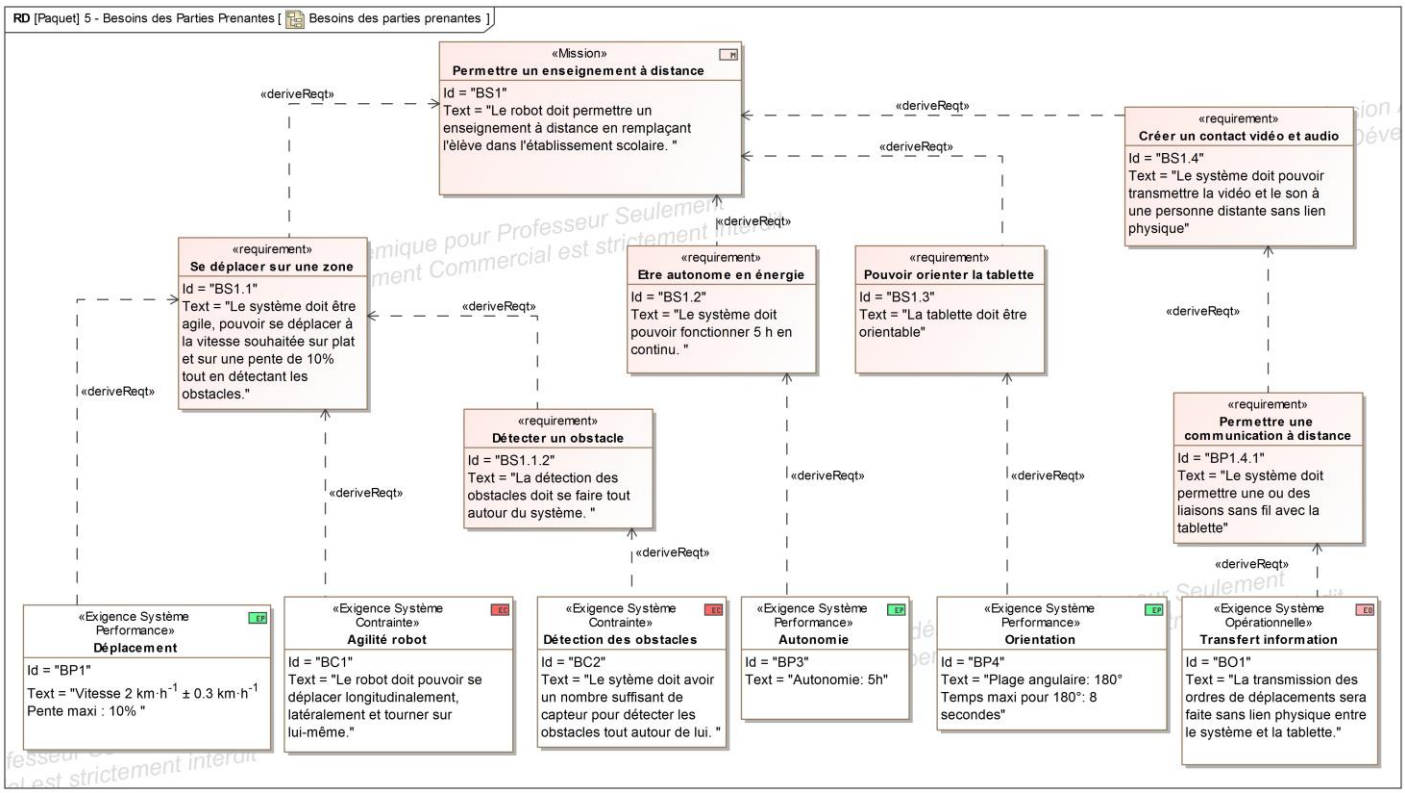


Figure 4 : diagramme des exigences.

La problématique abordée dans ce sujet est la suivante :

- comment positionner le robot dans la salle de classe et orienter la tablette pour permettre l'interaction entre un professeur et un élève situés dans des lieux distants ?

Le sujet va s'attacher à répondre à cette question par la résolution de trois problèmes techniques :

- comment permettre le déplacement du système dans son environnement, afin de pouvoir l'installer et le faire circuler dans la salle de classe quelle que soit la configuration du lieu ;
- comment assurer son autonomie de fonctionnement, afin que l'élève puisse assister à ses cours pendant au moins une demi-journée (le constructeur impose 5 heures) ;
- comment piloter et orienter l'interface de communication, afin d'assurer une bonne visibilité de la salle de classe pour l'élève ?

Enfin, une synthèse permettra de conclure et de répondre à la problématique.

Sous-partie 1 : à traiter obligatoirement

Permettre le déplacement du système dans son environnement.

L'objectif de cette partie est d'analyser la solution retenue par l'entreprise pour le déplacement du robot, de valider le choix des moteurs et enfin de garantir un déplacement en ligne droite.

La circulation dans un établissement scolaire et plus particulièrement dans les salles de classe est difficile pour un robot en raison des obstacles (personnes, tables, chaises, cartables, etc.).

Question 1.1 *À l'aide du diagramme des exigences figure 4, **relever** les critères chiffrés de déplacement à respecter pour la circulation dans un établissement scolaire.*

La solution retenue par l'entreprise pour le déplacement du robot est l'utilisation de roues suédoises (voir figures 5 et 6). Chaque roue est associée à un moteur et permet un déplacement du robot dans toutes les directions en fonction du sens de rotation des roues.

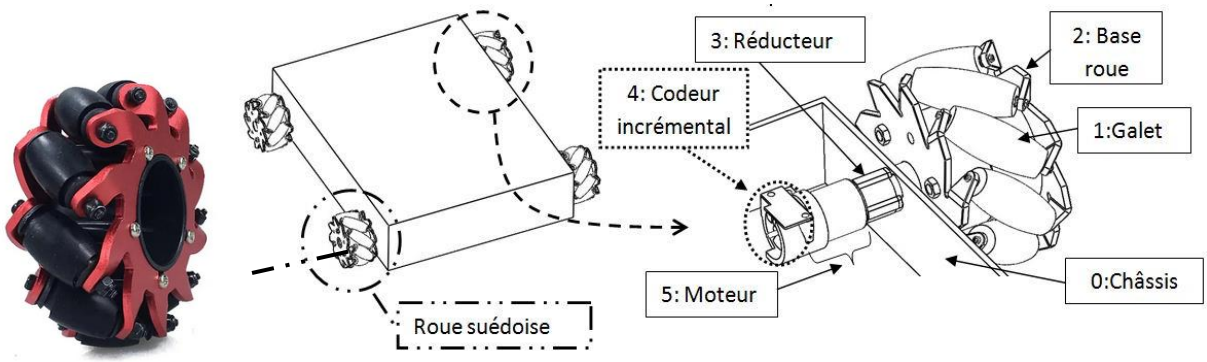


Figure 5 : vue du système de déplacement et détail pour une roue.

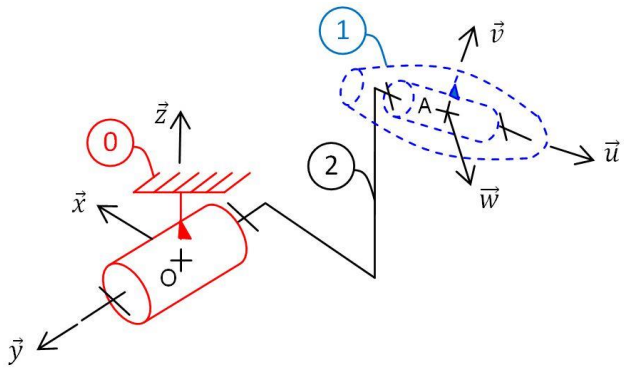


Figure 6 : schéma cinématique pour le guidage d'une roue.

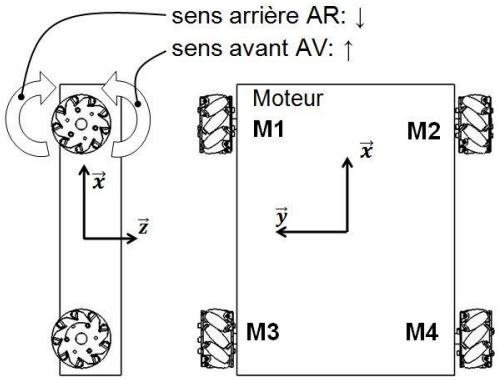


Figure 7 : numéro et sens de rotation des moteurs.

Question 1.2

Voir DR1

*À l'aide des figures 5 et 6, **compléter** sur le document réponse DR1, le diagramme de bloc interne avec le nom des composants (repérés avec un point d'interrogation) qui contribuent au déplacement du robot.*

Le robot doit suivre la loi de vitesse simplifiée suivante pour un **déplacement en ligne droite**.

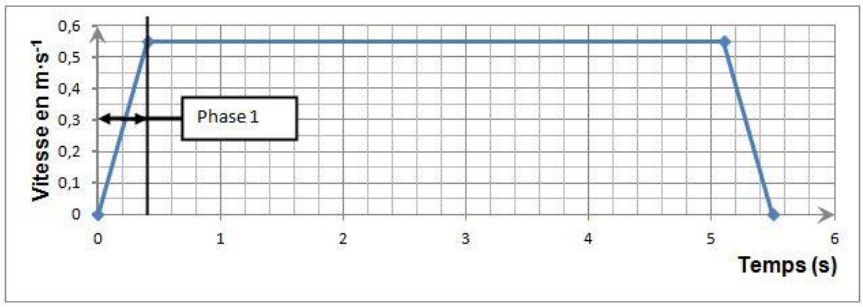


Figure 8 : loi de vitesse simplifiée pour un déplacement du robot.

Question 1.3 *À partir de la figure 8,* ***indiquer*** *la nature du mouvement pour la phase 1.* ***Déterminer*** *l'accélération* $\boldsymbol{a_G}$ *du robot lors de cette phase de démarrage.*

La figure 9 correspond à la modélisation plane de l'étude du déplacement du robot.

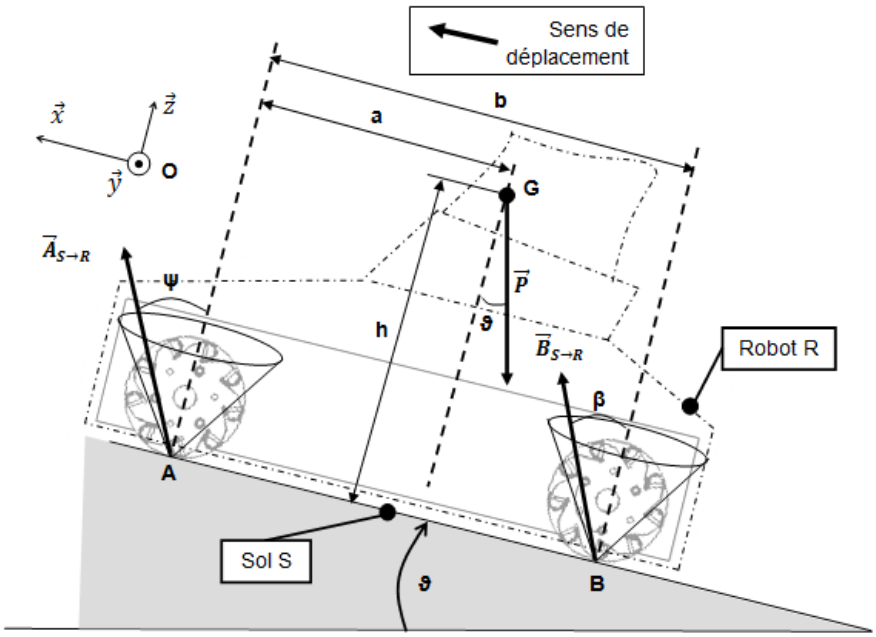


Figure 9 : modélisation des actions mécaniques extérieures exercées sur le robot dans le plan $(O,\vec{x},\vec{z})$.

Hypothèses :

- l'étude est effectuée avec l'hypothèse du roulement sans glissement ;
- le modèle proposé pour le robot figure 9 présente une symétrie de géométrie et d'efforts suivant le plan $(O,\vec{x},\vec{z})$;
- masse robot, *Mr* = 12 kg ;
- accélération de la pesanteur, *g* = 9,81 m·s^{-2} ;
- accélération du robot, a_G = 1,375 m·s^{-2} ;
- actions de l'air sur le robot et résistance au roulement négligées ;
- dimensions : a = 0,180 m; b = 0,336 m et h = 0,3 m.

Actions mécaniques extérieures appliquées sur le robot :

- $\overrightarrow{A_{S\to R}}$, action de contact du sol sur le robot appliqué au point A ;
- $\overrightarrow{B_{S\to R}}$, action de contact du sol sur le robot appliqué au point B ;
- $\overrightarrow{P}$, action à distance de la pesanteur sur le robot appliqué au centre de gravité G.

Question 1.4

Voir DR1

Lors de la phase d'accélération, ***tracer*** *sur le document DR1 les projections des actions mécaniques* $\vec{A}_{S\to R}, \vec{B}_{S\to R}$ *et* $\vec{P}$ *dans le plan* $(0,\vec{x},\vec{z})$ *(exemple pour* $\vec{A}_{S\to R}$ *elles seront notées* XA *pour la composante sur* $\vec{x}$ *,* ZA *pour celle sur* $\vec{z}$*).* ***Retrouver*** *en détaillant votre démarche,* *les relations ci-dessous par application du théorème de la résultante dynamique.*

$$\boldsymbol{XA + XB - P \cdot sin(\vartheta) = Mr \cdot a_G}$$ **(équation 1)**

$$\boldsymbol{ZA + ZB - P \cdot cos(\vartheta) = 0}$$ **(équation 2)**

L'application du théorème du moment dynamique au point A permet de trouver l'équation suivante :

$$\boldsymbol{ZB \cdot b - P \cdot a \cdot cos(\vartheta) - P \cdot h \cdot sin(\vartheta) - a_G \cdot Mr \cdot h = 0}$$ **(équation 3)**

Le cas limite se produit lors d'un déplacement sur une pente de 10 % (cela correspond à un angle de 5,71 degrés par rapport à l'horizontale), départ arrêté.

En considérant que l'on se situe à la limite de l'adhérence en A, les angles ψ et β ont pour valeurs ψ = 20 degrés et β = 11,3 degrés.

Question 1.5

Déterminer *les relations liant* $\boldsymbol{ZA}$*,* $\boldsymbol{XA}$ *et l'angle* ψ *ainsi que* $\boldsymbol{ZB}$*,* $\boldsymbol{XB}$ *et l'angle* β*.*

À partir des équations 1, 2 et 3 et des relations précédemment trouvées, ***déterminer*** *pour le cas limite quelle est l'action tangentielle* $\boldsymbol{XB}$ *ou* $\boldsymbol{XA}$ *la plus importante.*

La chaîne de puissance peut être décomposée de la manière suivante.

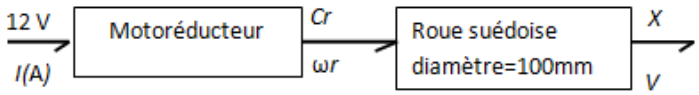


Figure 10 : chaîne de puissance partielle.

Quelles que soient les valeurs obtenues précédemment, les données à utiliser sont :
- l'action tangentielle (X) au niveau du contact de la roue avec le sol dans le cas limite aura pour valeur 8,9 N ;
- vitesse du robot par rapport au sol V = 0,55 m·s^{-1}.

Question 1.6

Déterminer *la fréquence de rotation* ω_r *en* rd·s^{-1} *puis en* tr·min^{-1} *ainsi que le couple* C_r *en N·m en sortie du motoréducteur.* ***Conclure*** *sur le choix du moteur fait par l'entreprise (voir figure 11).*

Les caractéristiques du motoréducteur choisi par l'entreprise sont les suivantes :

Motoréducteur	Namki coreless motor
Modèle	22CL-3501PG
Tension	12 V
Puissance	15 W
Réducteur	r=1/80
Vitesse sortie	120 tr·min^{-1}
Couple fonctionnement normal	0,49 N·m
Masse	140 g

Figure 11 : données constructeur du motoréducteur.

Les roues suédoises ainsi que l'incidence des choix de la rotation des 4 moteurs (sens avant : AV ou arrière : AR) présentées sur les figures 5, 6 et 7 permettent au robot de se déplacer dans la direction souhaitée. Pour se déplacer en ligne droite, les quatre roues du robot doivent tourner dans le même sens et à la même vitesse.

Un essai de déplacement en **ligne droite** sur une pente de 10 % est mis en œuvre**.** Une modélisation du fonctionnement en chaîne directe (figure 12) est réalisée sur les roues arrière pour les deux chaînes de puissance (moteurs M3 et M4, voir figure 7). Des perturbations modélisées par des frottements visqueux (proportionnels à la vitesse de rotation) différents sur chaque roue dus aux divers composants (réducteur, etc.) sont appliquées et donnent la simulation figure 13.

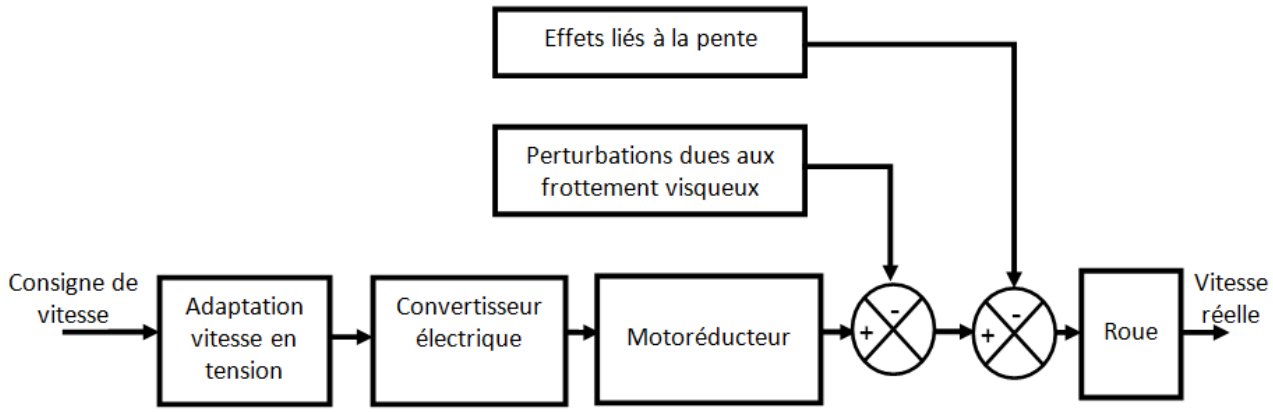


Figure 12 : schéma de principe de commande d'une roue en chaîne directe.

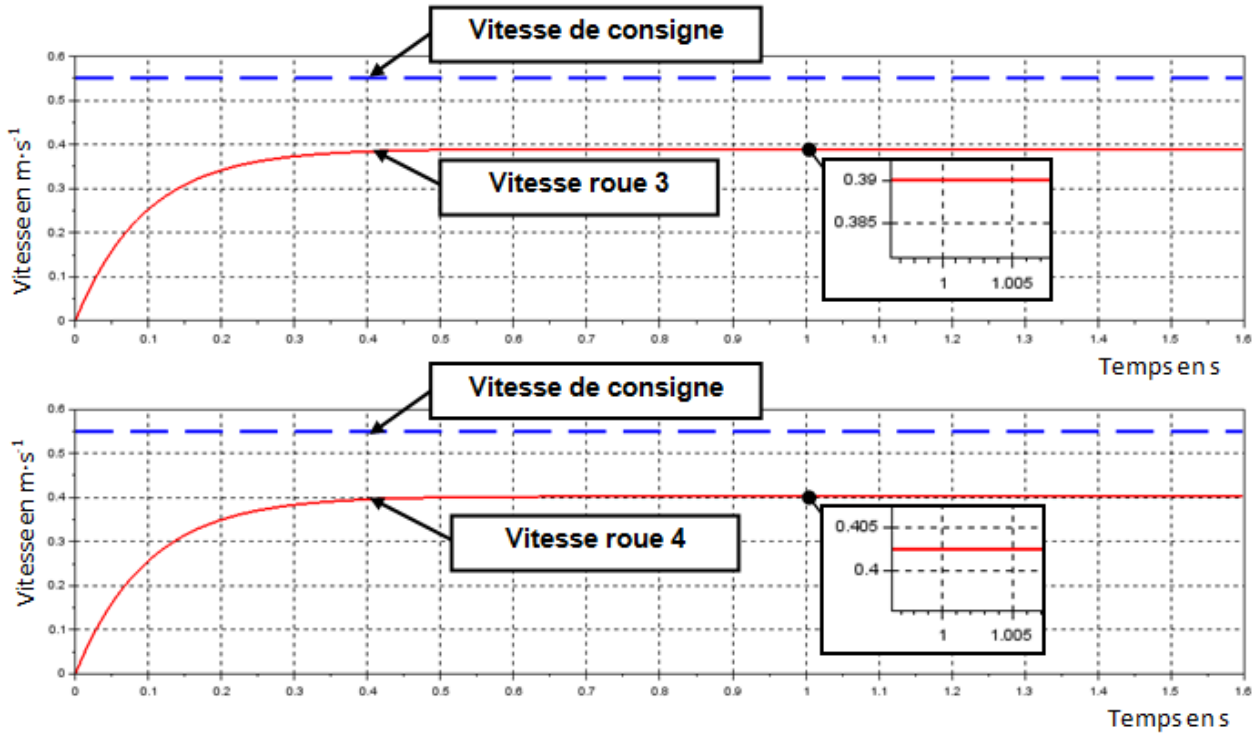


Figure 13 : résultats de la simulation (moteurs M3 et M4) de la chaîne de propulsion.

Question 1.7 *À l'aide de la simulation figure 13,* ***déduire*** *les conséquences des perturbations sur la vitesse des roues et la trajectoire de déplacement du robot.* ***Proposer*** *une solution qui permet de remédier à ce problème.*

La mesure de l'angle de rotation moteur, et donc indirectement de la vitesse, est obtenue par des codeurs incrémentaux (voir figure 5). Une régulation en vitesse et l'ajout d'un correcteur proportionnel sont réalisés. Un modèle dont le schéma de principe est donné figure 14 permet d'obtenir la simulation figure 15.

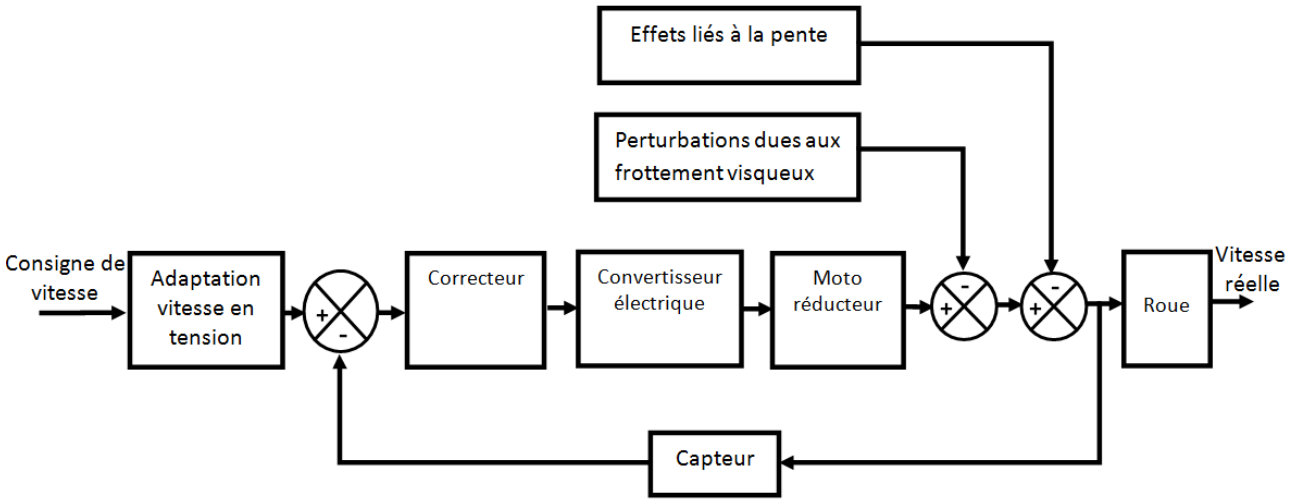


Figure 14 : schéma de principe de commande d'une roue avec régulation de vitesse.

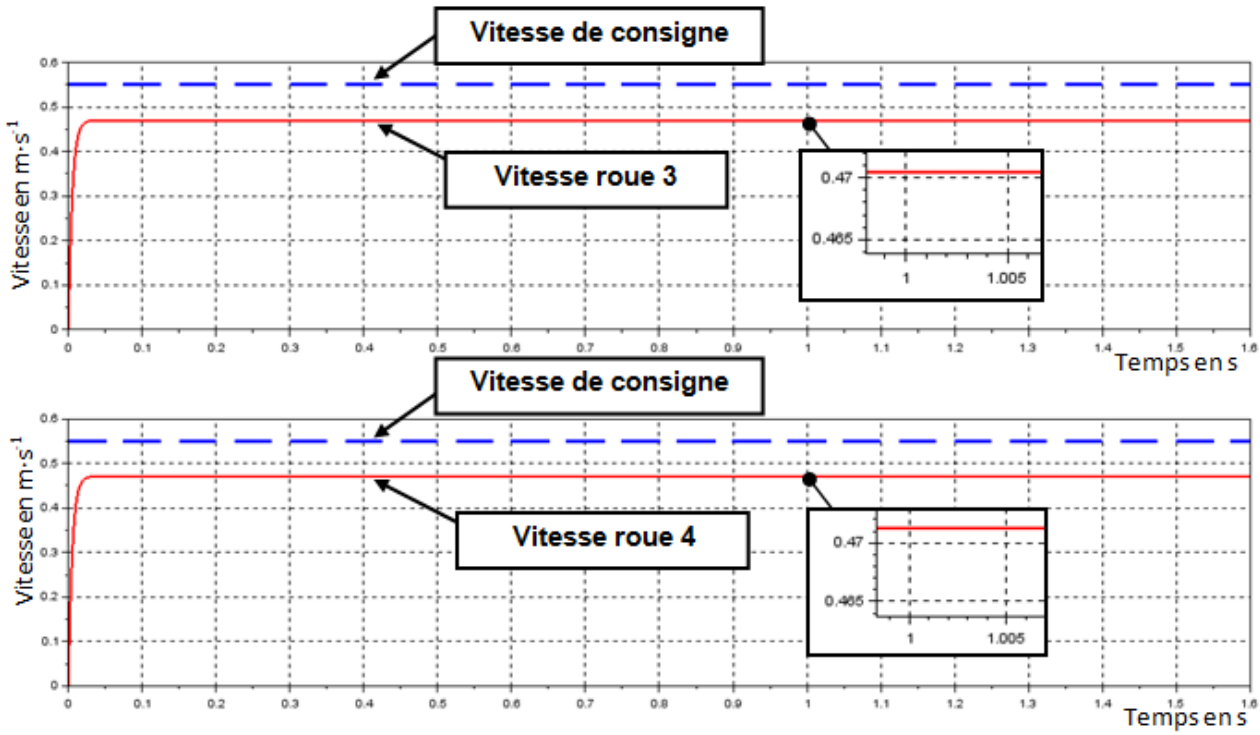


Figure 15 : résultats de la simulation de la chaîne de propulsion (moteurs M3 et M4) avec régulation de vitesse.

Question 1.8 *À partir de la simulation figure 15,* ***déterminer*** *les écarts pour les vitesses des roues 3 et 4 entre le modèle simulé et l'exigence attendue.* ***Expliquer*** *l'intérêt d'avoir utilisé une régulation avec correcteur proportionnel.*

Question 1.9 *En justifiant votre réponse,* ***conclure*** *sur la capacité de déplacement du robot pour BP1 et BC1 (uniquement pour le déplacement longitudinal) de la figure 4.*

Sous-partie 2	Choix 1

2. Assurer son autonomie de fonctionnement

L'objectif de cette partie est d'estimer la consommation énergétique du robot, d'en déterminer son autonomie afin de valider le choix de la batterie aux vues des exigences attendues.

La consommation énergétique du robot peut se répartir en trois principaux points :

- la consommation due aux moteurs pour le déplacement ;
- la consommation due à la tablette ;
- la consommation due à l'électronique embarquée (carte électronique, capteurs, etc.).

Pour affiner l'estimation de l'autonomie, le modèle multi-physique complet du robot de la figure 16 a permis d'obtenir l'intensité consommée par un moteur lors d'un fonctionnement test (figure 17) ainsi que l'allure de la décharge de la batterie (figures 18 et 19).

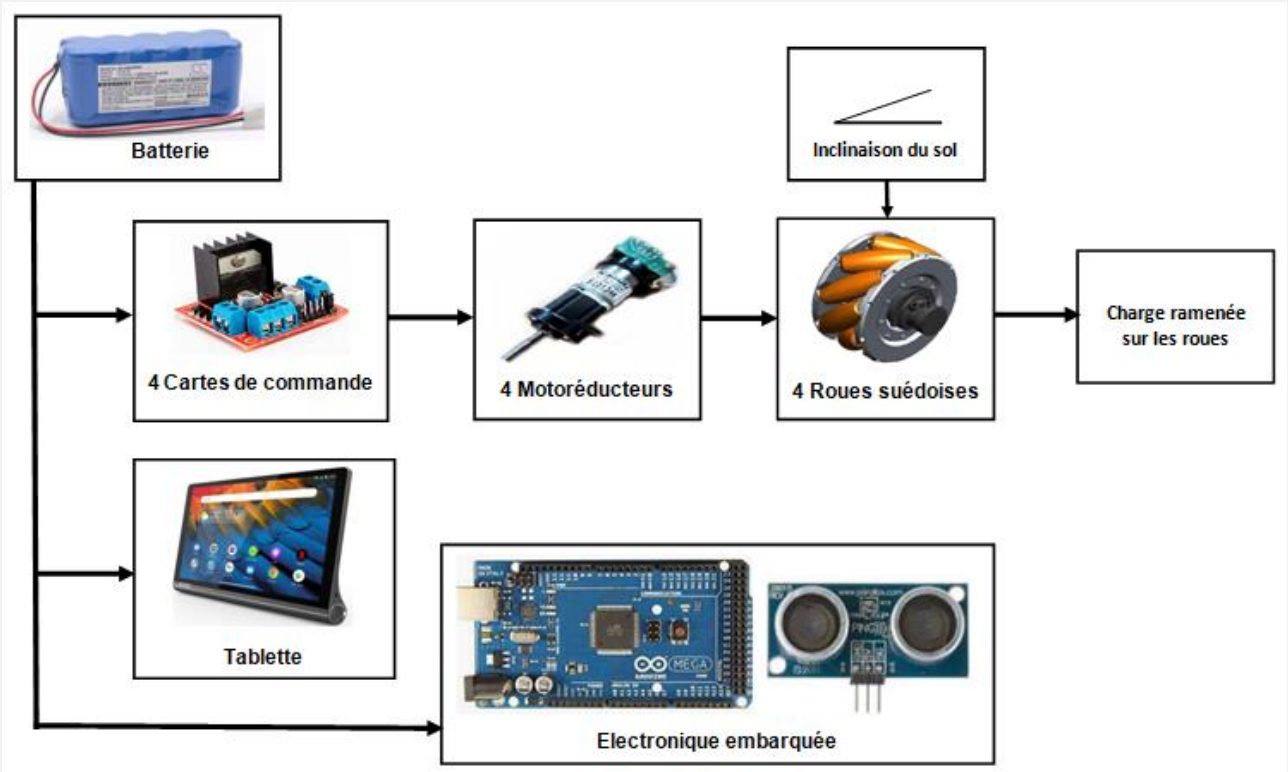


Figure 16 : schéma de principe simplifié du modèle multi-physique complet incluant les quatre chaînes fonctionnelles du robot.

À partir du modèle multi-physique présenté par le schéma de principe simplifié ci-dessus, la simulation suivante est réalisée ; celle-ci représente l'évolution de l'intensité consommée par **un moteur de l'essieu arrière** en ampère en fonction du temps en seconde pour un fonctionnement test.

De 0 s à 20 s le robot se déplace sur un sol plat, puis de 20 s à 40 s sur un sol en pente de 10 %, à partir de 40 s le robot s'arrête et reste en position fixe (seules la tablette et l'électronique embarquée consomment).

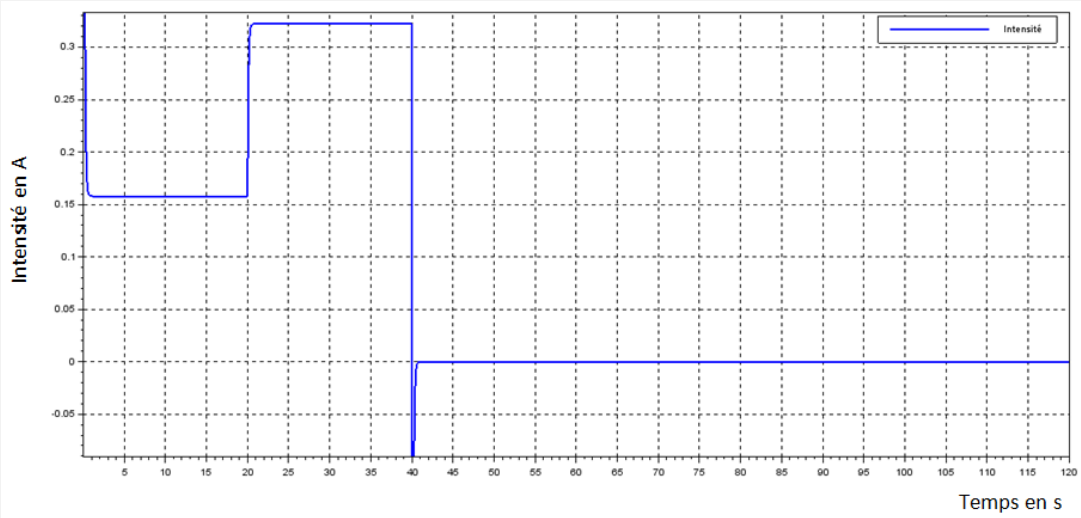


Figure 17 : intensité absorbée par un moteur de l'essieu arrière fournie par la modélisation pour un fonctionnement test et une tension d'alimentation de 14,8V.

Une étude sur l'essieu avant a permis de trouver une consommation en énergie pour les moteurs M1 et M2 : $Co_{mot\text{-}avant}$ = 0,065 W·h.

Question 1.10 ***Déterminer*** *la consommation en énergie des deux moteurs* de l'essieu arrière (M3 et M4) *$Co_{mot\text{-}arrière}$ en W·h pour un fonctionnement test à partir de la simulation de la figure 17, puis* ***déterminer*** *la consommation en énergie des 4 moteurs Co_{4mot} pour une période de 2 min correspondant au fonctionnement test de la figure 17.*

Remarque : ne pas tenir compte de la pointe de courant au démarrage du moteur ni à t = 40 s et assimiler le tracé à des segments de droite.

Les caractéristiques de consommation des différents éléments du robot sont données ci-dessous, les accessoires fonctionnant en continu :

- tension d'alimentation des accessoires 14,8 V ;
- tablette intensité absorbée 0,9 A ;
- carte microprogrammée intensité absorbée 12 mA ;
- capteurs intensité absorbée 5 mA par chacun des deux capteurs ;
- les autres éléments ont une consommation négligeable.

Question 1.11 ***Déterminer*** *la consommation des accessoires Co_{acc} (tablette, carte microprogrammée et capteurs) pour une durée de 2 min en W·h.* ***En déduire*** *la consommation énergétique totale (moteurs + accessoires) dans le cas d'un fonctionnement test ramené à 1 h.*

Question1.12 *À partir des caractéristiques de la batterie dans le diagramme de bloc interne (voir DR1),* ***calculer*** *l'énergie stockée E_{batt} dans la batterie en W·h, puis* ***déterminer*** *l'autonomie du robot de téléprésence en heure.*

Pour affiner avec plus de précision l'autonomie du robot, une tension minimum (U_{batmin}) est nécessaire pour que le robot puisse fonctionner correctement. De plus, une batterie au lithium ne doit pas être déchargée de plus de 95 % pour conserver une durée de vie optimale. La tension minimum U_{batmin} est de 12,5 V.

À partir du schéma de principe du modèle multi-physique (figure 16), les simulations suivantes ont été réalisées ; la première représente l'évolution de la tension de la batterie en volt en fonction du temps en seconde et la seconde représente le pourcentage de charge lors d'un fonctionnement permanent du robot, à partir des estimations moyennes de consommation d'énergie déjà calculées.

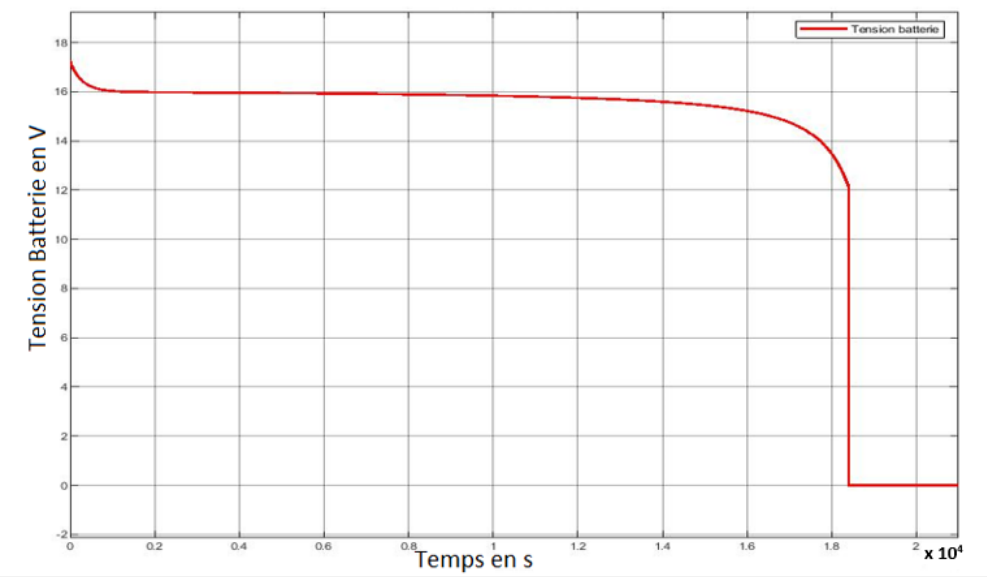


Figure 18 : décharge de la batterie en volt.

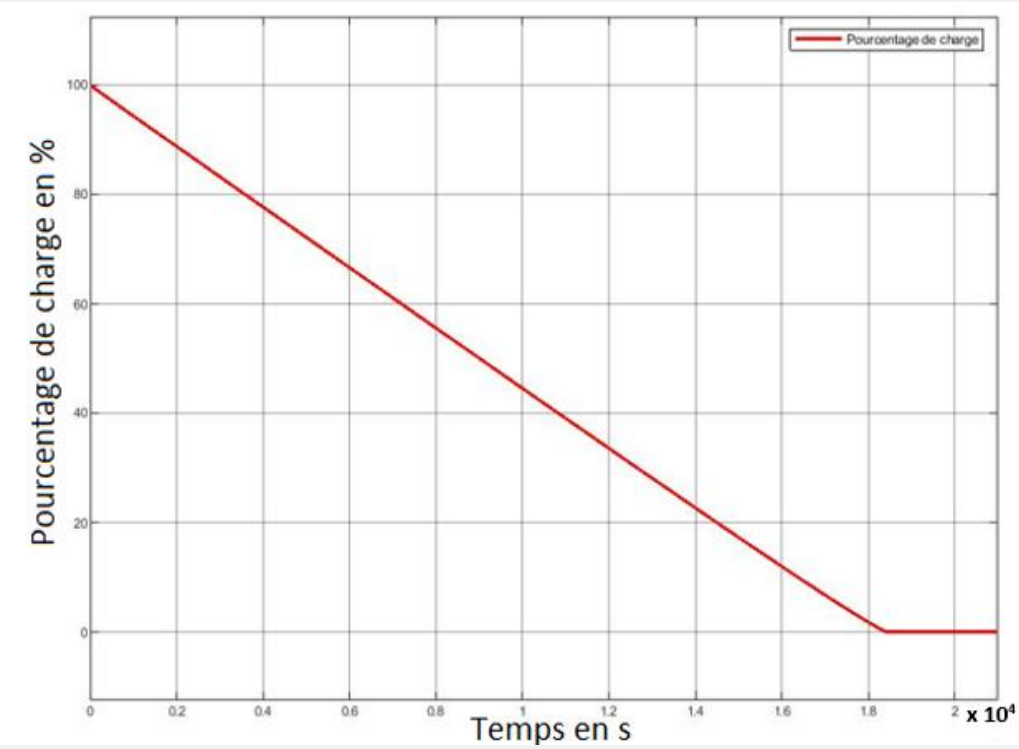


Figure 19 : décharge de l'énergie de la batterie en %.

Question 1.13 *À partir des relevés (figure 18 et 19),* ***relever*** *les temps correspondant à* $U_{batmin.}$ *et à une décharge de 95 % notés respectivement* $T_{Ubatmin}$ *et* $T_{95\%}$*.* ***Déterminer*** *la durée pendant laquelle la batterie peut assurer le fonctionnement du robot.*

Question 1.14 *La batterie choisie par le constructeur permet-elle dans le cas d'un déplacement type de garantir les exigences attendues ?* ***Justifier*** *la réponse et* ***proposer*** *des améliorations si nécessaire.*

Sous-partie 3 Choix 2

3. Piloter et orienter l'interface de communication

L'objectif de cette partie est de valider le choix de la technologie pour la transmission des informations entre la tablette et la chaîne d'information du robot, et de garantir une commande d'inclinaison de la tablette conforme au fonctionnement attendu.

La figure 20 représente les différentes liaisons informatiques reliant les différents éléments à l'établissement scolaire (voir aussi la figure 1 : schéma de principe de la téléprésence) :

- de chez lui, l'élève pilote le robot présent dans la salle de cours à partir de l'application dédiée (à partir de son ordinateur, d'une tablette ou de son téléphone) le robot présent dans la salle de cours ;
- dans l'établissement, une borne Wi-Fi permet les échanges entre la tablette et l'élève resté à son domicile ;
- au niveau du robot, la communication entre la tablette et la chaîne d'information du robot se fait en Bluetooth ;

Dans la salle de classe :

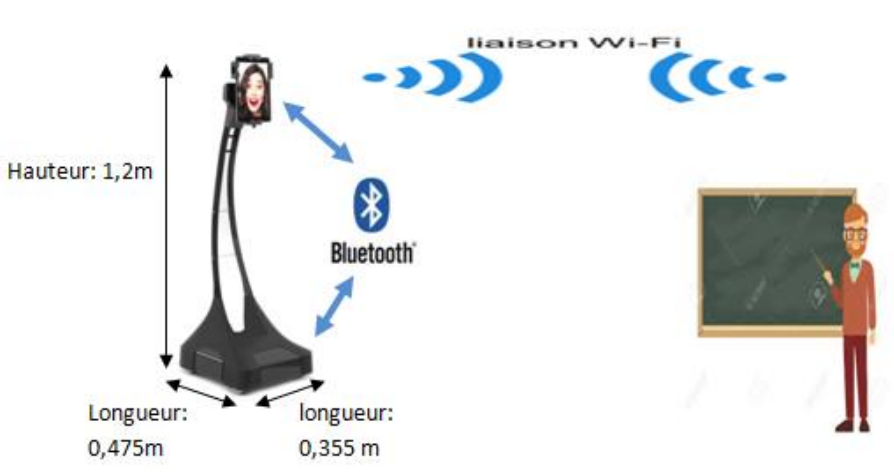


Figure 20 : liaisons informatiques reliant les différents éléments.

Présentation de l'interface Bluetooth :

- le Bluetooth est une technologie de **réseau personnel sans fil** (noté **WPAN** pour **W**ireless **P**ersonnel **A**rea **N**etwork). Il s'agit d'une technologie de réseaux sans fil à **faible portée** (quelques dizaines de mètres). Elle permet de relier plusieurs appareils entre eux sans liaison filaire, en utilisant les **ondes radio** comme support de transmission. La liaison radio fonctionne dans une bande de fréquence située autour de **2,45 GHz ;**
- vitesse de transmission 1 $Mb \cdot s^{-1}$;
- faible consommation (de 7 fois à 10 fois moins que la WiFi) ;
- portée : la puissance d'émission permise pour un équipement Bluetooth est réglementée. Trois classes de puissance sont définies par la norme.

Classe	Puissance d'émission maximale	Portée en champ libre
1	100 mW	100 m
2	2,5 mW	40 m
3	1 mW	10 m

Module Bluetooth :	Bee TEL0023	
Bluetooth	V2.0	
Sensibilité	Livré avec une antenne intégrée	
Brochage	Compatible avec le XBEE	
Fréquence de fonctionnement	2,4 à 2,48 GHz	
Modulation	GFSK	
Puissance de transmission	= 4 dBm, classe-2	
Distance de transmission	20 à 40 m maximum (en espace libre)	
Débit de transfert de données	Synchrone : 1 Mbits/s	
Prise en charge des profils	Port série Bluetooth	
Tension d'entrée	+3,3 CC/50 mA	
Température fonctionnement	-20 à +55 °C	

Figure 21 : module Bluetooth implanté dans le robot.

Question 1.15 *À partir de la présentation de l'interface Bluetooth ci-dessus,* ***valider*** *le choix de cette technologie au regard du critère de distance de transmission.* ***Indiquer*** *quel autre critère aussi prépondérant dans le choix d'une communication Bluetooth entre la tablette et le robot a été retenu par le concepteur.*

L'inclinaison de la tablette du robot (voir figure 2) est réalisée par un servomoteur décrit figure 22.

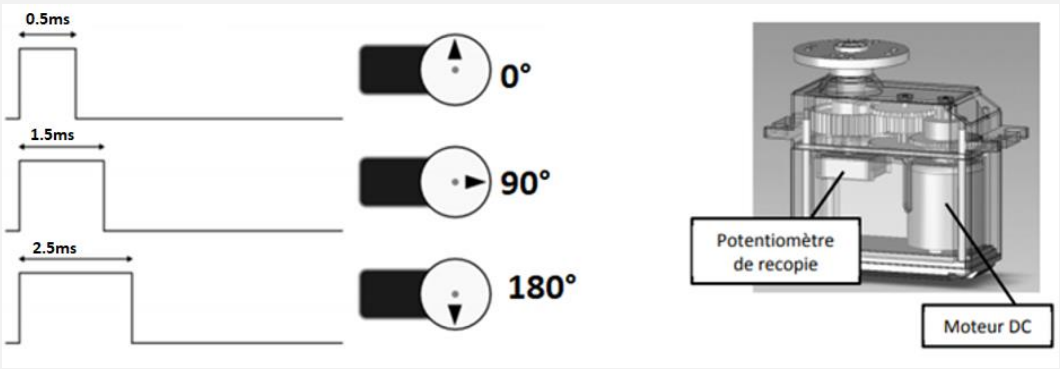


Figure 22 : servomoteur.

Un servomoteur est un système électromécanique, asservi en position, servant à actionner les parties mobiles d'un modèle-réduit, et répondant à une commande externe de type MLI (modulation à largeur d'impulsion) généralement transmise par une radiocommande. C'est la largeur de ces impulsions, générées périodiquement, qui détermine la position angulaire de l'axe de sortie. L'amplitude angulaire du servomoteur varie de 0° à 180° (pour une largeur d'impulsion qui varie entre 0,5 ms et 2,5 ms) pour une période de 20 ms.

Servomoteur	Référence : FEETECH FT835BL
Masse	72 g
Vitesse de fonctionnement	0,14 sec / 60 degrés (6 V)
Couple de calage	30 kg·cm/416,61 oz·in (6 V)
Tension de fonctionnement	6 V
Angle de fonctionnement	180 degrés
Impulsion requise	500 à 2500 µs
Longueur du fil du connecteur	30 cm

(Attention : les unités peuvent être différentes du système international.)

La largeur de l'impulsion de commande est codée sur 12 bits. La commande d'un angle nul correspond à 12 bits à 0 soit 000 en hexadécimal, la commande d'un angle de 180° correspond à 12 bits à 1 soit FFF en hexadécimal.

Question 1.16 ***Déterminer*** *l'angle de déplacement de la tablette le plus petit qu'il est possible de commander, en degrés, puis le temps mis par la tablette pour pivoter de 15°.* ***Commenter*** *cette valeur dans le contexte d'utilisation de la tablette.*

Constitution d'une trame Bluetooth

Les données sont transmises par paquet. Chaque paquet est constitué des informations suivantes :

Code d'accès 72 bits	En-tête 56 bits	Données 240 bits max

Code d'accès	72 bits	Ces bits permettent de configurer la liaison afin de synchroniser les différents composants Bluetooth. (Fréquence, code canal, code de recherche……
En tête	56 bits	Ce champ contient dans l'ordre l'adresse de l'esclave (codée sur 3 bits), le type de paquets et des bits de contrôle (erreurs…)
Données	240 bits max	La taille de la donnée est variable et peut aller jusqu'à 240 bits maximum.

Dans une trame **c'est le LSB (bit de poids faible) qui est transmis en premier**.

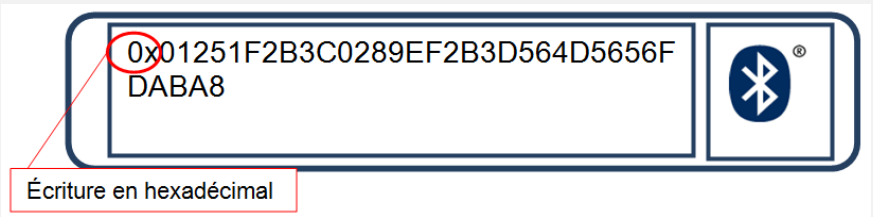


Figure 23 : relevé de la trame Bluetooth de commande d'inclinaison de la tablette.

L'information concernant la commande du sens de déplacement correspond au bit (bit_{sens}) de poids faible du premier octet de données (si bit_{sens} = 0 diminution de l'angle (déplacement négatif), si bit_{sens} = 1 augmentation de l'angle (déplacement positif)).

Question 1.17 *Après avoir éliminé de la trame ci-dessus les octets correspondants aux codes d'accès et à l'en-tête,* ***extraire*** *des données le sens de déplacement.* ***Calculer*** *la largeur de l'impulsion : T_{imp} à envoyer pour obtenir un positionnement de la tablette à 100 degrés.*
Rappel : en hexadécimal un caractère représente 4 bits, un octet tient sur deux caractères hexadécimaux.

La gestion globale du robot est représentée sur l'algorigramme (figure 24). Le sous-programme <<Commande du servomoteur d'orientation de la tablette >> permet de gérer et commander l'inclinaison de la tablette.

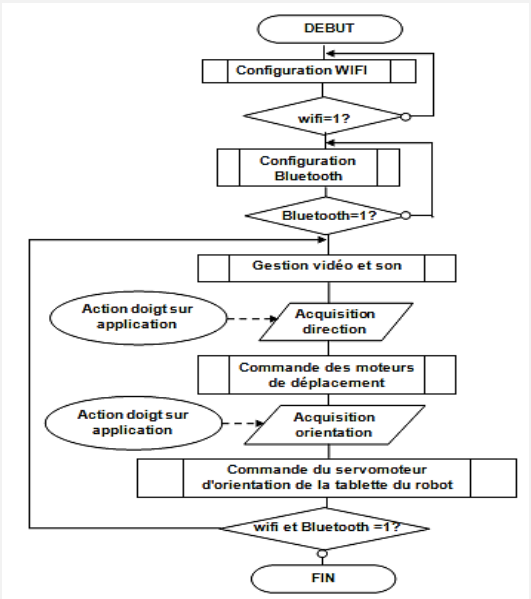


Figure 24 : algorigramme de gestion globale du système.

Question 1.18 *Sur le document DR2,* ***compléter*** *l'algorigramme qui permet de calculer le rapport cyclique (RC) en fonction de l'angle désiré (voir document servomoteur).*

Voir DR2

Rappel : RC = $\frac{\text{Largeur impulsion}}{\text{Période}}$ *et période = 20 ms*

Le déplacement étant très rapide, il faut un programme qui non seulement permet d'incrémenter et décrémenter l'angle de positionnement, mais aussi de ralentir le déplacement en faisant des temps de pause. Le programme du document DR3 permet de tester l'incrémentation, décrémentation et temps de pause sur la carte microcontrôleur au travers de deux boutons poussoirs sur deux entrées de la carte électronique qui représenteront les actions de l'élève sur la tablette.

Question 1.19 *Sur le document DR3,* ***compléter*** *le sous-programme python <<commande du servomoteur d'orientation>> (voir figure 24 : algorigramme de gestion globale du système) afin de diminuer l'angle d'orientation de la tablette. Sur la feuille de copie,* ***conclure*** *synthétiquement sur les exigences attendues pour orienter la tablette (voir figure 4).*

Voir DR3

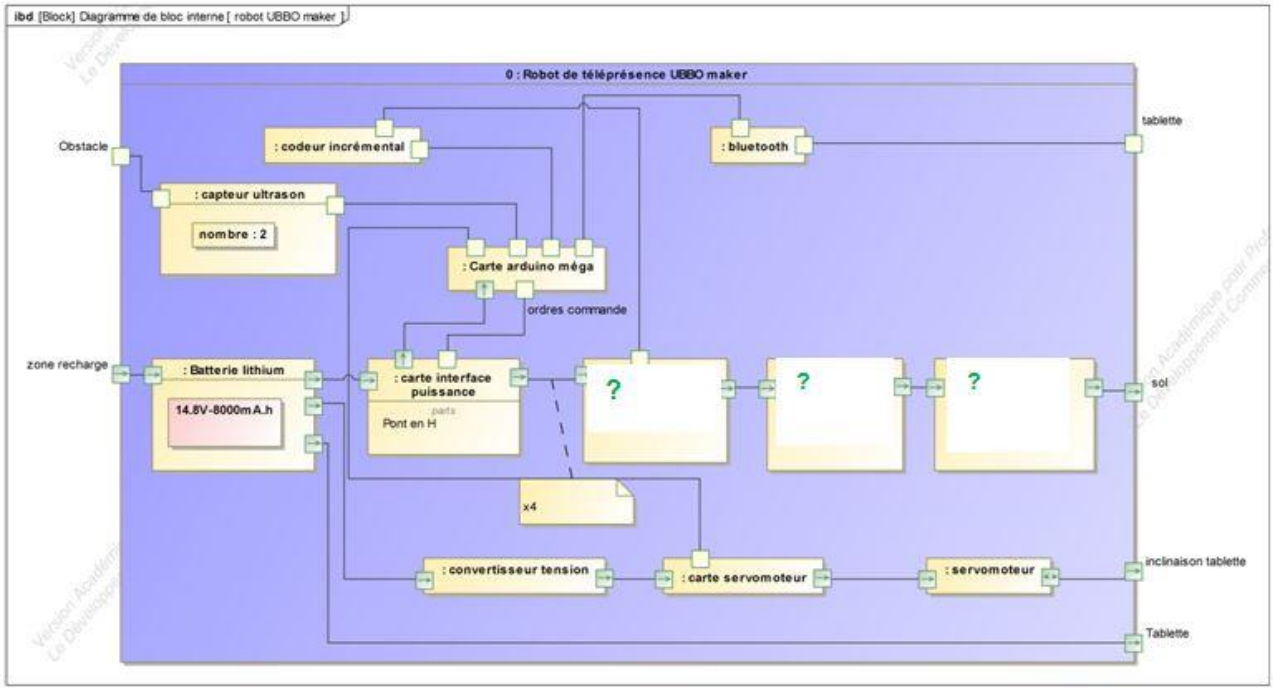
Sous-partie 4. À traiter obligatoirement

Synthèse

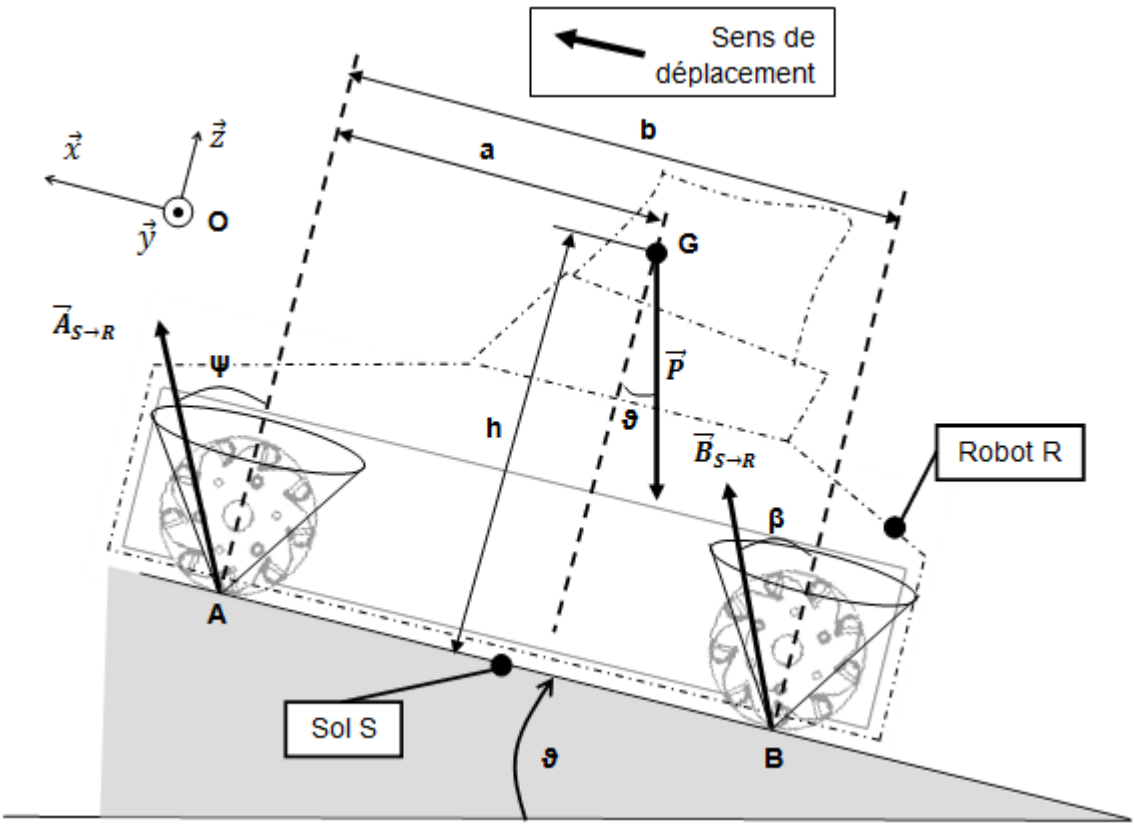
Question 1.20 *En reprenant les objectifs d'étude des différentes parties,* ***compléter*** *les cases non grisées du document réponse DR4 (voir diagramme des exigences figure 4).* ***Quantifier*** *l'écart relatif sur la valeur finale de l'autonomie du robot entre d'une part les calculs effectués et les performances attendues.*

Voir DR4

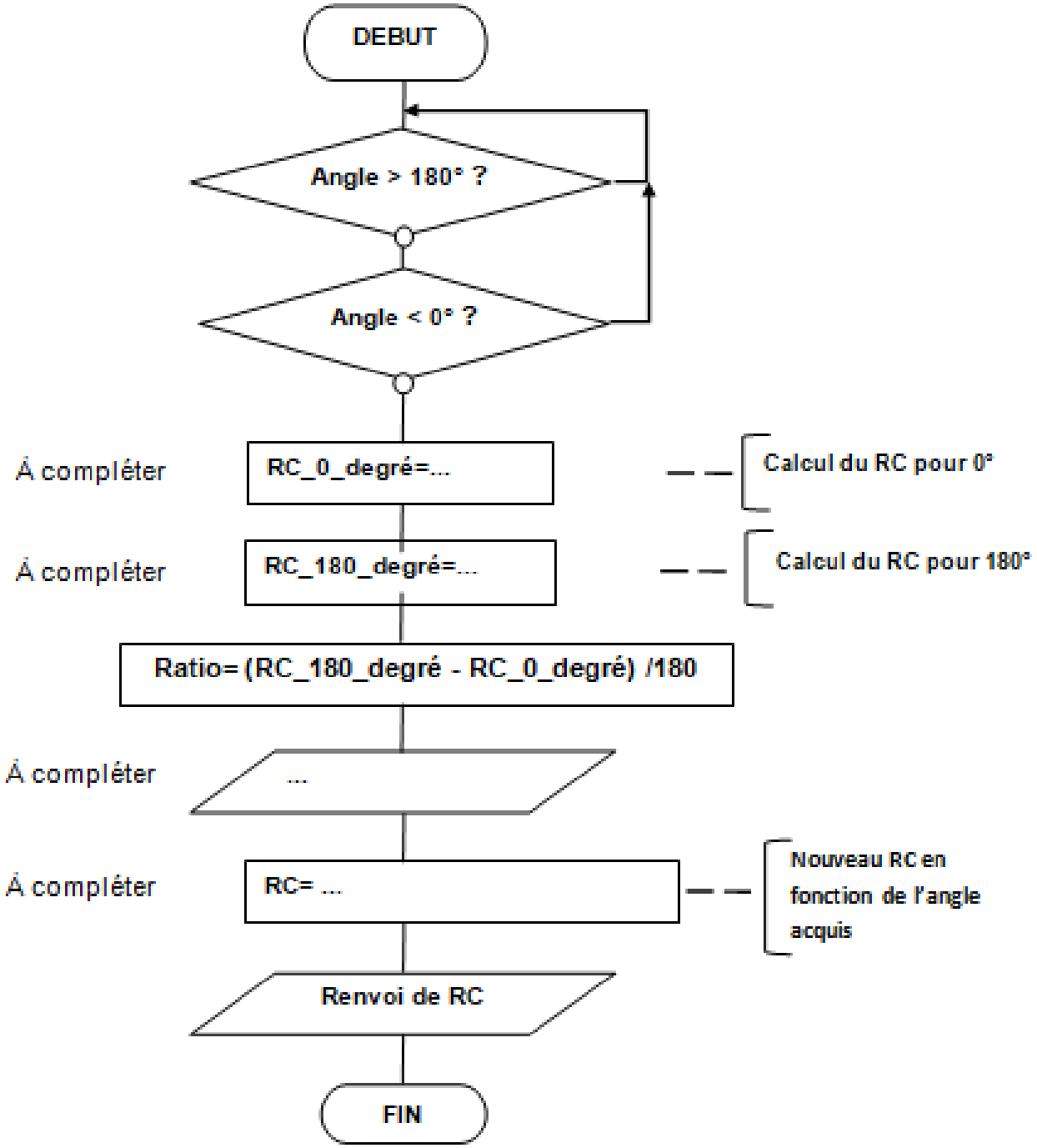
Question 1.2



Question 1.4



Question 1.18



Question 1.19

```
"""sous programme: Commande du servomoteur d'orientation de la tablette"""

import RPi.GPIO as GPIO                              #importation de la librairie
import time                                          #importation de la librairie time


angle=90                                             #affectation de l'angle milieu de positionnement
                                                     #de la tablette (90°)

def rapport_cyclique_en_pourcentage(angle) :         #fonction qui permet de calculer le rapport cyclique
                                                     #en % en fonction de l'angle
    if angle > 180 or angle < 0 :
        return False

    RC_0_degre=2.5                                   #rapport cyclique: impulsion pour 0° / temps
                                                     #pour un cycle= 0.5/20= 0.025=2.5%
    RC_180_degre = 12.5                              #rapport cyclique: impulsion pour 180° / temps
                                                     #pour un cycle= 2.5/20= 0.125=12.5%
    ratio = (RC_180_degre - RC_0_degre)/180          #Calcul du ratio pour l'angle en pourcentage

    RC_en_pourcentage = angle * ratio

    return RC_0_degre + RC_en_pourcentage            #la fonction renvoie le nouveau rapport cyclique en %

GPIO.setmode(GPIO.BOARD)                             #utilisation du mode de numérotation de la carte
GPIO.setwarnings(False)                              #désactivé les avertissements

#utilisation de la broche 12 pour commander en PWM le servomoteur
pwm_gpio = 12                                        #numéro du port de commande du servomoteur
frequence = 50                                       #fréquence 50Hz
GPIO.setup(pwm_gpio, GPIO.OUT)                       #affectation de la broche 12 en sortie
pwm = GPIO.PWM(pwm_gpio, frequence)                  #création d'une instance pwm

#utilisation des broches 15 et 16 pour récupérer l'appui sur les boutons de l'application
GPIO.setup(15, GPIO.IN)                              #broche 15 affecter en entrée
GPIO.setup(16, GPIO.IN)                              #broche 16 affecter en entrée

pwm.start(rapport_cyclique_en_pourcentage(angle))    #positionnement de la tablette à 90°
while True:
    monter_tablette = GPIO.input(15)        # renommage de l'entrée 15:ici recevra l'information d'augmenter l'angle
    descendre_tablette = GPIO.input(16)     # renommage de l'entrée 16:ici recevra l'information de dimuninuer l'angle
    if (monter_tablette==True):
        pwm.ChangeDutyCycle(rapport_cyclique_en_pourcentage(angle))     #pwm.ChangeDutyCycle permet de changer le rapport
                                                                        #du cycle qui est le résulat de la fonction
                                                                        #def rapport_cyclique_en_pourcentage(angle):
                                                                        #RQ: Le temps d'execution de la commande pour 1° est
                                                                        #de 20 ms (temps de la période) donc 3.6s pour 180°.
        angle= angle + 1                                                #incrémentation de l'angle
        time.sleep (0.02)                                               #temps de pause en seconde par degré: 0.020s
                                                                        #(donc 3.6s de pause pour 180°).
```

elif ... #cas où l'on souhaite diminuer l'angle de la tablette

...

...

...

```
    else:
        pwm.ChangeDutyCycle(rapport_cyclique_en_pourcentage(angle))     #garde le rapport cyclique pour la position actuelle
                                                                        #de la tablette
        time.sleep (0.02)

#fin de programme
pwm.stop()
GPIO.cleanup()
```

Question 1.20

*Nature de l'écart : Attendu, Simulé, Mesuré A/S ou S/M ou A/M

Libellé de l'objectif	Nature de l'exigence	Exigence atteinte	Ecart relatif		Commentaires (pertinence de la solution retenue au regard des exigences attendues)
			Nature*	Valeur en %	
Permettre le déplacement du système dans son environnement	BP1				
	BC1		A/S		
Assurer son autonomie de fonctionnement	BP3		A/S		
Piloter et orienter l'interface de communication	BO1 BP4				

Baccalauréat général

Enseignement de spécialité sciences de l'ingénieur

Sujet zéro

Aucun document n'est autorisé

***Information aux candidats** : les candidats qui disposent d'une **calculatrice** avec **mode examen** devront l'activer le jour des épreuves et les calculatrices **dépourvues de mémoire** seront autorisées. Ainsi, tous les candidats composeront sans aucun accès à des données personnelles pendant les épreuves.*

Coefficient 16 – Durée 4 heures

ROBOT UBBO MAKER

Constitution du sujet

Le sujet comporte deux parties indépendantes qui peuvent être traitées dans un ordre indifférent.

- **Sujet** *(mise en situation et questions à traiter par le candidat)*
  - **partie 1 : sciences de l'ingénieur (3 heures)**..... pages 2 à 16
    - **documents réponses**..... pages 17 à 20
  - **partie 2 : sciences physiques (1 heure)** ..... pages 21 à 29

Partie 2 : sciences physiques

Dans la partie 2 : sciences physiques, les candidats choisiront de traiter deux des trois exercices proposés.

Vous indiquerez sur votre copie **les 2 exercices choisis** : exercice A ou exercice B ou exercice C.

Mots-clefs : bilans énergétiques ; premier principe de la thermodynamique, transfert thermique, travail

Le trafic de données est responsable de plus de la moitié de l'impact énergétique mondial du numérique avec 55 % de sa consommation d'énergie annuelle. Chaque octet transféré ou stocké sollicite des terminaux et des infrastructures de grande envergure, gourmandes en énergie (centres de données, réseaux de télécommunication).
Les flux vidéo représentent 80 % des flux de données mondiaux en 2018 et 80 % de l'augmentation de leur volume annuel. En termes d'usages, la surconsommation numérique est ainsi principalement causée par la vidéo.

D'après The Shift Project : https://theshiftproject.org.

La « chaleur fatale » (ou chaleur perdue) est la chaleur produite par un site de production industriel alors qu'elle n'en constitue pas l'objectif. De ce fait, elle n'est pas nécessairement récupérée. La valorisation de « cette chaleur fatale » pour le chauffage urbain est envisagée dans les nouveaux projets de construction de centres de stockage de données : le refroidissement des machines pourrait permettre de chauffer des logements environnants.

La « chaleur fatale » des centres de stockage de données en Île-de-France

Le gisement maximal total de « chaleur fatale » issue des centres de stockage de données est estimé actuellement à 490 GW·h par an en Île-de-France (*d'après www.ademe.fr*). À La Courneuve, en Seine-Saint-Denis (93), Interxion construit la première des quatre unités de son grand centre de stockage de données PAR8. Chaque unité, avec 10 800 m^2 de salles informatiques, est indépendante et reçoit une puissance électrique de 25 MW.

D'après la MRAe (mission régionale d'autorité environnementale) et l'étude d'impact.

Le fluide technique 3M™ Novec™ 7500

Le fluide technique 3M™ Novec™ 7500 est un fluide ininflammable utilisé dans les applications de transfert de chaleur. Il est compatible avec la plupart des composants électroniques et peut être utilisé en contact direct pour leur refroidissement par immersion.

D'après https://www.3mfrance.fr.

Masses volumiques et capacités thermiques de différents fluides

Fluide	Masse volumique	Capacité thermique massique
Eau	$\rho_{eau} = 1{,}00 \times 10^3$ kg·m^{-3}	$c_{eau} = 4{,}18 \times 10^3$ J·kg^{-1}·K^{-1}
Air	$\rho_{air} = 1{,}29$ kg·m^{-3}	$c_{air} = 1{,}01 \times 10^3$ J·kg^{-1}·K^{-1}
Novec™ 7500	$\rho_{Novec\ 750} = 1{,}61 \times 10^3$ kg·m^{-3}	$c_{Novec\ 750} = 1{,}13 \times 10^3$ J·kg^{-1}·K^{-1}

Quel fluide envisager pour valoriser la « chaleur fatale » d'un centre de stockage de données ?

Pour un logement moyen (70 m^2), on peut estimer la consommation d'énergie pour l'eau chaude à environ 10 MW·h par an.

1. Déterminer le nombre de logements moyens qui pourraient être chauffés sur une année si toute la « chaleur fatale » des centres de stockage de données d'Île-de-France était valorisée. Commenter.

On suppose que la totalité de l'énergie électrique fournie au centre de stockage de données est convertie en chaleur par ce même centre de stockage de données. Pour valoriser la « chaleur fatale », il faut par exemple la transférer des salles informatiques vers le circuit de chauffage urbain à l'aide d'un ou plusieurs échangeurs thermiques. Le fluide caloporteur d'un tel échangeur permet d'évacuer la chaleur produite lors du fonctionnement du centre de stockage de données.

Trois schématisations différentes des transferts d'énergie qui s'effectuent dans ce système sont proposées ci-dessous.

Schéma 1



Schéma 2



Schéma 3

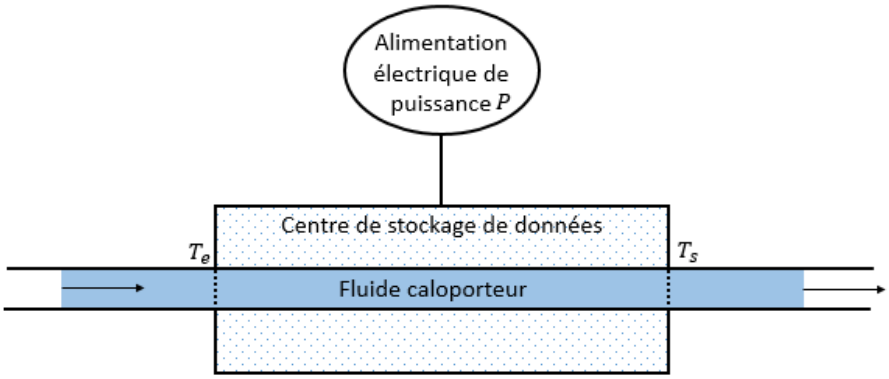


2. En supposant que les flèches représentent le sens réel des transferts d'énergie, sélectionner la schématisation appropriée parmi les trois proposées. Justifier le choix effectué.

3. Pour le schéma choisi, indiquer, en justifiant la réponse, le signe du transfert thermique lorsque le centre de stockage de données est pris comme système thermodynamique d'étude.

Le centre de stockage de données reçoit une puissance électrique P. L'énergie électrique reçue est supposée être totalement convertie en chaleur. Le fluide caloporteur traverse le centre de stockage de données avec un débit volumique D_V et permet le maintien à une valeur constante de la température des machines en évacuant la chaleur produite. Le débit volumique représente le volume de fluide caloporteur qui rentre ou sort de l'installation par unité de temps ; il s'exprime en $m^3 \cdot s^{-1}$ ou en $L \cdot s^{-1}$. T_e est la température du fluide caloporteur à l'entrée du centre de stockage de données et T_s est la température du fluide caloporteur à la sortie.

Le schéma suivant illustre la modélisation choisie pour une unité de centre de stockage.



4. Identifier l'unique proposition correcte pour chacune des trois affirmations suivantes. Justifier vos choix.

4.1. Par rapport à la température d'entrée T_e, la température de sortie T_s est :

- **a.** supérieure ;
- **b.** égale ;
- **c.** inférieure.

4.2. Avec T_e et P constants, si le débit D_V augmente, alors la température T_s :

- **a.** augmente ;
- **b.** reste constante ;
- **c.** diminue.

4.3. Avec T_e et D_V constants, si la puissance électrique P augmente, alors T_s :

- **a.** augmente ;
- **b.** reste constante ;
- **c.** diminue.

5. On fixe une durée de référence d'étude t_{ref}.

5.1. Déterminer la masse m de fluide caloporteur qui rentre ou sort de l'installation pendant cette durée en fonction de D_V, ρ et t_{ref}.

5.2. En appliquant le premier principe de la thermodynamique au système « centre de stockage de données » pour la durée t_{ref}, déterminer l'expression du transfert thermique reçu par le fluide caloporteur pendant la durée t_{ref}.

5.3. On peut établir l'expression suivante :

$$T_s = T_e + \frac{P}{D_V \, \rho \, c}$$

avec c la capacité thermique massique du fluide caloporteur. Commenter soigneusement cette expression en étudiant l'influence des différents paramètres sur la valeur de la température de sortie du fluide caloporteur.

On considère que le fluide caloporteur possède une température $T_e = 10\ °\mathrm{C}$ à l'entrée du centre de stockage de données et une température $T_s = 50\ °\mathrm{C}$ à la sortie. Dans le cas du refroidissement d'une des unités construites à La Courneuve par Interxion, il faut un débit $D_{eau} = 150\ \mathrm{L} \cdot \mathrm{s}^{-1}$ si le fluide est de l'eau et un débit $D_{Novec} = 345\ \mathrm{L} \cdot \mathrm{s}^{-1}$ si le fluide est du Novec™ 7500.

5.4. Calculer la valeur du débit volumique D_{air} lorsque le fluide caloporteur est l'air. Commenter le résultat obtenu.

6. Identifier, pour chacun des trois fluides caloporteurs, ses avantages et ses inconvénients d'utilisation dans la perspective d'un chauffage urbain.

Exercice B – Embouteillages et collisions dans l'espace

Mots-clefs : décrire un mouvement, mouvement dans un champ de gravitation

Depuis le début de l'ère spatiale à la fin des années 1950, plus de cinq mille satellites ont été placés en orbite terrestre. En raison de leur durée de vie limitée, seulement un peu plus de deux mille d'entre eux sont encore en fonctionnement. Des projets récents d'accès à Internet par satellite prévoient d'augmenter considérablement leur nombre dans les années à venir. Les satellites hors service ainsi que les derniers étages des fusées participent à l'encombrement spatial et forment des millions de fragments de taille variable.

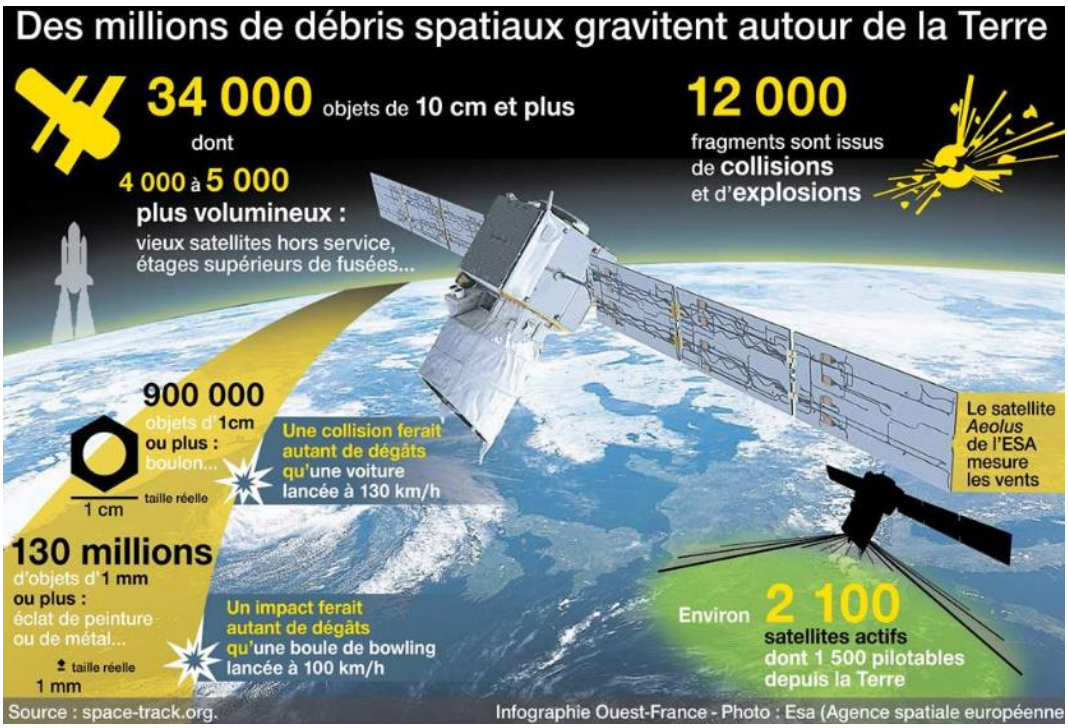
En quoi ces débris constituent-ils un danger ? Comment s'en prémunir ?

Données :

- masse de la Terre : $M_T = 5,97 \times 10^{24}$ kg ;
- rayon de la Terre : $R_T = 6371$ km ;
- constante universelle de gravitation : $G = 6,67 \times 10^{-11}$ $m^3 \cdot kg^{-1} \cdot s^{-2}$.

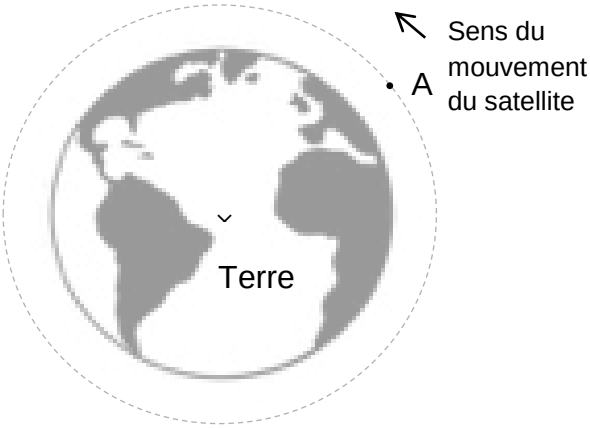
Les débris de l'espace

À 1 000 km d'altitude, un objet se déplace à 30 000 $km \cdot h^{-1}$ et mettra 1 000 ans à s'écraser sur Terre ou brûler dans l'atmosphère. Sur cette durée, il est probable qu'il puisse rencontrer un satellite et l'endommager. Des projets sont développés pour capturer les débris existants, mais aussi pour accélérer la désorbitation des nouveaux satellites.



https://www.ouest-france.fr/ 21 Février 2020

On considère un débris de satellite dont le centre de masse A décrit une trajectoire circulaire de rayon R dans le champ de gravitation terrestre.



1. Reproduire sur la copie le schéma représentant la trajectoire circulaire du centre de masse d'un débris de satellite autour de la Terre et représenter au point A de la trajectoire, sans souci d'échelle, les vecteurs vitesse $\vec{v}$ et accélération $\vec{a}$ du centre de masse du débris ainsi que la force $\vec{F}_{T/d}$ exercée par la Terre sur le débris.

2. Établir que la vitesse du débris est constante. Donner son expression en fonction de G, M_T et R.

3. Calculer la valeur de la vitesse d'un débris situé à une altitude de 1 000 km et commenter l'écart observé avec la valeur citée dans l'infographie ci-dessus.

Un débris métallique de 5 mm^3, à cette altitude de 1 000 km, est souvent comparé à une boule de bowling. La comparaison précise que le débris a une énergie cinétique équivalente à celle d'une boule de masse $m_B = 3{,}5$ kg animée d'une vitesse v_B.

4. Évaluer la valeur de la vitesse v_B de cette boule de bowling. Commenter et comparer la valeur obtenue avec l'indication de l'infographie.
Le candidat est invité à prendre des initiatives, notamment sur les valeurs numériques éventuellement manquantes, et à présenter la démarche suivie, même si elle n'a pas abouti.

Les nouveaux satellites, tels que Microscope lancé en 2016 par le CNES (France) à 700 km d'altitude, sont équipés d'une voile qui sera déployée pour écourter la durée de son retour sur Terre grâce à la « trainée atmosphérique », et donc sa combustion dans l'atmosphère.

5. Expliquer avec des considérations physiques ce qui permet de freiner le satellite, et pourquoi la désorbitation, et donc son retour sur Terre, est ainsi plus rapide.

Exercice C – Pollution acoustique dans une web radio

Mots-clefs : phénomènes acoustiques

On s'intéresse à la diffusion d'une émission de web radio amatrice par Internet.

L'animateur radio est installé, derrière une fenêtre, dans une pièce équipée d'un ordinateur auquel est relié un microphone.

L'objectif de cet exercice est de vérifier si des sources sonores parasites peuvent gêner l'émission de radio.

Lorsque l'animateur radio parle, sa voix a une puissance sonore moyenne de valeur égale à 4,0 μW. On fait l'hypothèse que le son est uniformément réparti sur une sphère de rayon r centrée sur la bouche de l'animateur.

Données :

- l'intensité sonore I est la puissance sonore P par unité de surface : $I = \frac{P}{S}$; S est l'aire de la surface d'une sphère de rayon r : $S = 4 \times \pi \times r^2$;
- $I_0 = 1{,}0 \times 10^{-12}\ \mathrm{W \cdot m^{-2}}$ est l'intensité sonore de référence ;
- l'affaiblissement acoustique caractérise les qualités de protection acoustique d'une paroi. Il est égal à la différence des niveaux d'intensité sonore mesurés de part et d'autre de la paroi.

Le microphone est considéré dans un premier temps comme omnidirectionnel : il possède les mêmes propriétés de captation dans toutes les directions, quelle que soit la position de la source sonore.

1. Montrer que l'intensité sonore moyenne du son reçu par le microphone placé à 50 cm de la bouche de l'animateur a environ pour valeur $I_{moy} = 1{,}3 \times 10^{-6}\ \mathrm{W \cdot m^{-2}}$.

2. Déterminer le niveau d'intensité sonore moyen L_{moy} à cette distance.

Un avion à réaction décolle à une distance de 4,0 km de la pièce depuis laquelle se déroule l'émission de web radio. La puissance sonore de cet avion est $P = 1{,}0 \times 10^5$ W.

La vitre de la fenêtre derrière laquelle est situé l'animateur a un indice d'affaiblissement acoustique de 25 dB.

3. Préciser, en l'expliquant, la nature de l'atténuation acoustique due à la vitre.

4. Déterminer, à partir de calculs, si l'avion constitue une gêne pour l'émission de radio.

Pour permettre des discussions entre des techniciens dans la même pièce sans occasionner de gêne pour l'émission, on utilise un microphone de directivité cardioïde large. Ce type de microphone permet de privilégier une source vers laquelle le micro est dirigé. En effet, le signal capté est atténué en fonction de la position de la source sonore. L'atténuation ne dépend pas de la fréquence de l'onde sonore.

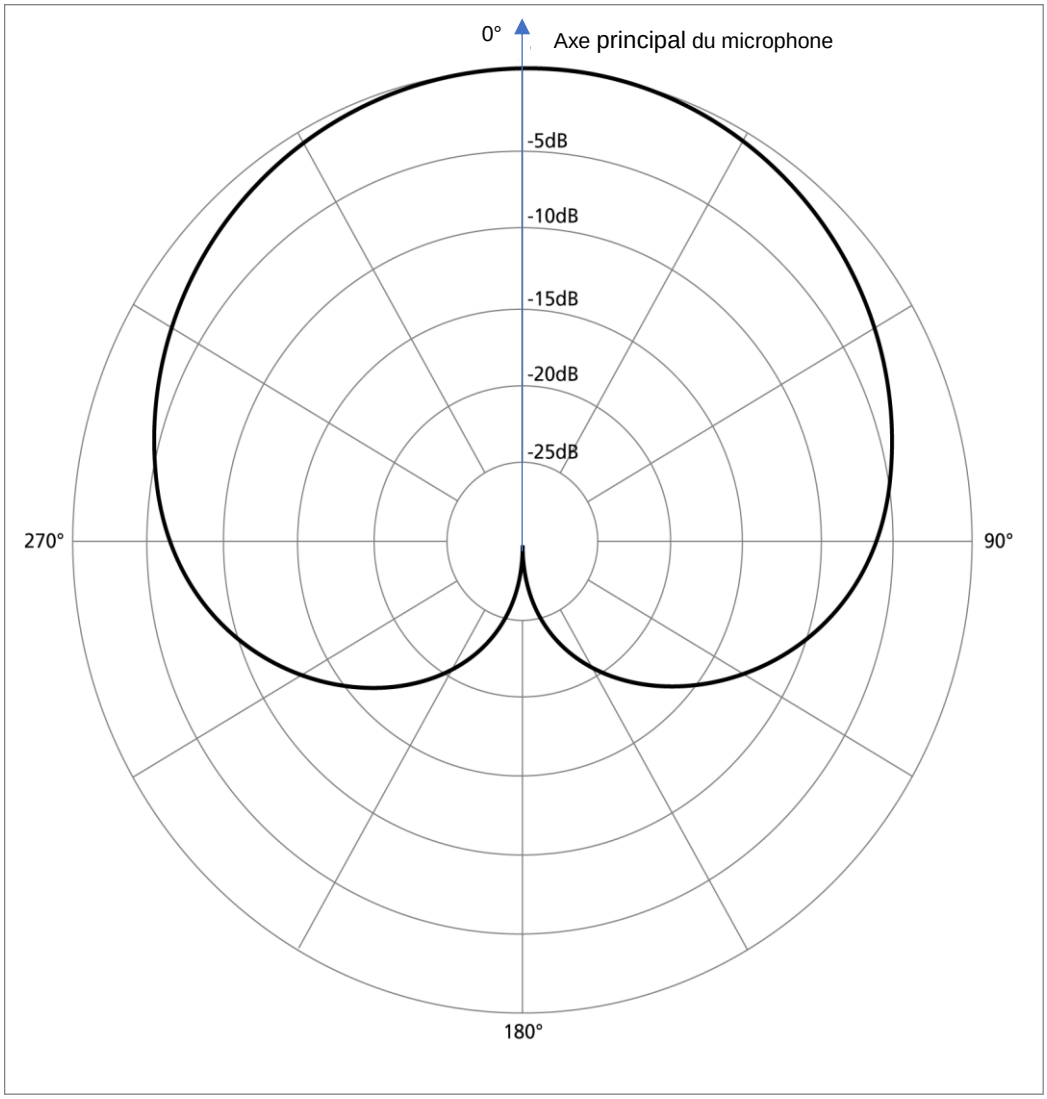


Figure 1. Diagramme polaire du microphone cardioïde étudié

Le diagramme polaire (figure 1) du microphone permet de déterminer l'atténuation du signal sonore en fonction de l'angle entre la direction de l'émission et l'axe principal du micro. Chaque cercle concentrique correspond à une valeur d'atténuation en décibel.

Donnée

- détermination de l'atténuation sonore : on trace la demi-droite partant du centre du diagramme vers la source sonore considérée. Cette demi-droite coupe la courbe cardioïde noire en un point noté M. La valeur de l'atténuation sonore se lit grâce au cercle concentrique qui passe par le point M.

On considère que la conversation n'a pas d'effet sur la qualité de l'émission si son niveau sonore capté par le micro est inférieur à 30 décibels.

La puissance sonore de la conversation est $1{,}0\ \mu W$. On considère que la conversation a lieu à $1{,}5$ m du microphone.

5. Préciser les directions dans lesquelles la conversation peut avoir lieu sans gêner l'émission de web radio.

Le candidat est invité à prendre des initiatives, notamment sur les choix des valeurs numériques éventuellement manquantes, et à présenter la démarche suivie, même si elle n'a pas abouti.