

# BACCALAURÉAT GÉNÉRAL

## SÉRIE SCIENTIFIQUE

### ÉPREUVE DE SCIENCES DE L'INGÉNIEUR

Session 2020

---

ÉPREUVE DU MERCREDI 24 JUIN 2020

Durée de l'épreuve : 4 heures

**Coefficient 4,5** pour les candidats ayant choisi un enseignement de spécialité autre que sciences de l'ingénieur.

**Coefficient 6** pour les candidats ayant choisi l'enseignement de sciences de l'ingénieur comme enseignement de spécialité.

#### Matériel autorisé

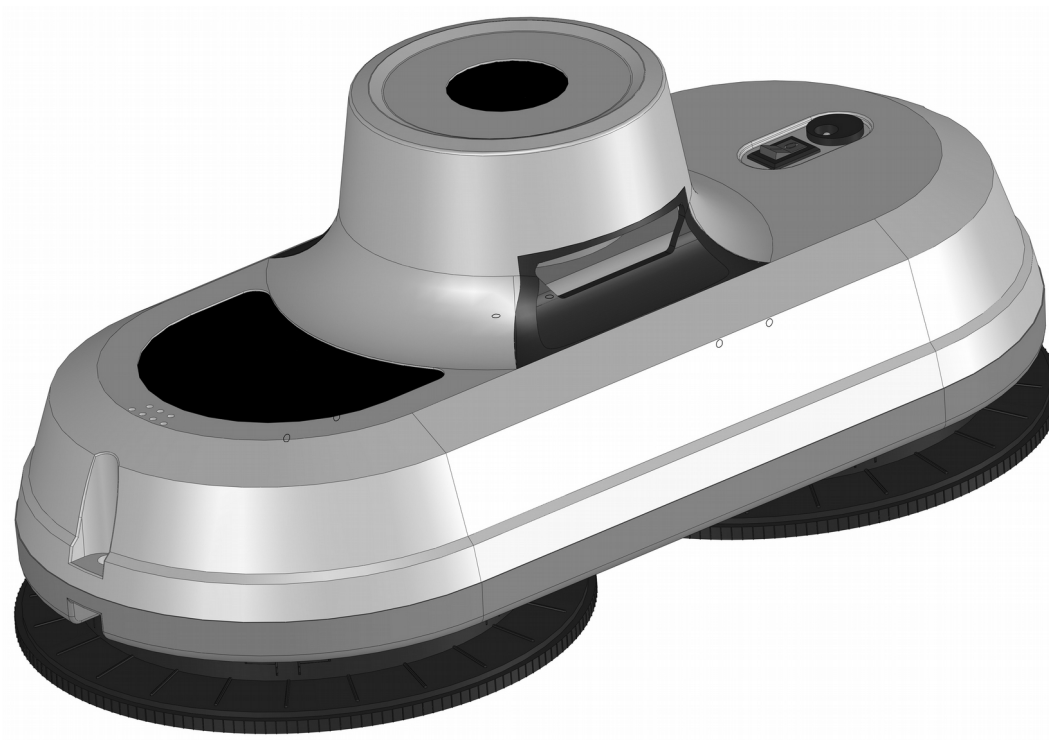
L'usage de la calculatrice **avec le mode examen activé** est autorisé.  
L'usage de la calculatrice **sans mémoire**, « type collège », est autorisé.

Aucun document autorisé.

Dès que le sujet est remis, assurez-vous qu'il est complet.  
Ce sujet comporte 21 pages numérotées de 1 sur 21 à 21 sur 21.

**Les pages 19 à 21 sont à rendre avec la copie.**

## Robot nettoyeur multi-surfaces



### Constitution du sujet

1	Texte.....	Page 3
2	Documents techniques.....	Page 17
3	Documents réponses.....	Page 19

Le sujet comporte 23 questions.

**Les documents réponses DR1 à DR3, pages 19 à 21,  
sont à rendre avec la copie.**

## 1. Présentation

Chaque année, le salon CES<sup>(1)</sup> de Las Vegas, propose de nouveaux robots et appareils connectés. Les plus populaires d'entre eux auprès du public restent les robots ménagers.

Les nouveaux équipements robotisés transforment la vie quotidienne des familles avec pour principal objectif de libérer les occupants des tâches ménagères longues et pénibles.

Les robots lave-vitres sont apparus en 2012. Ils sont capables de laver des surfaces verticales, horizontales ou obliques, de grandes dimensions aussi bien à l'intérieur qu'à l'extérieur de la maison.

Les robots lave-vitres actuels répondent au même besoin, avec cependant des performances pouvant être très différentes suivant les solutions technologiques retenues.

Une société d'électroménager a pris en compte les remarques d'un groupe de consommateurs (tableau figure 1) possédant déjà des robots lave-vitres (de structure monobloc ou en deux parties) afin de définir les exigences de conception d'un nouveau produit.

Remarques sur les robots de type monobloc	Remarques sur les robots en deux parties (placées de chaque côté du vitrage)
Ventouse de la ligne de vie pas assez puissante pour retenir le robot lors d'une chute.	Difficulté pour positionner les deux parties du robot de chaque côté de la paroi vitrée (cas de vitres d'immeuble).
Dimensions un peu grandes pour les petites surfaces : lucarnes, vasistas, etc.	Pas de ligne de vie (cordage). Dangereux, car le robot n'est pas retenu lors de pertes d'adhérence.
Réservoir de produit lavant suffisant pour les plus grandes parois vitrées.	Toute la surface de la paroi vitrée n'est pas balayée lors d'un décalage accidentel des deux parties du robot.
Traces sur les vitrages dues aux chenilles permettant le déplacement.	Chute du robot si l'aimantation entre les deux parties du robot est mal réglée.
Surface seulement balayée à 80 % du fait de sa forme.	Pas de traces sur la paroi vitrée lors du déplacement du robot.
Balayage de tout type de surface (vitrée ou non).	

Figure 1 : remarques d'un groupe de consommateurs

**Q1.** En prenant appui sur les remarques négatives communes aux deux structures de robot lave-vitres actuels, **citer** au moins deux besoins fonctionnels auxquels devra répondre le nouveau robot lave-vitres.

1 CES : consumer electronics show

Après avoir étudié les remarques du groupe de consommateurs, la société a décidé de fabriquer un prototype dont on peut voir une modélisation sur le document technique DT1 page 17.

Il est constitué de deux patins qui, lorsqu'ils sont mis en mouvement comme présenté sur les schémas du document technique DT2 page 18, permettent à la fois le balayage de la paroi vitrée et le déplacement du robot.

Une turbine assure une dépression dans les patins afin de permettre au robot de se maintenir sur la paroi vitrée. La distribution de l'énergie au moteur de la turbine se fait grâce à un transistor.

L'apport d'énergie électrique est assuré par un bloc d'alimentation 230 VCA / 24 VCC extérieur au robot. Le bloc alimentation et le robot sont connectés en permanence grâce à un câble électrique. Dans le cas d'une coupure d'énergie électrique, une batterie d'accumulateurs 14,8 VCC permet d'assurer le maintien du robot sur la paroi vitrée pendant une vingtaine de minutes.

Après avoir placé des bonnets en microfibres sur les patins, l'utilisateur n'a plus qu'à poser le robot sur la paroi vitrée tout en appuyant sur le bouton marche-arrêt pour mettre en fonctionnement la turbine. Une télécommande permet ensuite d'envoyer des ordres de déplacement au robot.

L'objectif du sujet est de valider plus précisément les solutions qui permettent :

- le déplacement du robot pour assurer le balayage de la totalité de la surface de la paroi vitrée ;
- la sécurité du robot.

## 2. Déplacement du robot sur la paroi vitrée

---

**Objectif de cette partie : valider** le modèle multiphysique pour que le robot se déplace sur toute la surface vitrée.

---

### Analyse structurelle du robot

**Q2.** À partir des informations données dans la présentation du système et du document technique DT1 page 17, **compléter** le diagramme de la structure fonctionnelle du robot en plaçant les composants manquants sur le document réponse DR1 page 19. **Indiquer** les grandeurs d'effort et de flux manquantes et **préciser** la valeur numérique des grandeurs d'effort entrantes et sortantes du bloc « alimenter » dans le cas d'un fonctionnement normal et dans le cas d'une coupure d'énergie électrique.

### Détermination des paramètres nécessaires à l'élaboration du modèle multiphysique du déplacement du robot

Afin de compléter ce modèle, il est nécessaire d'établir la loi de commande des moteurs des patins. Le modèle multiphysique représenté sur le document réponse DR2 page 20 a été créé pour effectuer des simulations de déplacements.

On note S le sous-ensemble composé du corps du robot et du patin 1 (figure 2).

S est en rotation autour de l'axe du patin 2 qui tourne à faible vitesse (document technique DT2 page 18).

Le patin 2 en rotation exerce un couple résistant autour de l'axe  $(O, \vec{z})$  sur l'ensemble S.

La détermination de ce couple résistant dans le modèle de simulation se fait dans le cas le plus défavorable, c'est-à-dire au moment de la mise en mouvement à vitesse lente du patin 2.

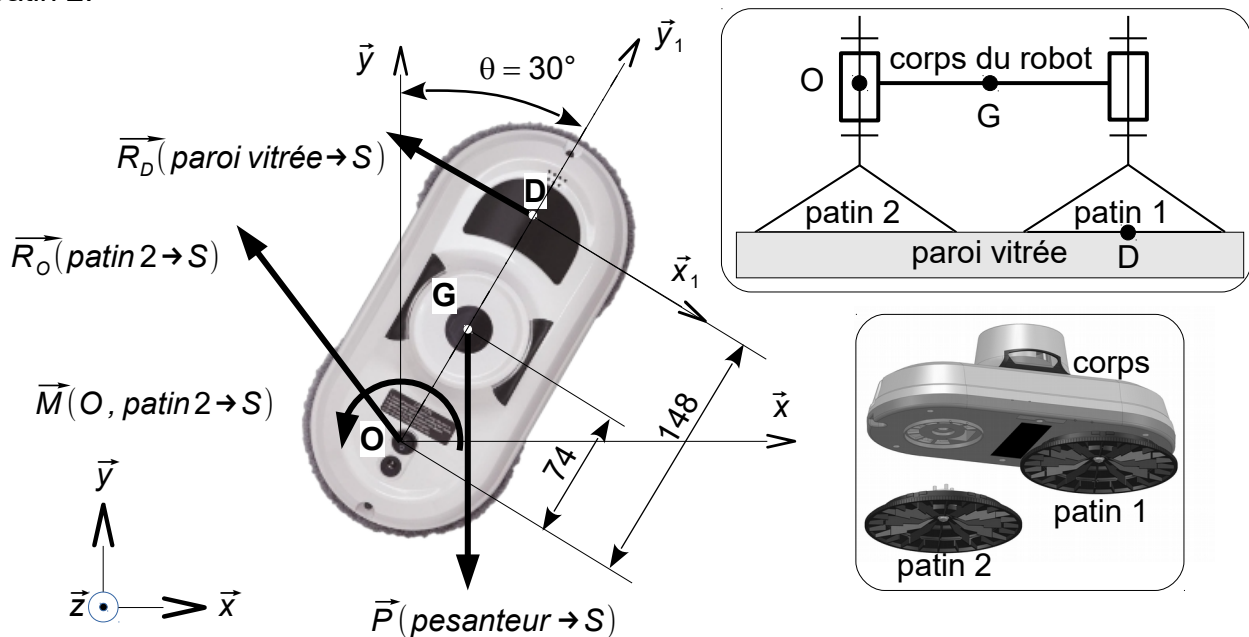


Figure 2 : modélisation des actions mécaniques s'exerçant sur le sous-ensemble S

Hypothèses :

- le patin 2 autour duquel S pivote est considéré immobile par rapport à la paroi vitrée ;
- le repère  $(O, \vec{x}, \vec{y})$  est lié à la vitre ;
- le problème est modélisé comme plan  $(O, \vec{x}, \vec{y})$  ;
- la vitesse lente du patin 2, de  $6,67 \text{ tr} \cdot \text{min}^{-1}$ , est atteinte en  $0,13 \text{ s}$  ;
- la masse de S est  $m = 0,933 \text{ kg}$  ;
- le moment d'inertie de S autour de l'axe  $(O, \vec{z})$  est  $I_G(S, \vec{z}) = 4,4 \times 10^{-3} \text{ kg} \cdot \text{m}^2$  avec  $I_O(S, \vec{z}) = I_G(S, \vec{z}) + m \cdot [OG]^2$  ;
- l'action de la paroi vitrée sur le patin 1 appartenant au sous-ensemble S est notée  $\|\vec{R}_D(\text{paroi vitrée} \rightarrow S)\| = 2,4 \text{ N}$  ;
- le torseur des actions mécaniques du patin 2 sur S prend en compte les actions mécaniques  $\vec{R}_O(\text{patin 2} \rightarrow S)$  et  $\vec{M}(O, \text{patin 2} \rightarrow S) = N_O \cdot \vec{z}$  ; la composante  $N_O \cdot \vec{z}$  représente le moment mettant en mouvement le robot ; l'orientation de  $\vec{R}_O(\text{patin 2} \rightarrow S)$  sur la figure 2 n'est donnée qu'à titre indicatif ;
- le centre de gravité de S est situé au point G.

Les actions mécaniques sont représentées par les torseurs suivants :

$$\begin{aligned} \{T(\text{patin 2} \rightarrow S)\} &= \begin{Bmatrix} X_0 \vec{x} + Y_0 \vec{y} \\ N_0 \vec{z} \end{Bmatrix}_O \\ \{T(\text{pesanteur} \rightarrow S)\} &= \begin{Bmatrix} -mg \vec{y} \\ \vec{0} \end{Bmatrix}_G \\ \{T(\text{paroi vitrée} \rightarrow S)\} &= \begin{Bmatrix} -y_D \vec{x}_1 \\ \vec{0} \end{Bmatrix}_D \end{aligned}$$

**Q3.** Écrire sous forme littérale l'équation scalaire du moment dynamique issue du principe fondamental de la dynamique appliqué à S dans son mouvement par rapport à la vitre au point O.

**Q4.** Déterminer la forme littérale du moment  $N_0$ , puis faire l'application numérique. Ce moment correspondant au couple résistant  $C_r$ , reporter le résultat sur le document réponse DR2 page 20.

**Q5.** À partir du document technique DT1 page 17, déterminer le rapport de transmission du train épicycloïdal. Reporter le résultat sur le document réponse DR2 page 20.

*Remarque :* le rapport de transmission du train épicycloïdal dans la configuration choisie

$$\text{pour le robot est } r_{\text{porte-satellites/planétaire}} = \frac{Z_{\text{planétaire}}}{Z_{\text{couronne}} + Z_{\text{planétaire}}}.$$

**Q6.** À partir du document technique DT1 page 17, déterminer le rapport de transmission  $r_{\text{roue/vis}}$  du système roue et vis sans fin. Reporter le résultat sur le document réponse DR2 page 20.

La valeur du rapport cyclique  $\alpha_{MLI}$  à utiliser pour la commande du moteur patin par MLI<sup>(2)</sup>, est définie à partir de la valeur de la tension d'alimentation de ce moteur pour respecter la vitesse lente de  $6,67 \text{ tr} \cdot \text{min}^{-1}$ .

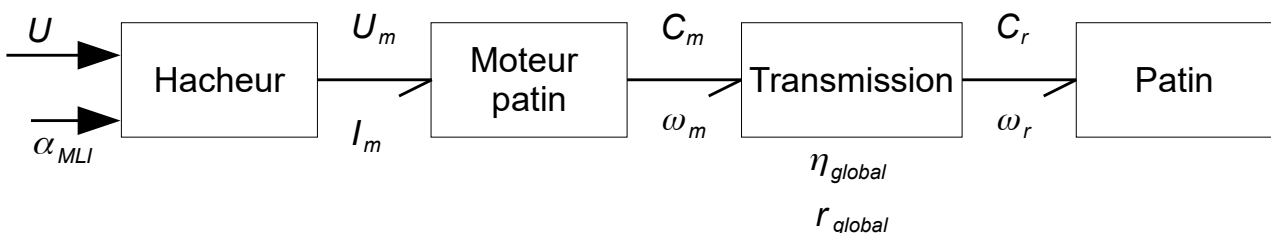


Figure 3 : chaîne d'énergie

**Q7.** À l'aide de la figure 3 et après avoir calculé le rendement global  $\eta_{global}$  de la transmission et le rapport de réduction global  $r_{global}$ , déterminer l'expression du couple moteur patin en fonction du couple en sortie de la transmission.

2 MLI : modulation de largeur d'impulsion

**Q8.** Pour  $\|\vec{C}_r\| = 0,034 \text{ N}\cdot\text{m}$ , **calculer** le couple moteur patin. **Reporter** le résultat sur le document réponse DR2 page 20.

Le modèle du moteur à courant continu est donné à la figure 4. L'inductance de l'induit est négligée, on s'intéresse aux valeurs moyennes.

$$U_m = E_m + r_m \cdot I_m \text{ avec } E_m = K_E \cdot \omega_m \text{ et } C_m + C_f = K_C \cdot I_m$$

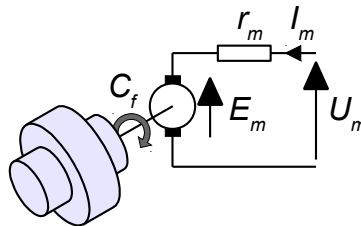


Figure 4 : modèle moteur à courant continu

Caractéristiques du moteur patin utilisé, figure 4 :

- résistance dans l'induit du moteur  $r_m = 15 \ \Omega$  ;
- force électromotrice  $E_m$  ;
- tension d'induit moyenne  $U_m$  ;
- courant d'induit  $I_m$  ;
- constante de couple  $K_C = 34,7 \times 10^{-3} \text{ N}\cdot\text{m}\cdot\text{A}^{-1}$  ;
- constante de force électromotrice  $K_E = K_C$  ;
- couple dû aux frottements visqueux  $C_f = 1,434 \times 10^{-3} \text{ N}\cdot\text{m}$  ;
- quelle que soit la valeur trouvée à la question Q8, prendre le couple moteur patin  $C_m = 6,3 \times 10^{-4} \text{ N}\cdot\text{m}$  ;
- vitesse de rotation  $\omega_m$  ;
- vitesse lente des patins en sortie de réducteur  $6,67 \text{ tr}\cdot\text{min}^{-1}$  .

**Q9.** À l'aide des informations ci-dessus, **déterminer** la tension  $U_m$  aux bornes du moteur patin permettant d'obtenir la vitesse lente du patin. **Reporter** le résultat sur le document réponse DR2 page 20.

On souhaite faire tourner le moteur dans le sens positif. Pour cela on alimente le moteur patin par le signal MLI défini à la figure 5.

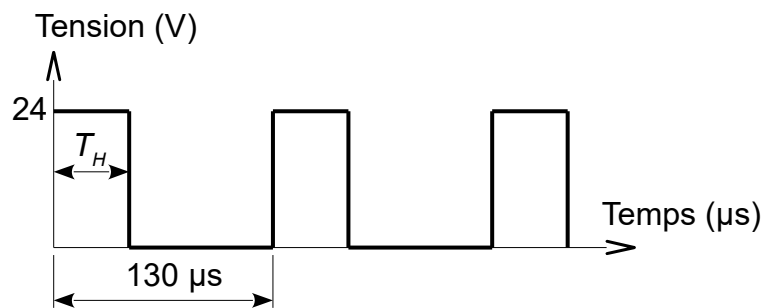


Figure 5 : allure d'un signal MLI

**Q10.** Déterminer le rapport cyclique  $\alpha_{MLI}$  du signal MLI permettant d'obtenir la valeur de  $U_m$  trouvée précédemment. Reporter le résultat sur le document réponse DR2 page 20. Préciser la valeur de  $T_H$ .

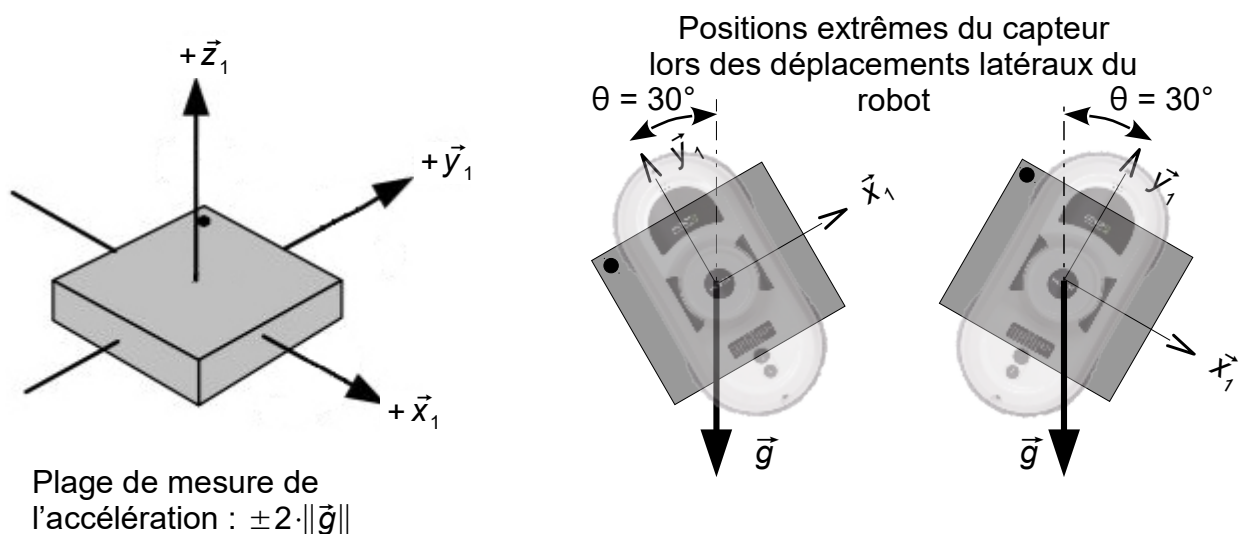
### Détermination des paramètres de commande du robot prototype

Afin de valider les solutions constructives et de pouvoir les confronter au modèle multiphysique, il est nécessaire d'implanter dans le robot prototype un programme qui permettra de tester les déplacements. Une partie du programme est représentée sous la forme d'un algorithme sur le document réponse DR3 page 21.

L'envoi des ordres au robot prototype (le récepteur) se fait à l'aide d'une télécommande infrarouge (l'émetteur).

Pour déterminer l'angle que fait le robot prototype avec l'axe vertical, un capteur de type accéléromètre est soudé sur la carte électronique.

Un accéléromètre mesure les accélérations qu'il subit suivant 3 axes. Il délivre pour chaque axe ( $\vec{x}_1$ ,  $\vec{y}_1$ ,  $\vec{z}_1$ ) un mot binaire signé, codé sur 16 bits. Dans le cas du robot prototype, le capteur sera exploité pour mesurer le décalage angulaire  $\theta$  entre l'axe du robot  $\vec{y}_1$  et la direction de l'accélération de pesanteur.



Plage de mesure de l'accélération :  $\pm 2 \cdot \|\vec{g}\|$

Figure 6 : accéléromètre



**Q11.** En tenant compte des deux positions extrêmes (position 1 et position 2) définies sur la figure 6 page 8, **montrer** que la projection de l'accélération de la pesanteur sur l'axe  $\vec{x}_1$ , notée  $x$ , vérifie la relation  $-0,5 \cdot g \leq x \leq +0,5 \cdot g$ .

La valeur en base 10 du mot binaire qui code une accélération de un  $\|\vec{g}\|$  vaut 16384.

**Q12. Déterminer** pour les deux positions extrêmes du robot prototype, les deux valeurs en base 10 des mots binaires correspondant aux projections de l'accélération de pesanteur sur l'axe  $\vec{x}_1$ .

Le document DT2 page 18 présente le déplacement du robot prototype. Il est possible de choisir le premier mouvement que le robot va exécuter, par exemple après l'appui sur la touche « droite » de la télécommande, le robot commence le balayage de la paroi vitrée par un déplacement horizontal vers la droite.

Les algorithmes du document réponse DR3 page 21 représentent une partie du programme qui pilote le déplacement du robot prototype après l'appui sur la touche « droite ».

**Q13.** À l'aide des résultats de la question Q12 et des informations ci-après, **compléter** sur le document réponse DR3 page 21 l'algorithme « Aller\_droite » pour que le robot se déplace conformément à ce qui est indiqué sur le document technique DT2 page 18.

Dans cet algorithme, quand un bord est détecté, aucun moteur n'est activé.

La structure utilisée sera « TANT QUE.....FIN TANT QUE ».

Exemples d'instructions possibles à partir de M1, M2, L et R :

- « M1 + L » indique que le moteur du patin 1 tourne dans le sens positif à vitesse lente ;
- « M2 - R » indique que le moteur du patin 2 tourne dans le sens négatif à vitesse rapide ;
- etc.



Figure 7 : définition du sens de rotation des moteurs

### Validation du modèle multiphysique du déplacement du robot

Les mesures sur le robot prototype des vitesses de rotation des patins sont différentes des valeurs prévues par le modèle multiphysique.

Un relevé à l'oscilloscope du signal MLI à l'entrée d'un moteur patin du prototype est présenté figure 8, pour un sens de rotation positif.

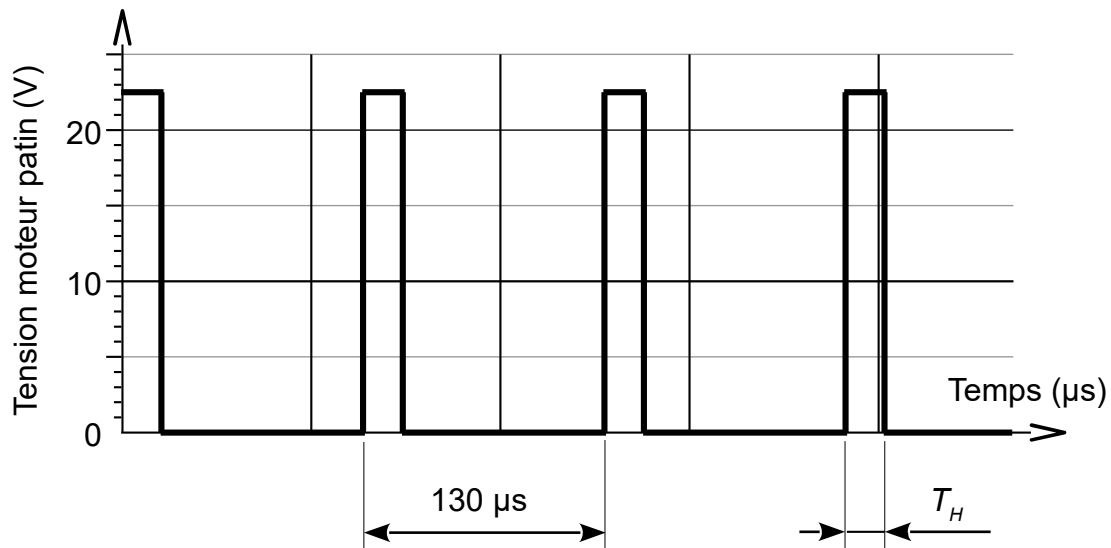


Figure 8 : relevé du signal MLI commandant en vitesse lente positive le moteur d'un patin du robot prototype

**Q14. Comparer** la valeur moyenne du signal MLI de la figure 8 et du signal MLI de la question Q10 page 8. **Exprimer** en pourcentage l'écart relatif par rapport à la valeur simulée. **Proposer** une modification à faire sur le modèle pour que cet écart soit quasi nul.

Le déplacement du centre de gravité  $G$  du robot prototype dans le plan  $(O, \vec{x}, \vec{y})$  a été capturé grâce à une caméra. Un logiciel de traitement vidéo a permis d'obtenir la courbe présentée figure 9 page 11.

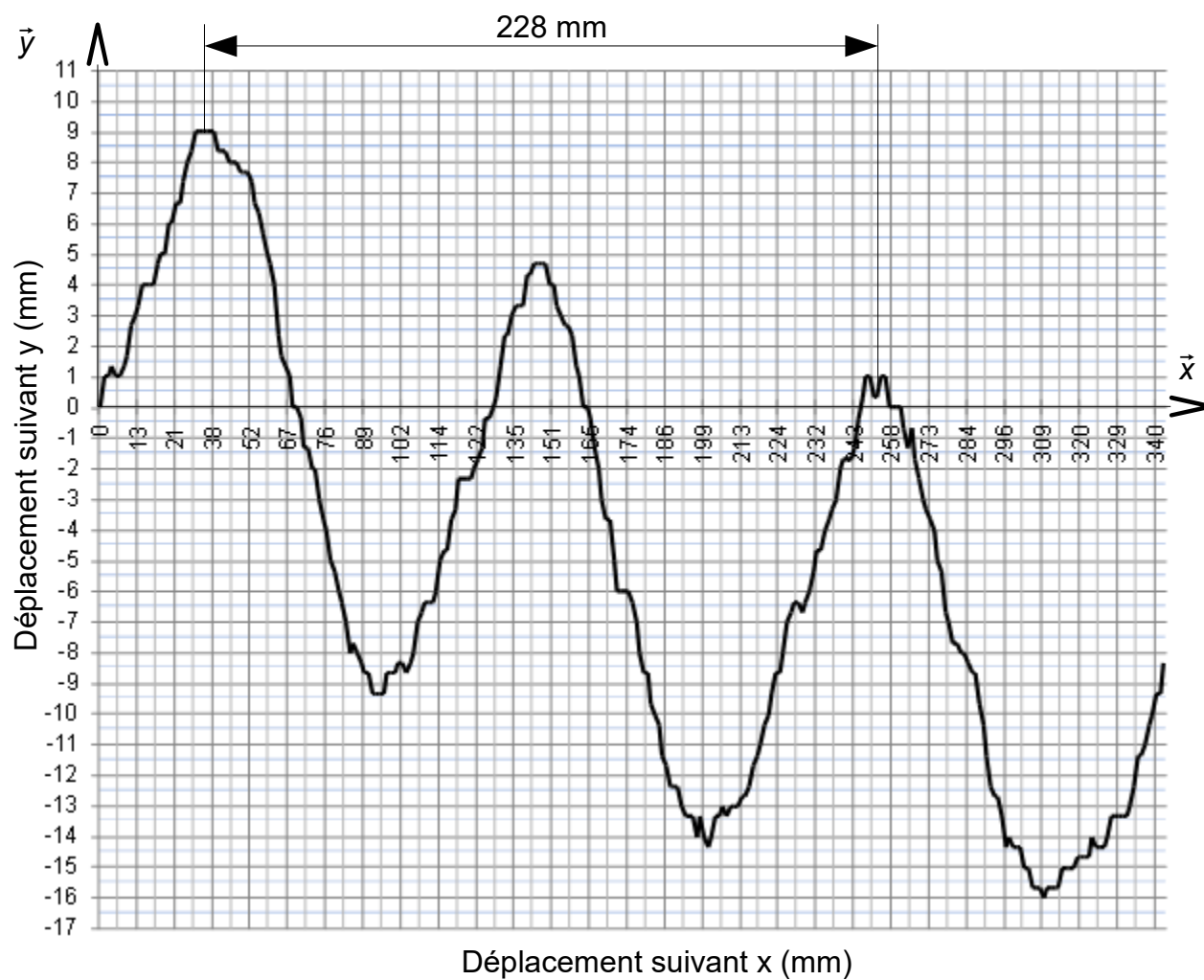


Figure 9 : relevé de la position réelle du centre de gravité G (en millimètres)

Le modèle multiphysique a permis de tracer la courbe figure 10.

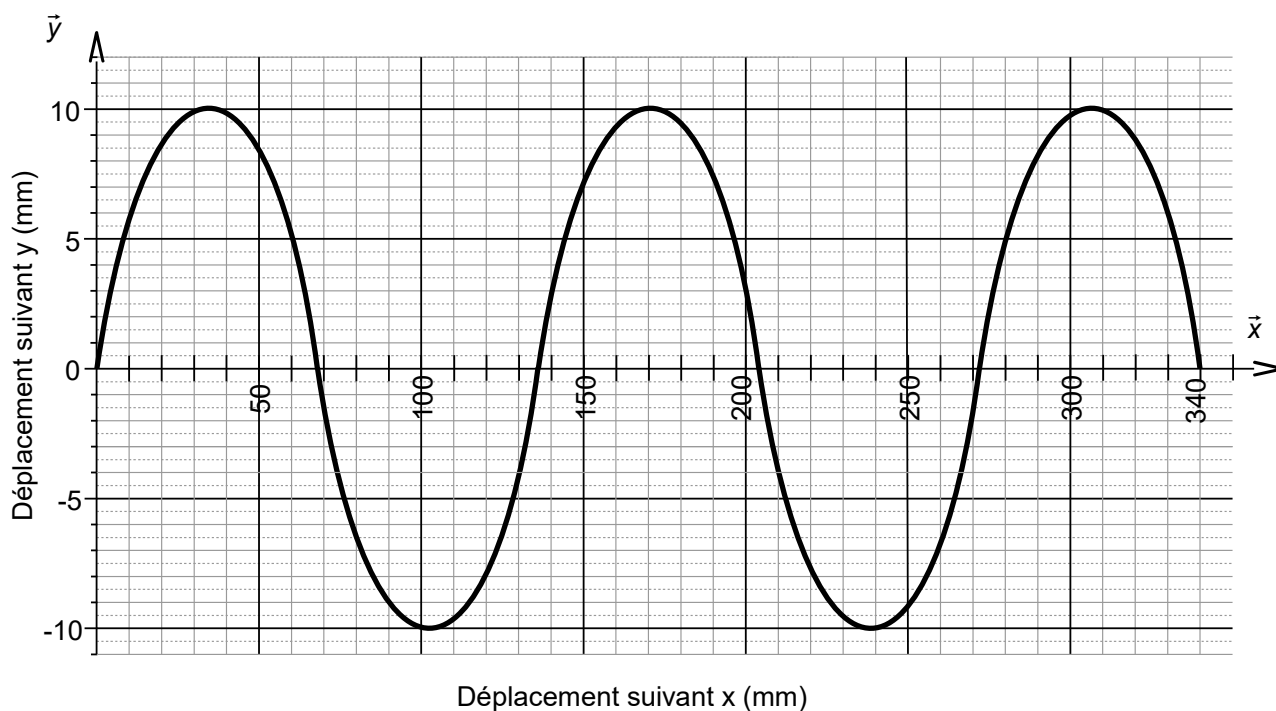


Figure 10 : relevé de la position simulée du centre de gravité G (en millimètres)

**Q15. Comparer** les valeurs des déplacements réels et simulés selon l'axe  $(O, \vec{x})$  au bout de deux périodes. **Comparer** les valeurs des déplacements crête à crête réels et simulés selon l'axe  $(O, \vec{y})$  au bout de deux périodes. **Indiquer** un paramètre qui n'a pas été pris en compte dans le modèle multiphysique et **conclure** sur la validité du modèle multiphysique.

### 3. Sécurité du robot

---

**Objectif de cette partie : valider** les solutions techniques qui permettent d'assurer la sécurité du robot.

---

Le cahier des charges fixe pour la sécurité deux fonctions :

- permettre à la turbine de maintenir le robot pendant 20 minutes sur la paroi vitrée en cas de perte d'alimentation extérieure ;
- éviter un impact du robot sur le sol en cas de perte d'adhérence.

### Vérification de l'autonomie de la batterie

Un relevé sur la turbine du robot prototype a permis de tracer les courbes figure 11.

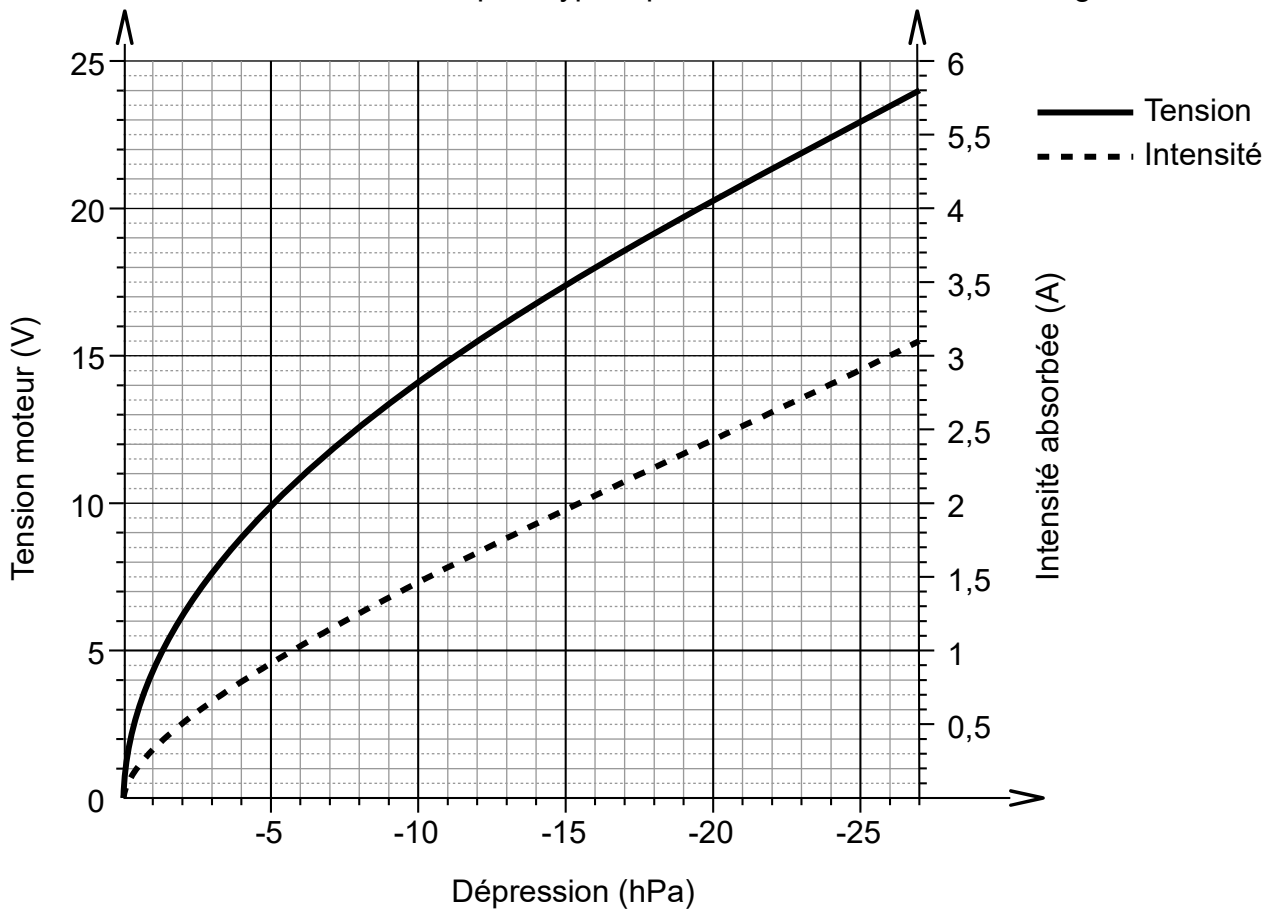


Figure 11 : tension et intensité du moteur de la turbine en fonction de la dépression

**Q16.** Sachant que pour maintenir en toute sécurité le robot sur la paroi vitrée, la dépression dans les patins doit être inférieure à  $-8,5$  hPa, **déterminer** à l'aide de la figure 11 la valeur minimale de la tension du moteur de la turbine correspondante.

Le robot est muni d'une batterie li-po (lithium-polymère) ayant pour caractéristiques une tension de  $14,8$  V et une capacité de  $700$  mA·h.

Les courbes de décharge de cette batterie sont présentées figure 12 page 14.

Elles représentent la décharge de la batterie sous différentes valeurs de courant.

Exemple : pour une capacité de batterie de  $700$  mA·h, le courant moyen de décharge de la courbe  $0,2\cdot C$  est égal à  $0,2 \cdot 700 = 140$  mA.

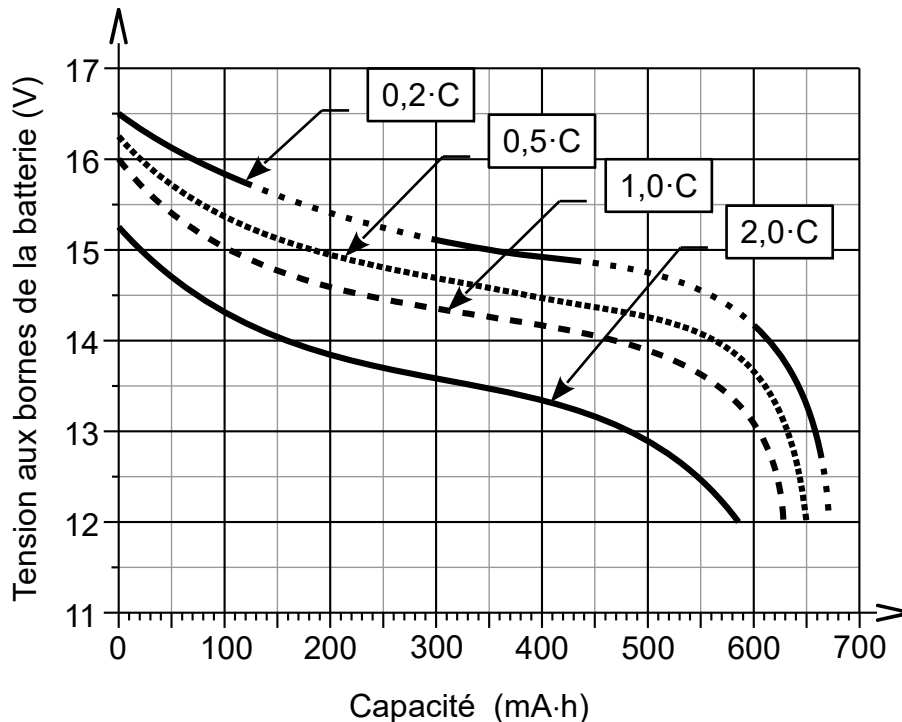


Figure 12 : Capacité de la batterie en fonction de la décharge

**Q17.** En prenant pour hypothèse un courant moyen de décharge égal à 1,4 A, **indiquer** la courbe de la figure 12 à retenir. À l'aide de la valeur trouvée à la question 16 page 13, **déduire** la capacité consommée.

**Q18.** **Déterminer** la durée de décharge de la batterie à l'aide de la capacité consommée et du courant moyen de décharge. **Conclure** vis-à-vis du cahier des charges.

### Validation de la solution du cordage de sécurité en cas de perte d'adhérence

Pour éviter que le robot tombe sur le sol, la solution d'un cordage reliant le robot à un point d'attache extérieur à la paroi vitrée a été privilégiée. Le trou de fixation sur le robot impose un diamètre du cordage de 4 mm ; il reste à choisir le matériau.

La figure 13 page 15 présente les variations de l'énergie potentielle et de l'énergie cinétique du robot au cours de son éventuelle chute.

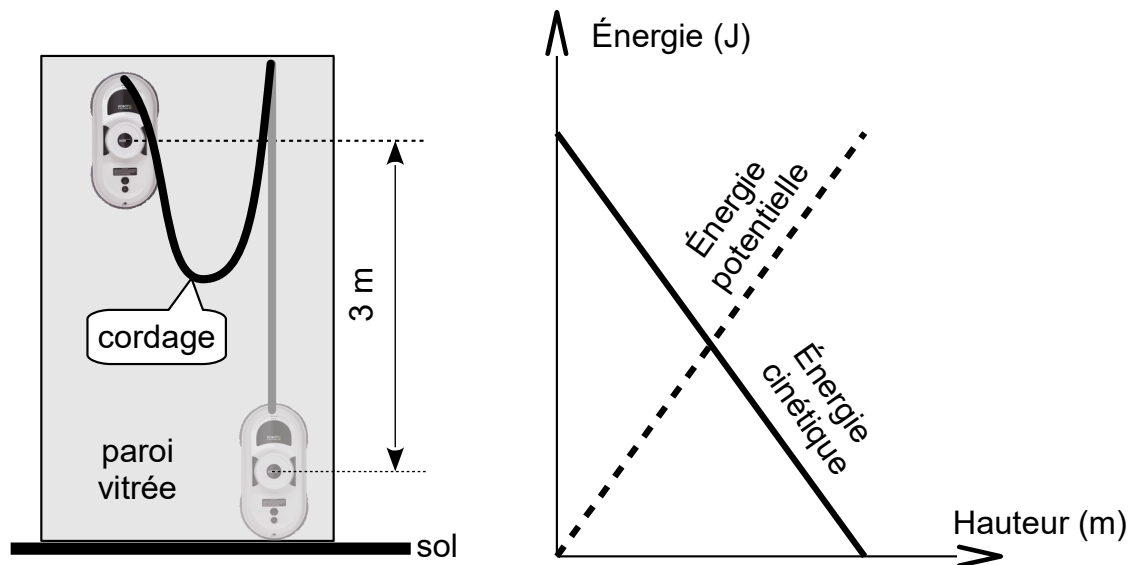


Figure 13 : variation de l'énergie au cours de la chute du robot

On suppose que le robot chute d'une hauteur égale à la longueur initiale de la corde  $l_0=3$  m.

**Q19. Déterminer** l'énergie potentielle maximale du robot. **Préciser** et **justifier** la valeur de son énergie cinétique à la fin de la chute, juste avant le contact avec le sol.

### Détermination du matériau le plus adapté pour réaliser le cordage

Hypothèse simplificatrice :

- l'énergie cinétique (exprimée en joules) sera totalement absorbée par l'élasticité du cordage.  $E_{cinétique} = E_{potentielle\ élastique} = \frac{1}{2} \cdot F \cdot d_{ch}$ ,  $F$  étant l'effort (exprimé en N) dans le cordage et ( $d_{ch}$ ) le déplacement sous charge (exprimé en mètres).

Rappels :

- la loi de Hooke est  $\sigma = E \cdot \varepsilon = E \cdot \frac{d_{ch}}{l_0}$  où  $\sigma$ ,  $l_0$ ,  $E$  et  $\varepsilon$  désignent respectivement la contrainte, la longueur initiale du cordage, le module d'élasticité du matériau constituant la corde (exprimé en Pa) et la déformation ;
- la contrainte normale (exprimée en Pa) est donnée par l'équation  $\sigma = \frac{F}{S_{cable}}$  où  $S_{cable}$  désigne la section du cordage ;
- la condition de résistance est  $\sigma \leq R_{pe}$  avec  $R_{pe} = \frac{R_e}{cs}$ , résistance élastique  $R_e$  égale à 50 % de la résistance à la rupture  $R_r$  pour les cordages,  $cs$  représente le coefficient de sécurité.

**Q20.** Établir l'expression de la contrainte normale  $\sigma$  dans le cordage en fonction de la section du cordage ( $S_{\text{cable}}$ ), du module d'élasticité longitudinal ( $E$ ), de la longueur initiale du cordage ( $l_0$ ) et de l'énergie potentielle élastique ( $E_{\text{potentielle élastique}}$ ).

Deux matériaux ont été retenus pour le cordage :

- le polyamide (PA) qui a une résistance à la rupture de 270 MPa et un module d'élasticité longitudinal de 1 300 MPa ;
- le polyéthylène téréphtalate (PET) qui a une résistance à la rupture de 220 MPa et un module d'élasticité longitudinal de 1 700 MPa.

**Q21.** Pour chacun des matériaux, **déterminer** la contrainte normale correspondante  $\sigma$ .

**Q22.** **Calculer** le coefficient de sécurité  $cs$  pour chacun des matériaux. **Choisir** le matériau le mieux adapté et **justifier** la réponse.

#### 4. Conclusion de l'étude

---

**Objectif de cette partie : proposer** une synthèse de l'étude réalisée.

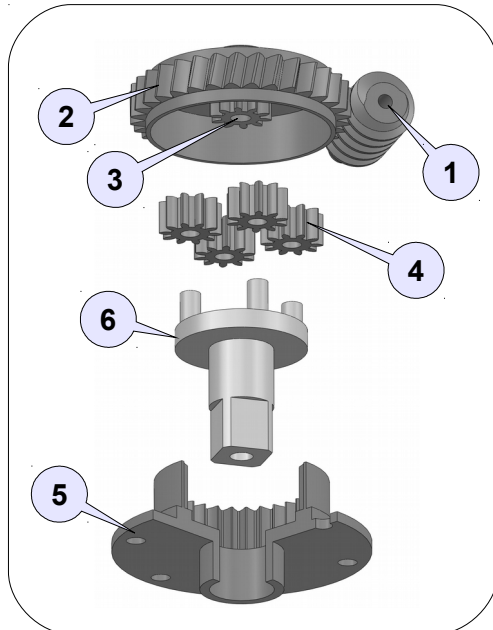
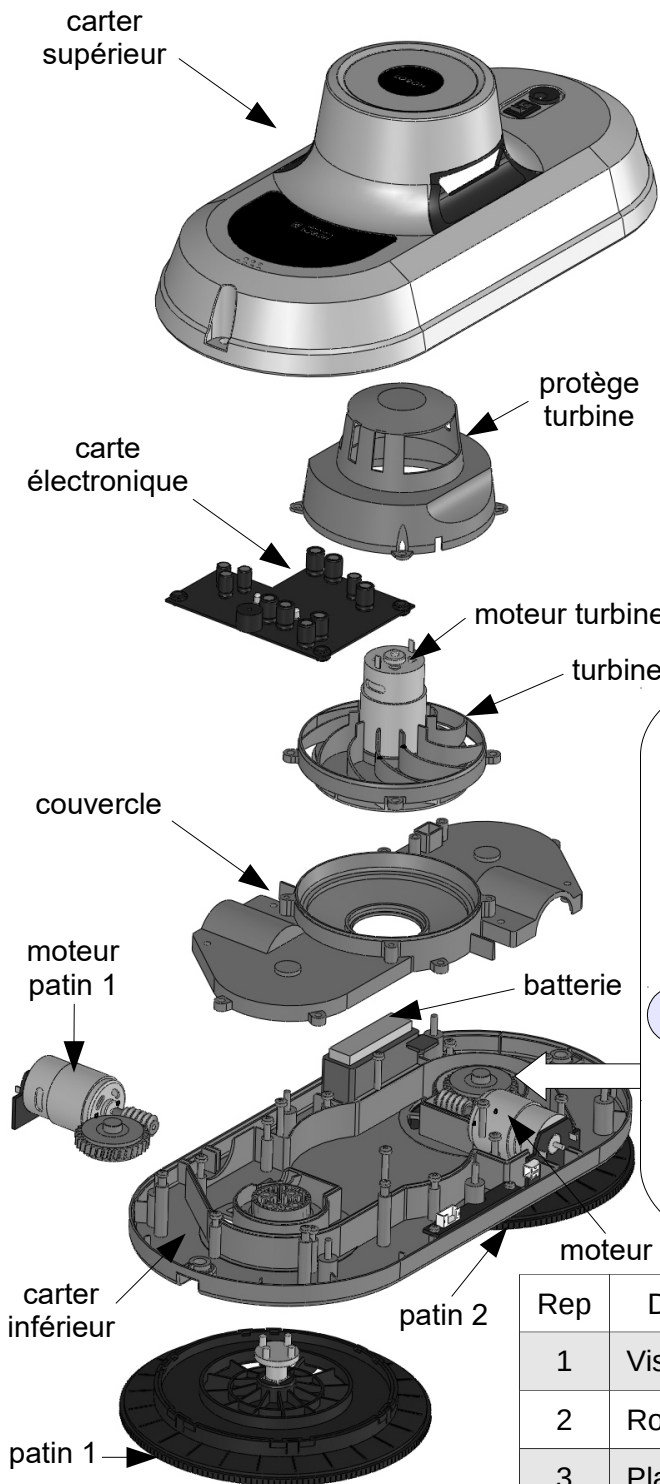
---

**Q23.** À l'aide de l'étude précédente, **analyser** la validité des solutions techniques de ce robot (points forts, points faibles) vis-à-vis :

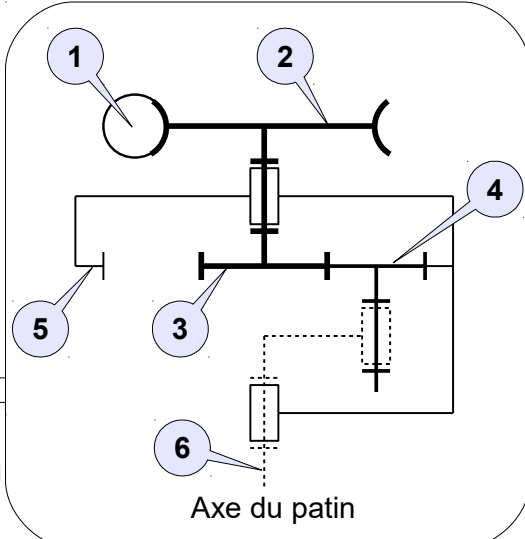
- du balayage de la totalité de la surface de la paroi vitrée ;
- de l'utilisation du robot en toute sécurité.



Document technique DT1. Modélisation du robot



Transmission patin



Axe du patin

**NOTA** : les bonnets en microfibres des patins ne sont pas représentés.

Rendement :  
 $\eta$  roue/vis sans fin = 0,5  
 $\eta$  train épicycloïdal = 0,8

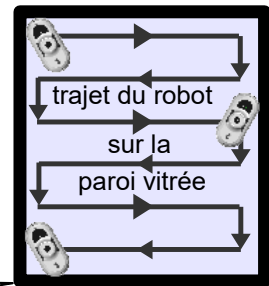
Rep	Désignation	Observations
1	Vis sans fin	1 filet, pas = 3 mm
2	Roue	Z = 32 dents
3	Planétaire	Z = 10 dents
4	Satellite	Z = 10 dents
5	Couronne	Z = 32 dents
6	Porte-satellites	

Z : nombre de dents des roues d'engrenages

## Document technique DT2. Déplacement du robot

La solution retenue est de mettre en mouvement rapide un des patins afin de balayer la surface. Dans le même temps l'autre patin fixe par rapport à la paroi vitrée est mis en mouvement lent, il en résulte un déplacement du corps du robot par rapport au patin en mouvement lent.

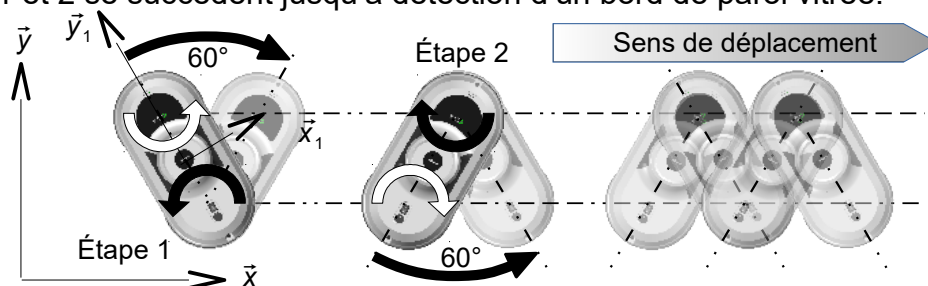
**Le robot a un mouvement de rotation autour de l'axe du patin en mouvement lent.**



Bords paroi vitrée

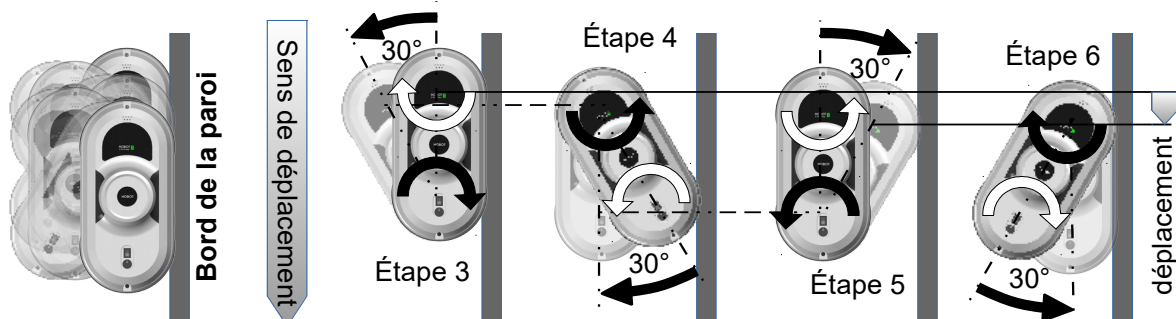
### Déplacement horizontal vers la droite

Après un déplacement angulaire de  $60^\circ$  (étape 1), les patins inversent les rôles (étape 2). Les étapes 1 et 2 se succèdent jusqu'à détection d'un bord de paroi vitrée.



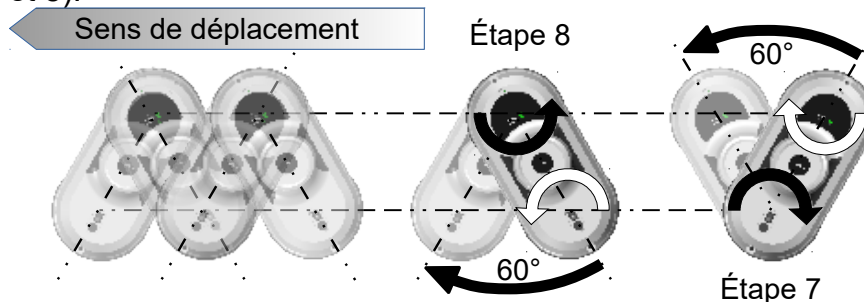
### Déplacement vertical vers le bas

Le robot réalise une succession de déplacements de  $30^\circ$  afin de se décaler verticalement jusqu'à la moitié de sa hauteur (étape 3, 4, 5 et 6).



### Déplacement horizontal vers la gauche

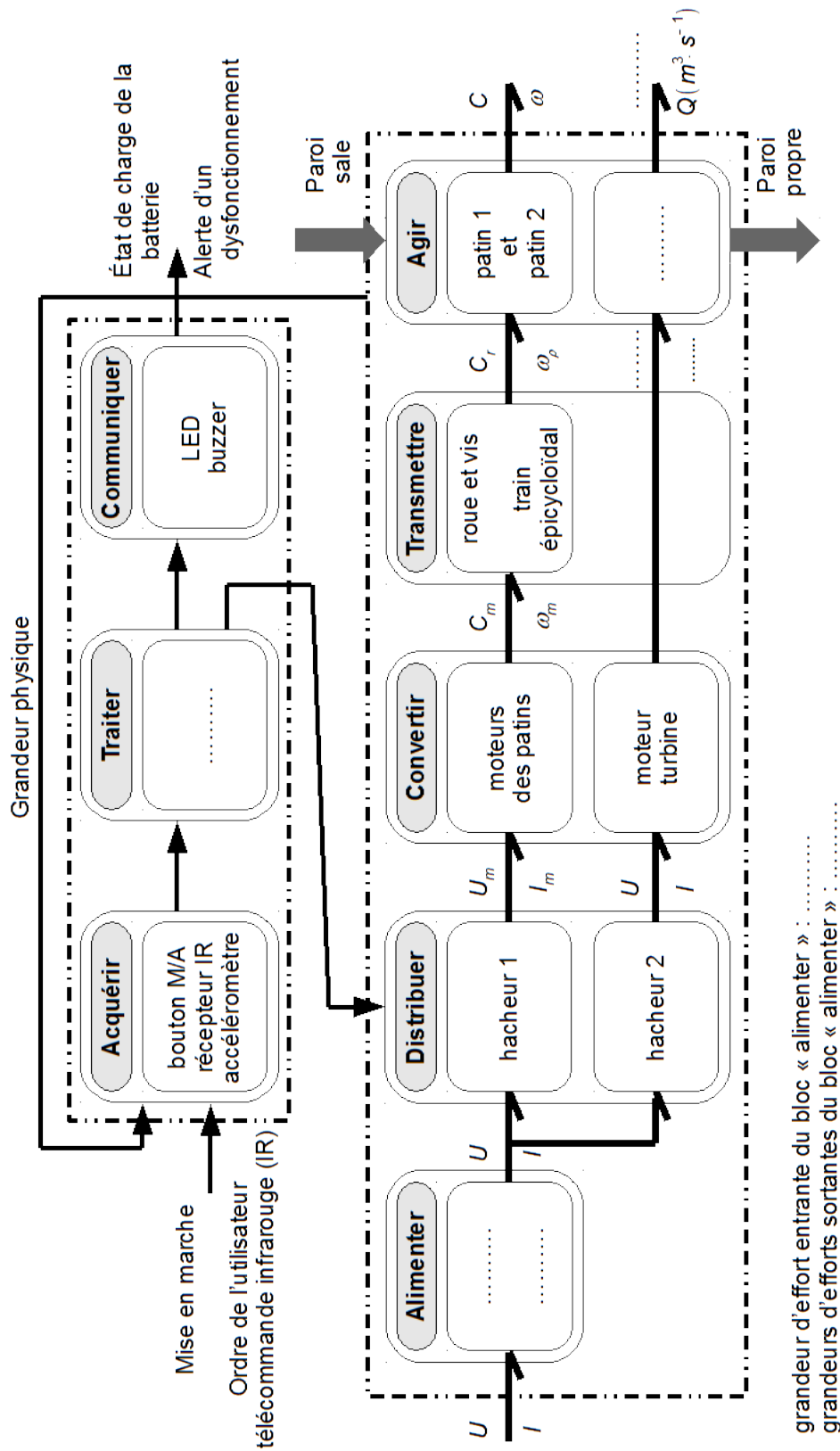
Le robot repart dans l'autre sens en faisant se succéder les déplacements angulaires de  $60^\circ$  (étapes 7 et 8).



À rendre avec la copie

Document réponse DR1. Diagramme de la structure fonctionnelle

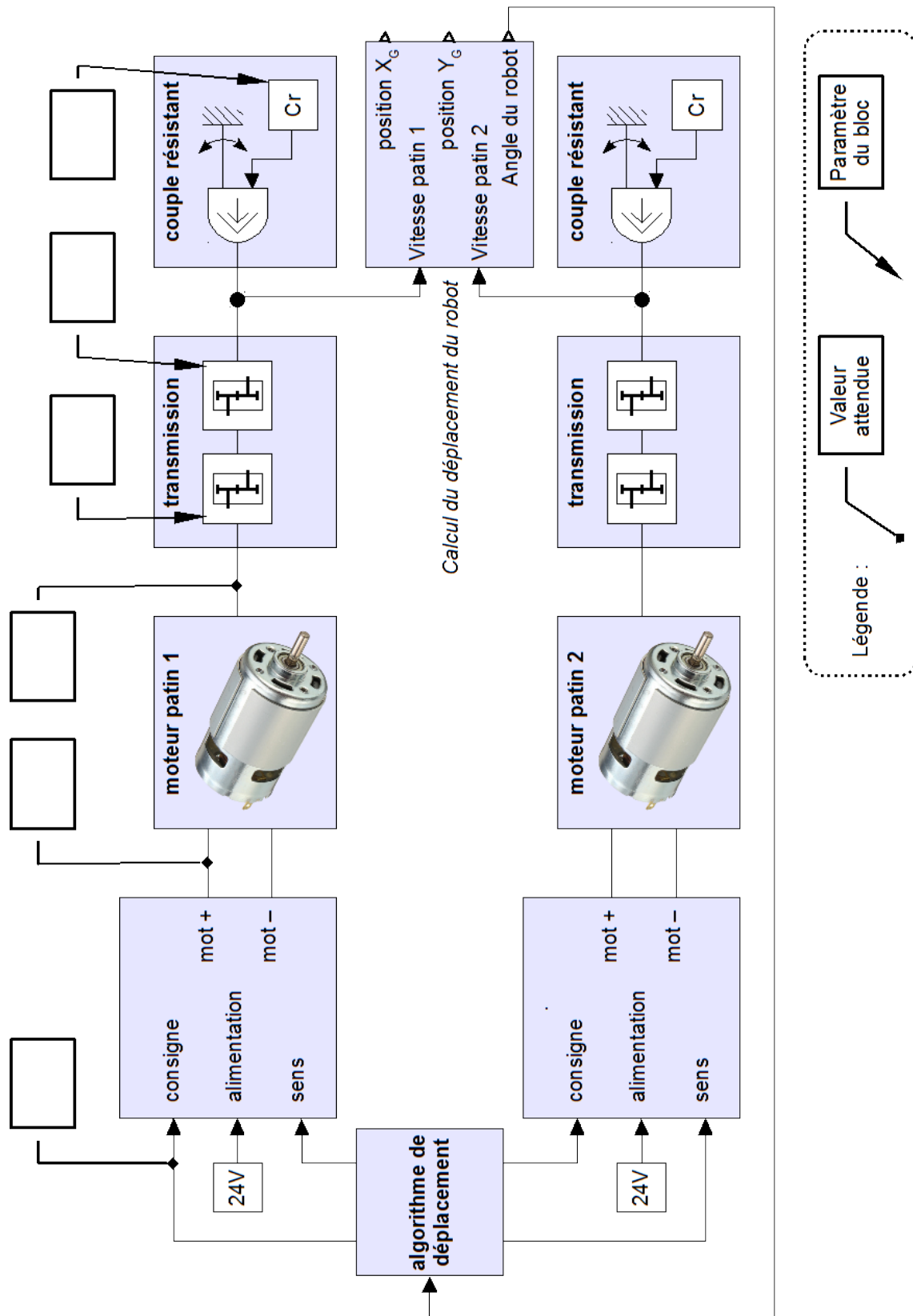
Q2



À rendre avec la copie

Document réponse DR2. Modèle multiphysique

Q4, Q5, Q6, Q8, Q9 et Q10



## À rendre avec la copie

## Document réponse DR3. Algorithmes du robot prototype

Q13

Algorithme principal  
partiel**DÉBUT****TANT QUE** vrai **FAIRE**

Lire\_télécommande()

**SI** code = 0x12 **ALORS**  
action = 4**FIN SI****SI** code = 0x1E. **ALORS**  
action = 1**FIN SI****SI** code = 0x1A **ALORS**  
action = 3**FIN SI****SI** code = 0x01 **ALORS**  
action = 0**FIN SI**

.....

**SI** action = 1  
Aller\_droite()  
**SI** bord = 1 **ALORS**  
action = 2  
**FIN SI****FIN SI****SI** action = 2  
Descendre()  
action = 3**FIN SI****SI** action = 3  
Aller\_gauche()  
**SI** bord = 1 **ALORS**  
action = 5**FIN SI****FIN SI****SI** action = 5  
Descendre()  
action = 1**FIN SI****SI** action = 4  
Monter()  
**SI** bord = 1 **ALORS**  
action = 3  
**FIN SI****FIN SI****FIN TANT QUE****FIN**Algorithme procédure  
« Aller\_droite »**DÉBUT**

// permet le déplacement du robot

Détecer\_bords()

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

**NOTA :**

- la procédure « Lire\_télécommande » permet d'attribuer à la variable « code » le code hexadécimal correspondant à la touche appuyée ;
- le procédure « Détecer\_bords » permet d'attribuer à la variable « bord » un 1 lors de la détection d'un bord de paroi.