

BACCALAURÉAT Général

**Enseignement de spécialité
Sciences de l'Ingénieur**

Session 2025

Éléments de correction

PARTIE 1 - SCIENCES DE L'INGÉNIEUR

Rééducation robotisée LOKOMAT

Sous-partie 1 : Étude du confort du patient durant l'activité physique de marche

| | |
|------------|---|
| Question 1 | À l'aide du diagramme des exigences figure 3, calculer le poids maximal P_{d_max} que le système peut délester. |
| Figure 3 | Déduire la plage de valeurs que peut prendre le poids apparent P_a selon les valeurs maximale et minimale de délestage du patient le plus lourd (P_{amin} et P_{amax} sont notés comme les deux poids extremums). |

Au début du cycle d'entraînement, 50 % du poids max :
 $50 \% \times 185 \text{ kg} = 92,5 \text{ kg}$
 $P_d = 92,5 \times 9,81 = 907,4 \text{ N}$

Le poids apparent maximal correspond au cas non délesté :
 $P_{amax} = 185 \times 9,81 = 1814,9 \text{ N}$
 $P_{amin} = 1814,9 - 907,4 = 907,4 \text{ N}$

| | |
|------------|---|
| Question 2 | En isolant la masse ponctuelle dans la configuration (b), et en appliquant le théorème de la résultante du principe fondamental de la statique, déterminer l'allongement $\Delta y = y_0 - l_0$ du ressort en fonction de k , $\ \vec{P}\ $ et $\ \vec{P}_d\ $. |
| Figure 5 | Calculer la valeur numérique du plus grand allongement Δy_{max} que peut subir le ressort ($k = 348 \text{ kN}\cdot\text{m}^{-1}$). |

Théorème de la résultante statique appliquée à la masse ponctuelle en projection sur y :
 $\vec{P} - \vec{P}_d - \vec{F}_{ressort} = \vec{0}$

$$F_{ressort} = P - P_d = -P_a$$

Le plus grand écart s'obtient dans le cas d'un délestage nul sur la personne la plus lourde. On a vu précédemment que $P_{amax} = 1814,9 \text{ N}$

$$\Delta y = \frac{P_{amax}}{k} = \frac{1814,9}{348 \cdot 10^3} = 0,0052 \text{ m donc } 5,2 \text{ mm.}$$

| | |
|------------|--|
| Question 3 | Calculer pour chaque vitesse de marche No, Mo, Le, et TLe, la fréquence et la pulsation du déplacement du bassin. |
| Figure 6 | |

$$No \quad f_{No} = \frac{1}{1,08} = 0,92 \text{ Hz} \quad \omega_{No} = \frac{2\pi}{1,08} = 5,81 \text{ rad}\cdot\text{s}^{-1}$$

$$Mo \quad f_{Mo} = \frac{1}{0,83} = 1,2 \text{ Hz} \quad \omega_{Mp} = \frac{2\pi}{0,83} = 7,5 \text{ rad}\cdot\text{s}^{-1}$$

$$Le \quad f_{LE} = \frac{1}{0,64} = 1,56 \text{ Hz} \quad \omega_{Le} = \frac{2\pi}{0,64} = 9,8 \text{ rad}\cdot\text{s}^{-1}$$

$$TLe \quad f_{No} = \frac{1}{0,36} = 2,77 \text{ Hz} \quad \omega_{TLE} = \frac{2\pi}{0,36} = 17,5 \text{ rad}\cdot\text{s}^{-1}$$

| | |
|------------|--|
| Question 4 | Commenter les écarts d'amplitude entre le relevé de simulation donné figure 8 et les relevés du déplacement du bassin donnés figure 6 centrés sur la marche normale No. |
| Figure 6 | |
| Figure 8 | |

Réponse attendue :

- *Mode de comportement amplitude max 9 mm.*
- *Modèle de simulation amplitude max 12 mm.*

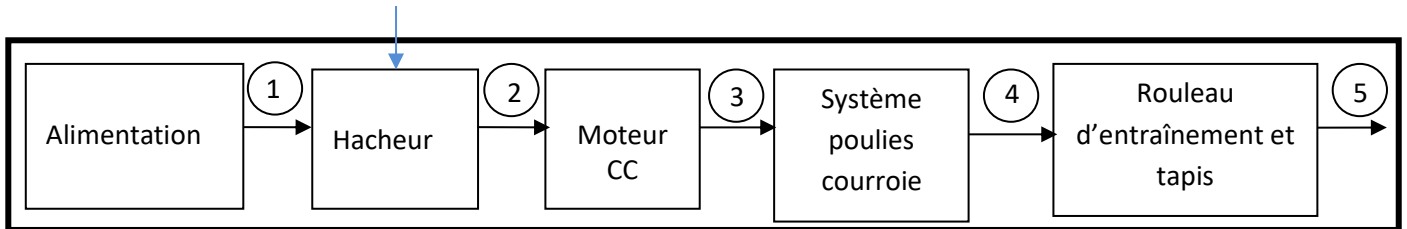
| | |
|------------|--|
| Question 5 | Estimer l'écart le plus important entre les deux relevés sur l'ensemble du cycle de marche. En déduire l'écart maximal relatif en pourcentage. Celui-ci doit être inférieur à 10 %. Conclure sur la validité du modèle. |
| Figure 6 | |
| Figure 8 | |

Écart maxi absolu de 3 mm. Comme $3 / 12 = 0,25$, on montre que l'écart maximal relatif est de 25 %.

Cet écart n'est pas négligeable et interpelle sur la validité du modèle.

Sous-partie 2 : Synchronisation de l'orthèse et du tapis roulant

| | |
|------------------|--|
| Question 6 | Compléter la chaîne de puissance dans le document réponse DR1 en indiquant les grandeurs de flux et d'effort (nom de la grandeur et unité). |
| Figure 10 DR1 | |

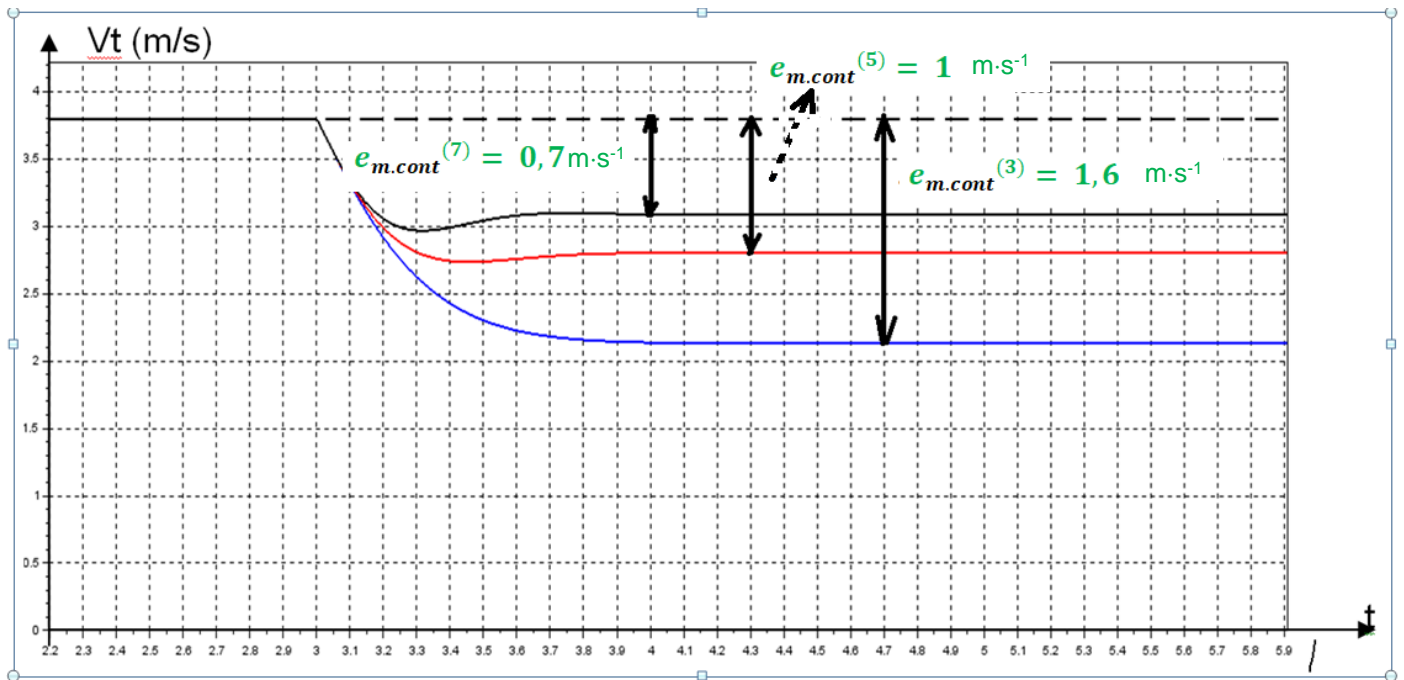


| Numéro | Grandeurs de flux | Grandeurs d'effort |
|--------|--|--------------------|
| 1 | Intensité A | Tension V |
| 2 | Intensité A | Tension V |
| 3 | Vitesse rotation $\text{rad}\cdot\text{s}^{-1}$ | Couple N·m |
| 4 | Vitesse rotation $\text{rad}\cdot\text{s}^{-1}$ | Couple N·m |
| 5 | Vitesse linéaire en $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ | Force N |

| | |
|------------|--|
| Question 7 | En prenant appui sur les réponses temporelles obtenues en simulation, et pour les trois valeurs du gain du correcteur, donner la valeur de l'erreur statique notée ϵ_{lanc} dans la phase de lancement du tapis. L'exigence du cahier des charges Id 1.2.2.1 est-elle respectée ? |
| Figure 11 | |

$\epsilon_{\text{lanc}} = 0$ oui, l'exigence de cahier des charges est respectée.

| | |
|------------|---|
| Question 8 | Sur le document réponse DR1, tracer par une flèche à double sens l'erreur statique due à la perturbation pour chacun des trois gains du correcteur. Sur le tableau joint, donner la valeur de chacune de ces trois erreurs statiques. |
| DR1 | |



| Gain du correcteur K | Valeur de l'écart statique due à la perturbation $e_{m.cont}$ |
|---------------------------|--|
| $K = 3$ | $e_{m.cont}^{(3)} = 1,6 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ |
| $K = 5$ | $e_{m.cont}^{(5)} = 1 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ |
| $K = 7$ | $e_{m.cont}^{(7)} = 0,7 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ |

| | |
|------------|---|
| Question 9 | Commenter l'évolution de cette erreur statique due à la perturbation en fonction du gain du correcteur. Préciser si l'exigence id 1.2.2.1 du diagramme des exigences situé figure 3 est respectée avec ces 3 valeurs. |
| Figure 3 | |

Quand k augmente l'erreur statique diminue. Exigence de cdcf non respectée car l'erreur statique n'est pas nulle.

| | |
|-------------|---|
| Question 10 | Donner les nouvelles valeurs de l'erreur statique due à la perturbation. Préciser si les exigences de précision avec ce type de correcteur sont respectées. |
| Figure 12 | |

L'erreur devient nulle. Les exigences sont respectées.

Sous-partie 3 : Étude des réglages de l'exosquelette en fonction de la mobilité du patient

| | |
|-------------|---|
| Question 11 | Calculer la valeur de la butée logicielle maximale « butemax » qui permet de respecter la plage de mouvement du patient et en déduire à l'aide de la figure 19 les valeurs de la tension de sortie de la butée logicielle maximale et minimale. |
| Figure 19 | |

La butée maximale = butée minimale + plage de mouvement

Soit butée maximale = $44^\circ + 166^\circ = 210^\circ$

D'après la lecture graphique, nous obtenons :

- une tension de sortie de 3,7 V pour la butée maximale ;
- une tension de sortie de 3,2 V pour la butée minimale.

| | |
|-------------|---|
| Question 12 | Vérifier que la résolution du convertisseur analogique numérique (en nombre de bits) est appropriée pour obtenir la précision du capteur souhaitée (exigence id 1.2.1) dans le diagramme des exigences figure 3. |
| Figure 3 | |

Résolution = étendue des mesures / nombre de combinaisons
 $= 354 / (2^{12}-1) = 0,086$
 $0,086 < 0,1$

Le cahier des charges est bien respecté.

| | |
|-------------|--|
| Question 13 | Calculer les deux valeurs numériques des butées logicielles qui seront affectées dans le programme. |
|-------------|--|

Butée minimale : $3,2 \times (2^{12}-1) / 5 = 2620$

Butée maximale : $3,7 \times (2^{12}-1) / 5 = 2948$

| | |
|-------------|---|
| Question 14 | Compléter le programme python du DR2 afin de respecter la marge de sécurité de l'amplitude de mouvement. |
| DR2 | |

```

##Algorithme de surveillance des butées numériques

#Déclaration des valeurs numériques des butées
butemin=2624
butemax=2964
#La variable anglehd renvoie la valeur numérique du capteur angulaire
#de la hanche droite

# Marge de sécurité de 0,5°
Mg_secu=11

def Mv_hd_hor():
    while anglehd>butemin:
        C_mot_hor=True
        #Surveillance du dépassement de la butée
        if anglehd <(butemin - Mg_secu): ] ou anglehd < 2613
            C_mot_hor=False
            default=1
        C_mot_hor=False

def Mv_hd_antihor():
    #Déplacement orthèse sens anti-horaire
    while anglehd<butemax:
        C_mot_antihor=True
        #Surveillance du dépassement de la butée
        if anglehd>(butemax + Mg_secu): ] ou anglehd> 2975
            C_mot_antihor=False
            default=1
        C mot hor=False

```

| | |
|-------------|--|
| Question 15 | Conclure sur le respect de l'exigence id = 1.2.1.1 donnée dans le diagramme des exigences partiel figure 3. |
| Figure 3 | |

→ Exigence 1.2.1.1 respectée.