Concours Centrale-Supélec, France

Session 2017, filière TSI

Sciences industrielles de l'ingénieur

Durée : 4 heures

Ce que traite le sujet

- Partie I : présentation du système
- Partie II : exigence « assurer le mouvement vertical »
- Partie III : exigence « gérer le mouvement vertical »
- Partie IV : exigence « acquérir l'intention de mise en mouvement »
- Partie V : évolution du produit

Sujet reproduit sans retouche à partir de la page suivante.

Résumé des parties, chapitres de cours liés et autres années :
prepahelp.com/annales/centrale/tsi/2017/si

Prepa Help ne revendique aucun droit sur le sujet, propriété de l'organisateur du concours.

CONCOURS CENTRALE•SUPÉLEC

S2I

TSI

2017

4 heures Calculatrices autorisées

Assistance pour le maniement de charges dans l'industrie

I Présentation du système

I.A – Contexte

L'exosquelette est un appareil qui apporte à un être humain des capacités qu'il ne possède pas ou qu'il a perdues à cause d'un accident. Ce type d'appareil peut permettre à une personne de soulever des charges lourdes et diminuer considérablement les efforts à fournir sans la moindre fatigue (figure 1). Après avoir revêtu un exosquelette adapté à sa morphologie et à sa taille, l'utilisateur peut faire ses mouvements en bénéficiant d'une grande fluidité.



Figure 1 Maniement de charges

I.B – Mise en situation

L'exosquelette (figure 2) est constitué :

- d'un support de charge transportée **4** ;
- de deux moteurs de l'articulation de la hanche ;
- de deux cuisses **2** et **2'** ;
- de deux moteurs de genou ;
- de deux jambes **1** et **1'** ;
- de deux articulations de cheville, non motorisées ;
- de deux pieds **3** et **3'**.

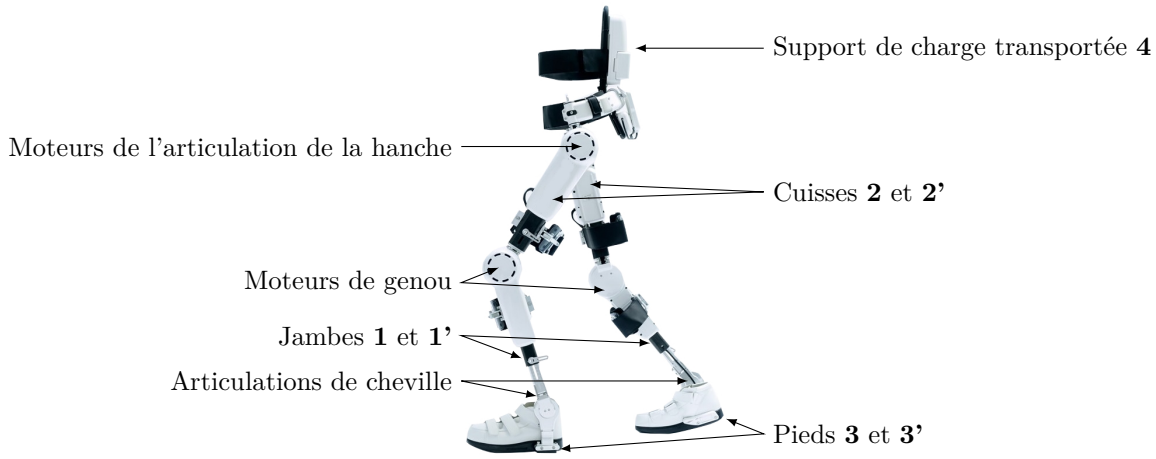


Figure 2 Constituants de l'exosquelette

BY-NC-SA

Les actionneurs équipant chaque axe (genoux et hanches) de l'exosquelette sont des moteurs synchrones de type « brushless » couplés à des réducteurs de vitesse de type « Harmonic Drive ». Chaque moteur est alimenté par une carte de positionnement incluant un onduleur triphasé, la source d'énergie étant un pack de batteries de tension nominale égale à 36 V. La carte de positionnement exploite les signaux des capteurs à effet Hall intégrés dans le moteur ainsi que ceux d'un codeur incrémental monté sur l'axe moteur, elle comprend trois asservissements :

- un asservissement de courant qui correspond à un asservissement de couple ;
- un asservissement de vitesse avec un correcteur proportionnel et intégral ;
- un asservissement de position offrant des fonctions d'anticipation de vitesse.

Les moteurs au niveau de l'articulation de la hanche permettent de modifier l'inclinaison de la charge afin d'éviter un basculement autour de son axe de tangage. Une centrale inertielle est utilisée à cet effet. Un modèle multiphysique de l'exosquelette est représenté figure 3.

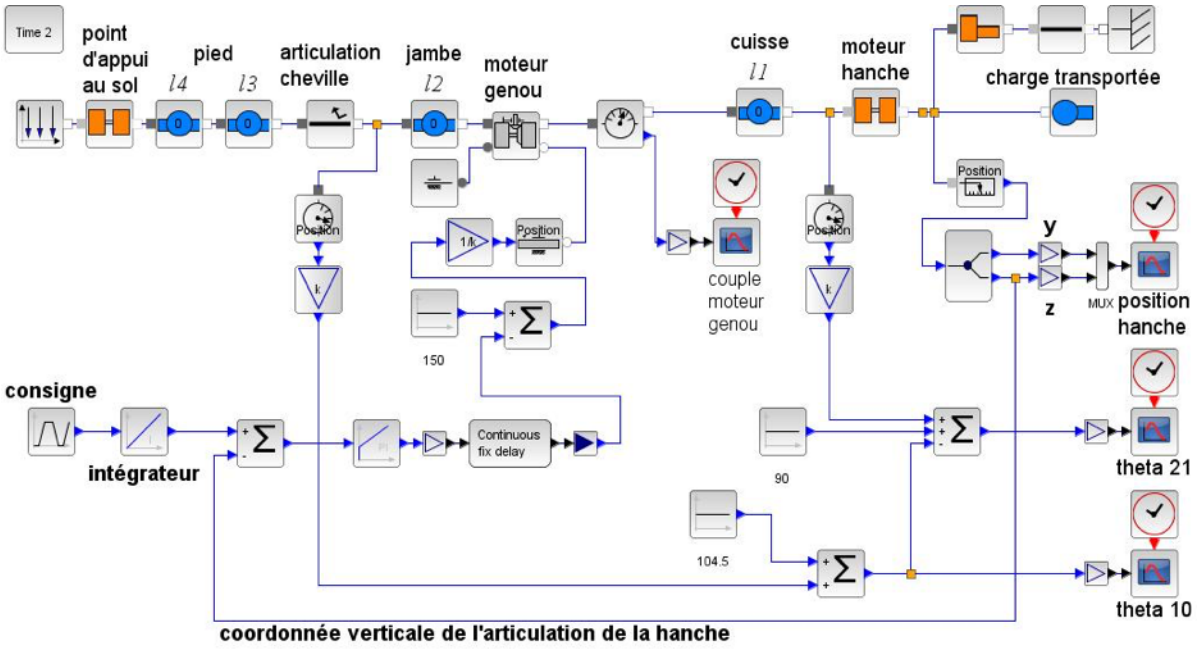


Figure 3 Modèle multiphysique de l'exosquelette

Ce sujet se concentre essentiellement sur le dimensionnement et le pilotage des moteurs des genoux.

I.C – Étude proposée

La fluidité de marche et la gestion en temps réel des mouvements (marcher à plat ou sur des pentes jusqu'à 10°, monter des marches, se mettre en position accroupie ou assise) sont des éléments fondamentaux qui conditionnent la conception et la réalisation d'un exosquelette. Les solutions technologiques retenues répondent à cet objectif. Elles ne sont pas toutes abordées dans ce sujet. Quelques-unes de celles retenues pour l'exosquelette sont étudiées pour valider les solutions choisies par les concepteurs vis-à-vis des performances attendues listées par le cahier des charges.

Dans cette optique, il est proposé les quatre études suivantes :

- modélisation et validation des constituants associés à l'exigence fonctionnelle « assurer le mouvement vertical » ;
- validation de l'architecture de la chaine fonctionnelle réalisant l'exigence fonctionnelle « gérer le mouvement vertical » ;
- conception de la chaine d'information réalisant l'exigence fonctionnelle « acquérir l'intention de la mise en mouvement » ;
- évolution du produit.

BY-NC-SA

II Exigence fonctionnelle « assurer le mouvement vertical »

Objectif

Proposer un modèle de connaissance des éléments réalisant l'exigence fonctionnelle « assurer le mouvement vertical » puis valider les performances attendues listées par le cahier des charges (figure 4).

Exigences	**Critères d'appréciation**	**Niveau**
Assurer le mouvement vertical	Durée du mouvement de la hanche	$t = 2\,\text{s}$
	Masse de la charge à soulever par les deux jambes	$m_4 = 60\,\text{kg}$

Figure 4 Extrait du cahier des charges associé à l'exigence « Assurer le mouvement vertical »

II.A – Élaboration du modèle géométrique direct et du modèle articulaire inverse

Objectif

Élaborer la commande du moteur pilotant le genou à partir d'un mouvement défini dans l'espace opérationnel puis converti dans l'espace articulaire.

L'étude se limite au passage de la position accroupie à la position relevée de l'exosquelette. Lors de ce passage, le point O_2 est en mouvement de translation verticale suivant la direction $(O_0, \vec{z}_0)$ et sa vitesse de déplacement évolue selon une loi trapézoïdale. Un modèle plan de la chaine cinématique ouverte représente la partie inférieure de l'exosquelette en position debout et fléchie (figure 5).

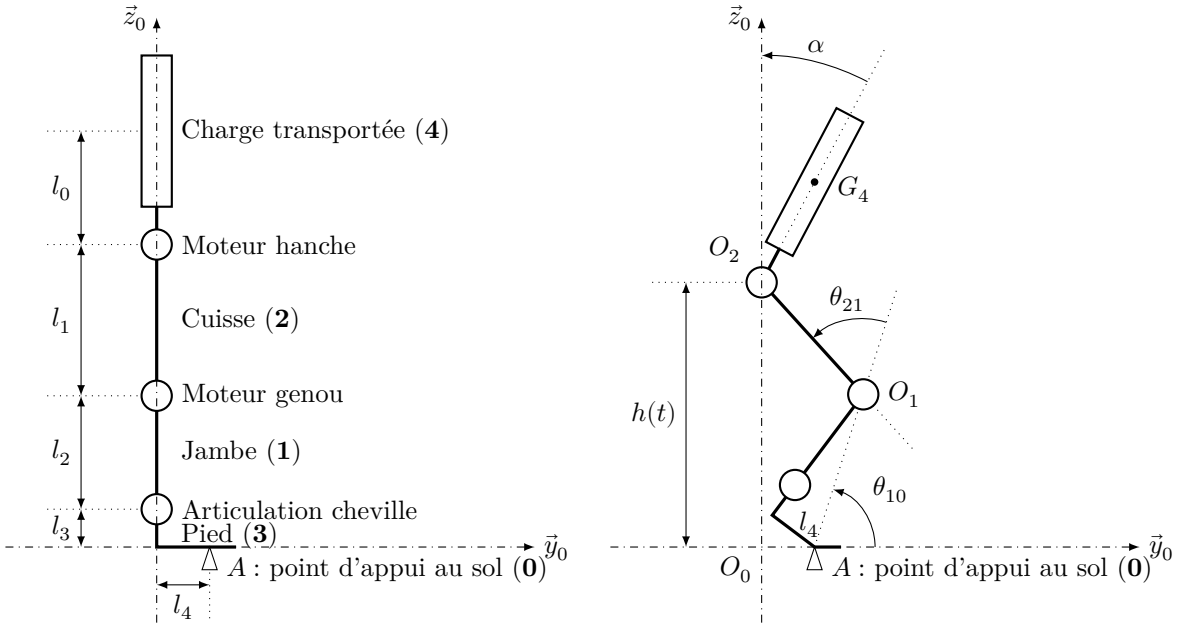


Figure 5 Modèle d'étude plan position debout et fléchie

Un modèle d'étude simplifié plan ainsi que l'orientation des repères et le paramétrage angulaire sont proposés figure 6.

Hypothèses

- Le référentiel lié au repère $R_0(A, \vec{x}_0, \vec{y}_0, \vec{z}_0)$ est galiléen et est fixe par rapport à la terre.
- Le point O_2 représentant la hanche se déplace verticalement selon la direction $(O_0, \vec{z}_0)$.
- L'angle α entre la charge transportée et la verticale $\vec{z}_0$ reste constant.
- Le point d'appui A du pied sur le sol est considéré fixe par rapport à la terre.
- Lors du mouvement étudié la jambe (**1**) reste perpendiculaire au pied (**3**).

Données

- $\theta_{10} = (\vec{y}_0, \vec{y}_1) = (\vec{z}_0, \vec{z}_1)$
- $\theta_{21} = (\vec{y}_1, \vec{y}_2) = (\vec{z}_1, \vec{z}_2)$
- $\alpha =$ constante
- $L = \sqrt{(l_2 + l_3)^2 + l_4^2}$

BY-NC-SA

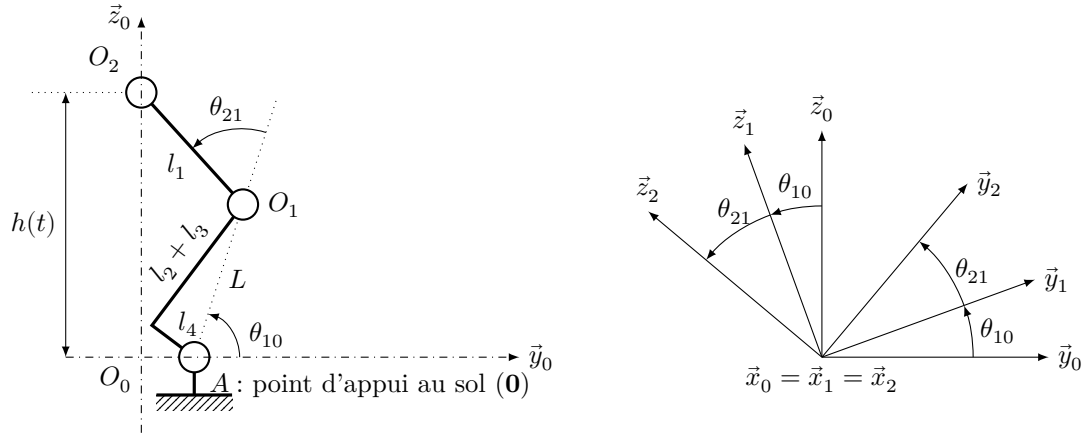


Figure 6 Modèle simplifié plan et paramétrage angulaire

Q 1. Déterminer littéralement les coordonnées opérationnelles l_4 et $h(t)$ en fonction des coordonnées articulaires θ_{10}, θ_{21} et des paramètres dimensionnels L et l_1.

Q 2. Déterminer le modèle articulaire inverse θ_{21} et θ_{10} en fonction de l_1, l_4, L et $h(t)$.

Indications

- Dans un premier temps, il est conseillé de déterminer l'expression de θ_{21} à partir des deux relations trouvées à la question 1, provenant du modèle géométrique direct, élevées au carré. (On rappelle que $\cos(a-b) = \cos a \cos b + \sin a \sin b$.)
- Dans un deuxième temps, pour déterminer l'expression de θ_{10}, utiliser le modèle géométrique direct exprimé préalablement sous la forme

$$\begin{cases} l_1 \cos(\theta_{10} + \theta_{21}) = -L \cos\theta_{10} - l_4 \\ l_1 \sin(\theta_{10} + \theta_{21}) = h(t) - L \sin\theta_{10} \end{cases}$$

- En éliminant $\sin(\theta_{10} + \theta_{21})$ et $\cos(\theta_{10} + \theta_{21})$, obtenir une équation de la forme $A\cos\theta_{10} + B\sin\theta_{10} = C$.
- En normant A et B l'équation devient

$$\frac{A}{\sqrt{A^2+B^2}}\cos\theta_{10} + \frac{B}{\sqrt{A^2+B^2}}\sin\theta_{10} = \frac{C}{\sqrt{A^2+B^2}}$$

- En posant $\cos\varphi = \dfrac{A}{\sqrt{A^2+B^2}}$ et $\sin\varphi = \dfrac{B}{\sqrt{A^2+B^2}}$, l'équation devient $\cos\varphi\cos\theta_{10} + \sin\varphi\sin\theta_{10} = \dfrac{C}{\sqrt{A^2+B^2}}$ et se ramène à l'écriture

$$\cos(\theta_{10} - \varphi) = \frac{C}{\sqrt{A^2+B^2}}$$

- Déterminer l'expression de θ_{10} en fonction de l_1, l_4, L et $h(t)$.

II.B – Élaboration du modèle cinématique

Objectif

En vue de dimensionner le moteur du genou, déterminer la vitesse articulaire en fonction de la vitesse opérationnelle.

Q 3. Déterminer à partir du modèle articulaire inverse la vitesse angulaire $\dot{\theta}_{21}$ en fonction de $h(t)$, $\dot{h}(t)$, l_1, L et $\sin\theta_{21}$.

Le modèle multiphysique a permis de déterminer les conditions suivantes correspondant à la vitesse maximale : $t = 1{,}5$ s, $h(t = 1{,}5) = 0{,}829$ m, $\dot{h}(t = 1{,}5) = 0{,}422$ m·s^{-1} et $\theta_{21} = 55{,}9°$. Les longueurs l_1 et L valent respectivement 43,1 cm et 51,8 cm. Le réducteur de vitesse utilisé a un rapport de réduction égal à $r = 1/120$.

Q 4. Déterminer la valeur maximale de la vitesse angulaire $\dot{\theta}_{21}$ en rad·s^{-1} puis celle de la fréquence de rotation d'un moteur de genou en tr·min^{-1}.

BY-NC-SA

II.C – Élaboration du modèle dynamique

Objectif

Dimensionner le moteur situé au niveau d'un genou permettant à l'exosquelette de soulever une masse de 60 kg de la position accroupie à la position debout.

Ces calculs visent à déterminer l'équation dynamique qui permet d'obtenir le couple moteur (minimal) en fonction des caractéristiques géométriques et massique de la charge à soulever ainsi que des conditions d'utilisation. Le modèle d'étude est celui représenté à la figure 5 correspondant au modèle d'étude plan position fléchie.

Hypothèses

- L'étude est modélisable dans le plan.
- Toutes les liaisons sont supposées parfaites.
- Les inerties des pièces sont négligées sauf la masse de la charge à soulever.
- L'angle α entre la charge transportée et la verticale $\vec{z}_0$ reste constant.
- G_4, centre de gravité de la charge transportée (**4**), reste en permanence à la verticale du point A d'appui au sol.

Données

- $\overrightarrow{O_1G_4} = \lambda(t)\vec{z}_0 - L\cos\theta_{10}\vec{y}_0$
- Accélération de la pesanteur $g = 9{,}81\ \text{m}\cdot\text{s}^{-2}$.
- Longueur de la cuisse $l_1 = 43{,}1$ cm.
- Longueur de la jambe $l_2 = 43{,}3$ cm.
- Longueur de l'articulation de la cheville à la plante arrière du pied $l_3 = 6{,}9$ cm.
- Longueur de la plante arrière du pied au point d'appui sur le sol $l_4 = 13$ cm.
- Longueur $L = 51{,}8$ cm.
- Rapport de réduction $r = 1/120$.

Q 5. Déterminer $\vec{\sigma}^{O_1}_{E/0}\cdot\vec{x}_0$, la projection sur l'axe $\vec{x}_0$ du moment cinétique en O_1 de l'ensemble $E = \{$cuisse (**2**)+ charge transportée (**4**)$\}$ dans son mouvement par rapport à R_0 en fonction de m_4, $\dot{h}(t)$, L et $\cos\theta_{10}$.

Q 6. Déduire $\vec{\delta}^{O_1}_{E/0}\cdot\vec{x}_0$, la projection sur l'axe $\vec{x}_0$ du moment dynamique en O_1 de l'ensemble E dans son mouvement par rapport à R_0 en fonction de m_4, $\ddot{h}(t)$, L et $\cos\theta_{10}$.

La loi d'évolution de la vitesse de la hanche est donnée figure 7.

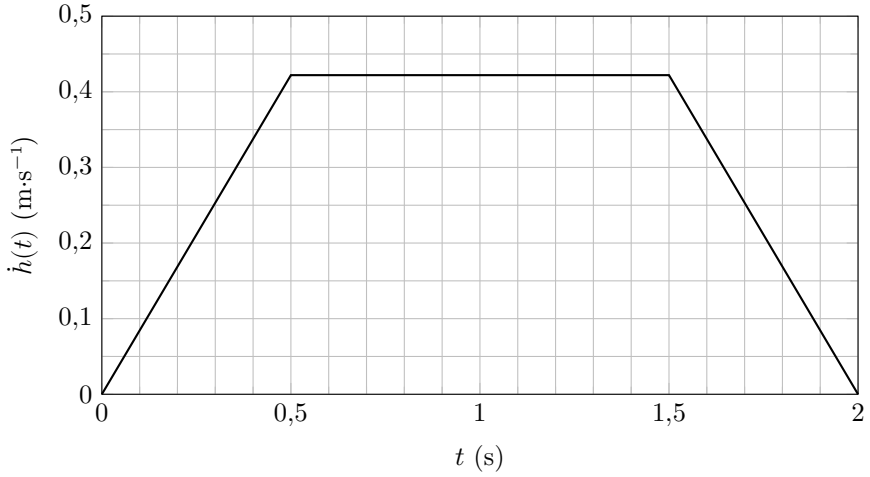


Figure 7 Loi d'évolution de la vitesse de la hanche

Q 7. Déterminer l'expression littérale du couple C_r exercé par l'arbre de sortie du réducteur sur le genou imposé par la loi d'évolution de la hanche et calculer numériquement ce couple pour une valeur de θ_{10} égale à 54,5° correspondant à la valeur maximale du couple.

Q 8. Calculer le couple C_m au niveau de l'arbre moteur du genou en prenant un facteur de perte $\eta = 0{,}75$ (estimé à l'aide du modèle multiphysique).

BY-NC-SA

II.D – Validation du dimensionnement du moteur

Objectif

Vérifier que le moteur choisi convient pour une utilisation intensive comprenant 4 cycles par minute de descente suivie d'une montée.

Le cycle figure 8 obtenu à l'aide du modèle multiphysique de la figure 3 représente l'évolution du couple moteur, et ce en tenant compte du moment d'inertie du rotor, sur un cycle de période $T = 15\,\text{s}$.

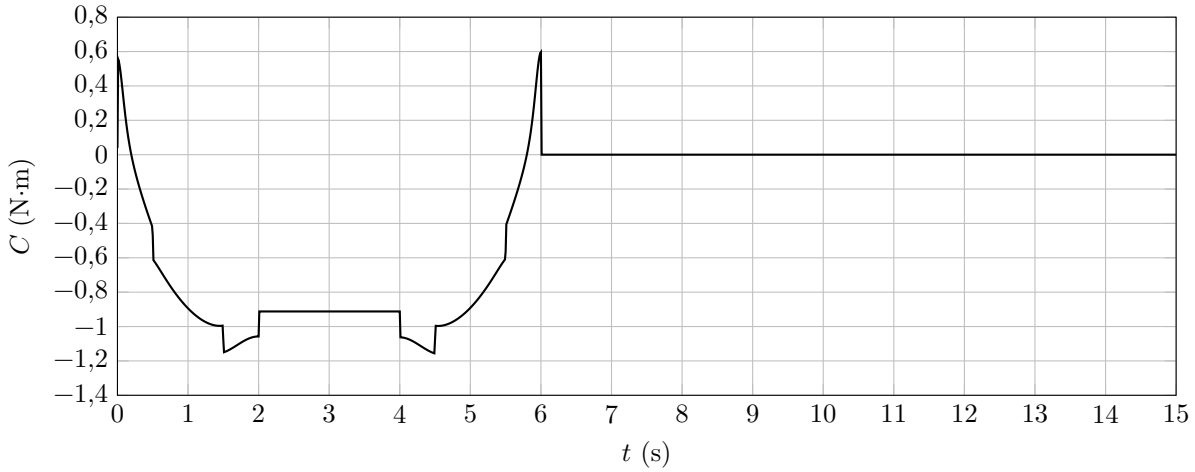


Figure 8 Couple moteur du genou sur un cycle de période $T = 15\,\text{s}$

Quatre phases sont définies sur cette période :

- phase 1 pour $0 \leqslant t < 2\,\text{s}$, valeur efficace du couple moteur $C_1 = 0{,}838\,\text{N·m}$;
- phase 2 pour $2 \leqslant t < 4\,\text{s}$, couple moteur constant $C_2 = -0{,}912\,\text{N·m}$;
- phase 3 pour $4 \leqslant t < 6\,\text{s}$, valeur efficace du couple moteur $C_3 = 0{,}838\,\text{N·m}$;
- phase 4 pour $6 \leqslant t < 15\,\text{s}$, couple moteur nul.

Q 9. Préciser à quels mouvements correspondent les 4 phases de ce cycle.

Le couple efficace est également appelé couple thermiquement équivalent, il est défini par

$$C_{\text{eff}} = \sqrt{\frac{1}{T}\int_0^T c(t)^2\,\text{d}t}$$

Q 10. Calculer la valeur efficace du couple moteur du genou pour ce cycle périodique de 15 s.

Le couple moteur varie entre $-1{,}156\,\text{N·m}$ et $0{,}596\,\text{N·m}$.

Les caractéristiques du moteur choisi sont :

- vitesse à vide de $3120\,\text{tr·min}^{-1}$ pour une alimentation nominale en amont de l'onduleur de 36 V ;
- couple permanent admissible de $0{,}560\,\text{N·m}$;
- pente de la courbe de la vitesse en fonction du couple de $423\,\text{tr·min}^{-1}\text{·N}^{-1}\text{·m}^{-1}$.

Q 11. Conclure quant au choix de ce moteur au regard de la valeur maximale de la vitesse angulaire calculée à la question 4 et du couple efficace calculé à la question 10.

III Exigence fonctionnelle « gérer le mouvement vertical »

Objectif

Déterminer les réglages de la commande asservie des moteurs genou droit et gauche permettant d'assurer un mouvement vertical ne déséquilibrant pas le porteur de l'exosquelette puis valider les performances attendues listées par le cahier des charges (figure 9).

La demande de mouvement de l'utilisateur de l'exosquelette se traduit par une consigne de vitesse de type trapézoïdal pour le mouvement vertical. À l'aide du modèle articulaire inverse étudié précédemment, cette demande se traduit finalement en consigne de position des axes moteur genou gauche et droit. Cette consigne de position du moteur représentée figure 10 montre des parties qui peuvent être approchées par des constantes, des rampes et des paraboles.

BY-NC-SA

Exigences	Critères d'appréciation	Niveau
Gérer le mouvement vertical	Précision statique de la boucle d'asservissement de position	
	erreur de position	$< 1\%$
	erreur de trainage	$< 1\%$
	erreur d'accélération	$< 1\%$

Figure 9 Extrait du cahier des charges associé à l'exigence « Gérer le mouvement vertical »

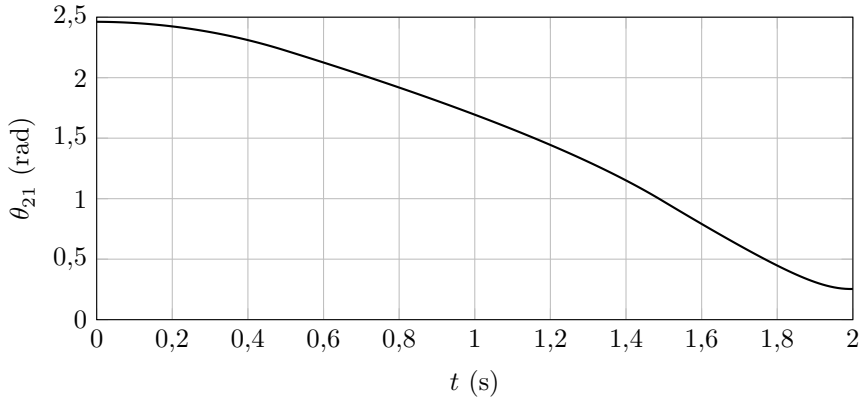


Figure 10 Évolution de la consigne moteur

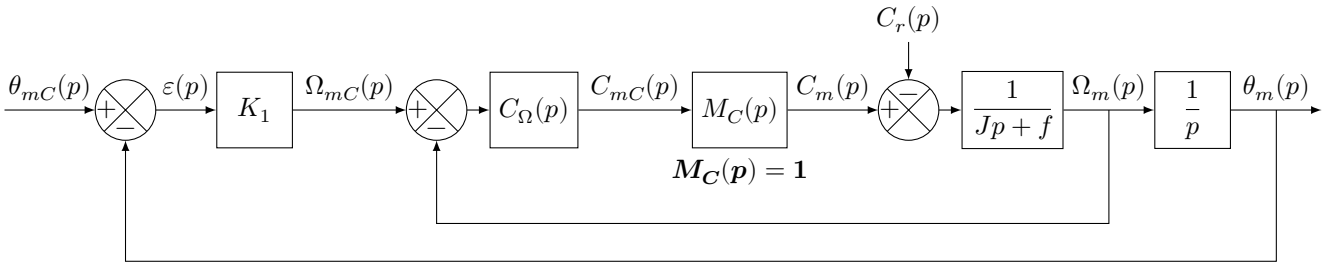


Figure 11 Premier modèle

Selon le cahier des charges, pour assurer une bonne synchronisation des axes, l'exigence de précision statique suite à une entrée de type échelon, de type rampe ou de type accélération doit être inférieure à 1%.

Le premier modèle défini figure 11 est adopté pour chaque axe.

Notations

$\theta_{mC}(p)$	consigne de position de l'axe moteur (variable temporelle : $\theta_{mC}(t)$ en rad)
$\theta_m(p)$	position de l'axe moteur (variable temporelle : $\theta_m(t)$ en rad)
$C_{mC}(p)$	consigne de couple moteur (variable temporelle : $c_{mC}(t)$ en N·m)
$C_m(p)$	couple moteur (variable temporelle : $c_m(t)$ en N·m)
$C_r(p)$	couple résistant perturbateur (variable temporelle : $c_r(t)$ en N·m)
K_1	gain proportionnel du correcteur de l'asservissement de position (en s^{-1})
$\Omega_{mC}(p)$	consigne de vitesse de l'axe moteur (variable temporelle : $\Omega_{mC}(t)$ en rad·s^{-1})
$\Omega_m(p)$	vitesse de l'axe moteur (variable temporelle : $\Omega_m(t)$ en rad·s^{-1})
$C_\Omega(p)$	correcteur de l'asservissement de vitesse
$M_C(p)$	modélise la boucle d'asservissement en couple de la machine électrique, considérée parfaite au vu de sa dynamique par rapport aux autres boucles : $M_C(p) = 1$
J	moment d'inertie de l'ensemble en mouvement, rapporté au niveau de l'axe moteur
f	coefficient de frottements visqueux équivalent pour l'ensemble en mouvement

Le correcteur de l'asservissement de vitesse est de la forme $C_\Omega(p) = K_2\left(1 + \frac{1}{T_i p}\right)$. T_i est réglé afin de compenser le pôle dominant pour la situation correspondant à l'inertie moyenne, $T_i = \frac{J}{f}$. Le correcteur prend alors la forme :

$$C_\Omega(p) = K_2\left(\frac{Jp+f}{Jp}\right)$$

BY-NC-SA

Le premier modèle de la figure 11 permet de constater que :

– l'écart est défini par la variable $\varepsilon(t) = \theta_{mC}(t) - \theta_m(t)$;

– l'erreur entre l'entrée et la sortie est définie par la variable $\mu(t) = \theta_{mC}(t) - \theta_m(t)$.

Étant donné que le modèle utilisé est à retour unitaire, l'écart $\varepsilon(t)$ est égal à l'erreur $\mu(t)$.

La précision statique du système est définie par les paramètres suivants :

– $\varepsilon_p = \lim\limits_{t\to\infty} \varepsilon(t)$ suite à une entrée de type échelon unitaire $\theta_{mC}(t) = u(t)$, $\theta_{mC}(p) = \dfrac{1}{p}$, appelée erreur de position ;

– $\varepsilon_v = \lim\limits_{t\to\infty} \varepsilon(t)$ suite à une entrée de type rampe unitaire $\theta_{mC}(t) = tu(t)$, $\theta_{mC}(p) = \dfrac{1}{p^2}$, appelée erreur de trainage ;

– $\varepsilon_a = \lim\limits_{t\to\infty} \varepsilon(t)$ suite à une entrée de type accélération $\theta_{mC}(t) = \dfrac{t^2}{2}u(t)$, $\theta_{mC}(p) = \dfrac{1}{p^3}$, appelée erreur en accélération.

Hypothèse

Le couple résistant évolue lentement au regard de la dynamique de l'asservissement, ce qui permet de considérer pour la suite de l'étude $C_r(p) = 0$.

Q 12. Déterminer la grandeur physique de la consigne et la grandeur physique asservie à partir du modèle multiphysique présenté figure 3 et préciser leurs unités de base dans le système international d'unités (SI).

Q 13. Exprimer $H_\Omega(p) = \dfrac{\Omega_m(p)}{\Omega_{mC}(p)}$ en fonction de J, K_2 et p.

Q 14. Exprimer $\varepsilon(p)$ en fonction de $\theta_{mC}(p)$, $H_\Omega(p)$, K_1 et p.

Q 15. Déterminer l'erreur de position ε_p puis l'erreur de trainage ε_v. Conclure sur la valeur de K_1 pour satisfaire à l'exigence d'erreur en trainage.

Q 16. Déterminer l'erreur en accélération et conclure quant au respect du cahier des charges.

Pour satisfaire l'exigence d'une erreur en accélération inférieure à 1%, le second modèle avec anticipation de la vitesse (figure 12) est adopté avec $H_\Omega(p) = \dfrac{1}{1+Tp}$ et $T = 33\,\text{ms}$.

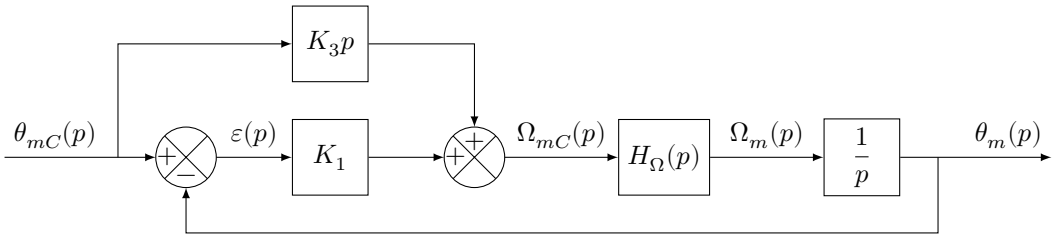


Figure 12 Second modèle

Q 17. Exprimer $\varepsilon(p)$ en fonction de $\theta_{mC}(p)$, T, K_1, K_3 et p.

Le second modèle avec anticipation de la figure 12 n'a pas d'incidence sur la valeur de l'erreur de position.

Q 18. Exprimer l'erreur de trainage et déterminer la valeur de K_3 permettant l'annuler cette erreur.

Q 19. Exprimer et déterminer l'erreur d'accélération en prenant les valeurs de K_3 et de K_1 déterminées précédemment. Conclure quant au respect du cahier des charges.

IV Exigence fonctionnelle « acquérir l'intention de la mise en mouvement »

Objectif

Acquérir l'intention de mise en mouvement du porteur de l'exosquelette afin de pouvoir déterminer l'amplitude de la loi de commande trapézoïdale du mouvement vertical.

Une piste prometteuse, étudiée par plusieurs chercheurs pour établir la consigne de déplacement, consiste à utiliser les signaux électriques apparaissant au niveau des muscles dès que la personne contracte ces derniers. L'intention de contracter un muscle s'initie au niveau du cerveau. Une information traverse alors le système nerveux pour provoquer la contraction du muscle par un processus chimique. Les modifications ioniques qui apparaissent alors entrainent des changements du potentiel électrique. Ces changements de potentiel sont recueillis par des électrodes posées sur la surface de la peau. Le signal recueilli, appelé EMG (électromyogramme), est fortement bruité et de faible amplitude. Sa bande passante est comprise entre 10 et 500 Hz.

BY-NC-SA

Ce signal est amplifié et adapté pour atteindre un niveau compatible avec le convertisseur analogique-numérique (figure 13). Ce dernier présente une résolution de 12 bits et sa plage d'entrée est comprise entre 0 et 3 V (figure 17). L'adaptation consiste en un décalage positif du signal de 1,5 V. La présence de bruit au delà de la bande passante du signal nécessite un filtrage analogique passe-bas pour éviter tout repliement de spectre.

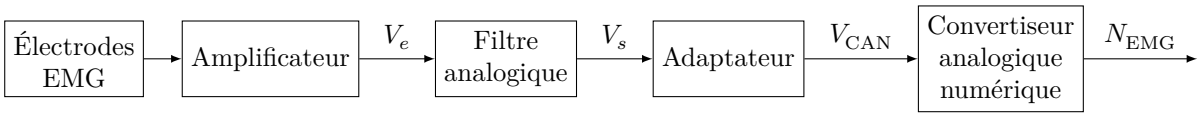


Figure 13 Chaine analogique

Le signal, une fois converti en numérique, subit un décalage négatif de valeur 2048 suivi, dans l'ordre, d'un redressement, d'une multiplication par 2 et d'un filtrage numérique passe-bas de fréquence de coupure égale à 6 Hz (figure 14). Le calcul de la valeur efficace de ce signal filtré est une image de l'intention de contraction du muscle. Un réglage à la première mise en service est nécessaire car le niveau du signal dépend de la pose des électrodes. Il consiste à mémoriser la valeur efficace obtenue lors d'une contraction maximale du muscle. Trois étapes du traitement du signal EMG sont représentées figure 15.

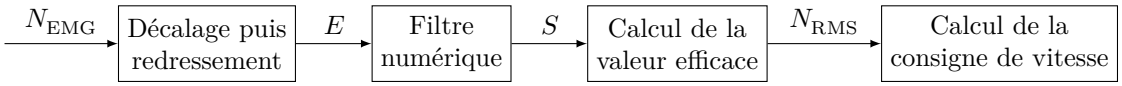


Figure 14 Traitement numérique

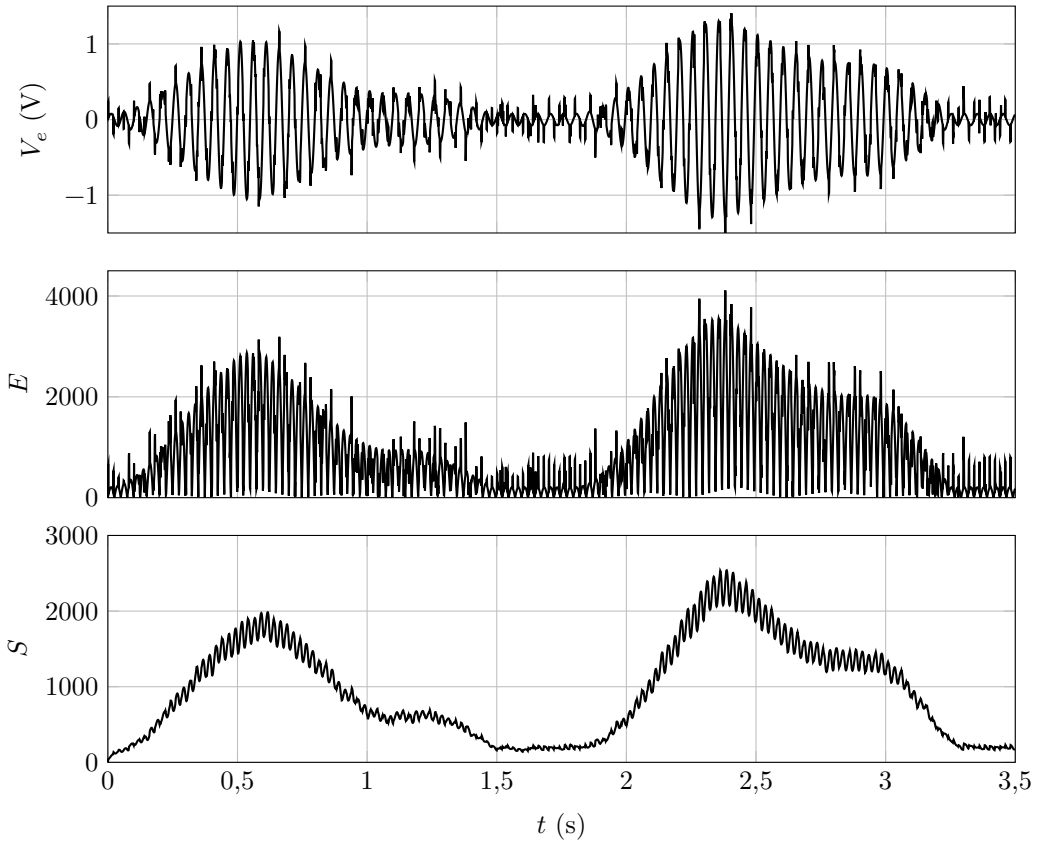


Figure 15 Différentes étapes du traitement du signal EMG

Q 20. Quelle doit être la fréquence théorique d'échantillonnage du convertisseur analogique-numérique ?

Cette fréquence théorique nécessite un filtre d'ordre très élevé. Le concepteur a choisi un filtre passif (figure 16) et une fréquence d'échantillonnage du convertisseur analogique-numérique élevée. L'étude suivante, menée en représentation complexe, a pour objectif la détermination de la valeur minimale de cette fréquence d'échantillonnage.

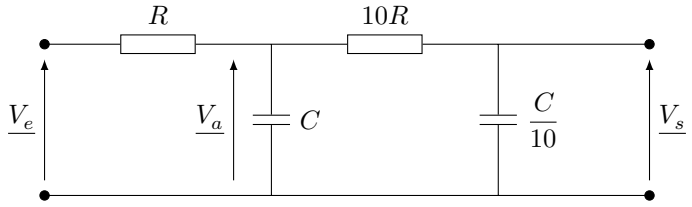


Figure 16 Filtre passif

BY-NC-SA

Q 21. Exprimer la tension $\underline{V_a}$ en fonction de $\underline{V_e}$, $\underline{V_s}$, R et C.

Q 22. Exprimer ensuite $\underline{V_s}$, en fonction de $\underline{V_a}$.

Q 23. En déduire l'expression de la fonction de transfert sous la forme :

$$\frac{\underline{V_s}}{\underline{V_e}} = \frac{1}{1 + 2{,}1j\frac{\omega}{\omega_0} + \left(j\frac{\omega}{\omega_0}\right)^2}$$

Q 24. Déterminer l'expression de ω_0 en fonction de R et de C puis déterminer sa valeur au regard du filtrage à réaliser.

Le choix de la fréquence d'échantillonnage f_e du convertisseur analogique-numérique doit conduire au respect du critère $\left|\frac{\underline{V_s}}{\underline{V_e}}\right| < \frac{q}{\Delta V_{\text{CAN}}}$ pour $\omega > \pi f_e$, q étant la résolution et ΔV_{CAN} la plage de conversion du convertisseur.

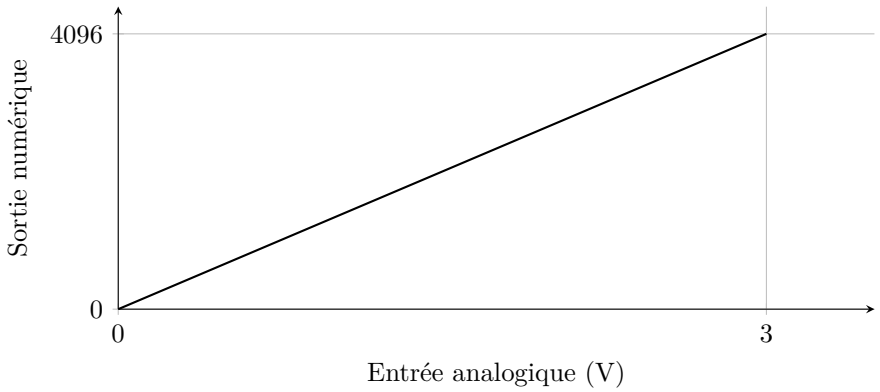


Figure 17 Convertisseur analogique-numérique

Q 25. Déterminer la résolution q en fonction de la plage de conversion ΔV_{CAN} et du nombre de bits N du convertisseur. Déterminer ensuite la valeur de la fréquence f_e d'échantillonnage nécessaire.

L'objectif suivant consiste à établir l'algorithme du traitement numérique en amont du calcul de la valeur efficace. Le filtre passe-bas de fonction de transfert $\frac{S(p)}{E(p)} = \frac{1}{1+\tau p}$, fonction de transfert issue de l'équation différentielle $\tau\frac{\mathrm{d}s}{\mathrm{d}t} + s(t) = e(t)$, est réalisé par l'équation discrète $\tau\frac{s_n - s_{n-1}}{T_c} + s_n = e_n$ avec T_c la période de calcul, $s_n = s(t = nT_c)$, $e_n = e(t = nT_c)$, $n \in \mathbb{N}$.

Q 26. Exprimer l'équation du filtre discrétisé sous la forme $s_n = As_{n-1} + Be_n$ en explicitant les termes A et B.

La fonction `Acquérir_temps()`, dédiée du microcontrôleur, permet d'obtenir la durée de fonctionnement en µs de ce dernier depuis sa mise en service. Trois variables sont définies :

- `t` à laquelle sera affectée le résultat de la fonction `Acquérir_temps()` ;
- `Tn` la variable permettant de mémoriser l'instant nT_c ;
- `Dt = t - Tn`.

Pour obtenir une période de calcul T_c fixe, indépendante du nombre d'instructions, on commence par une boucle d'attente `tant que Dt < Tc`.

Q 27. Compléter l'algorithme du document réponse.

V Évolution du produit

Malgré un traitement efficace des signaux EMG, des actions parasites peuvent conduire à des mouvements involontaires. D'autres capteurs, placés au niveau des membres inférieurs deviennent nécessaires pour confirmer l'intention effective de mouvement.

Q 28. Proposer un type de capteur qui peut satisfaire cette nouvelle exigence.

En vue de diminuer l'encombrement au niveau des genoux de l'exosquelette, certains constructeurs envisagent d'intégrer ces moteurs au niveau de la hanche.

Q 29. Quelle structure de transmission de mouvement faut-il envisager entre les moteurs et les articulations du genou ?

• • • FIN • • •

BY-NC-SA

Numéro de place

Numéro d'inscription

Signature

Nom

Prénom

CONCOURS CENTRALE•SUPÉLEC

Épreuve : Sciences Industrielles de l'Ingénieur

Ne rien porter sur cette feuille avant d'avoir complètement rempli l'entête

Feuille ___ / ___

```
# Initialisation des variables

t = 0

Tn = 0

Dt = 0

Tc = 1000

Tc_réel = float(Tc)

tau = 37.7
    A =
    B =

# Programme principal

while True:

    NEMG = Acquérir_entrée_analogique()

    t = Acquérir_temps()

    Dt = t - Tn

    while Dt < Tc:

        t = Acquérir_temps()

        Dt = t - Tn

    Tn = t

    NEMG = NEMG -
                                    = abs(NEMG)

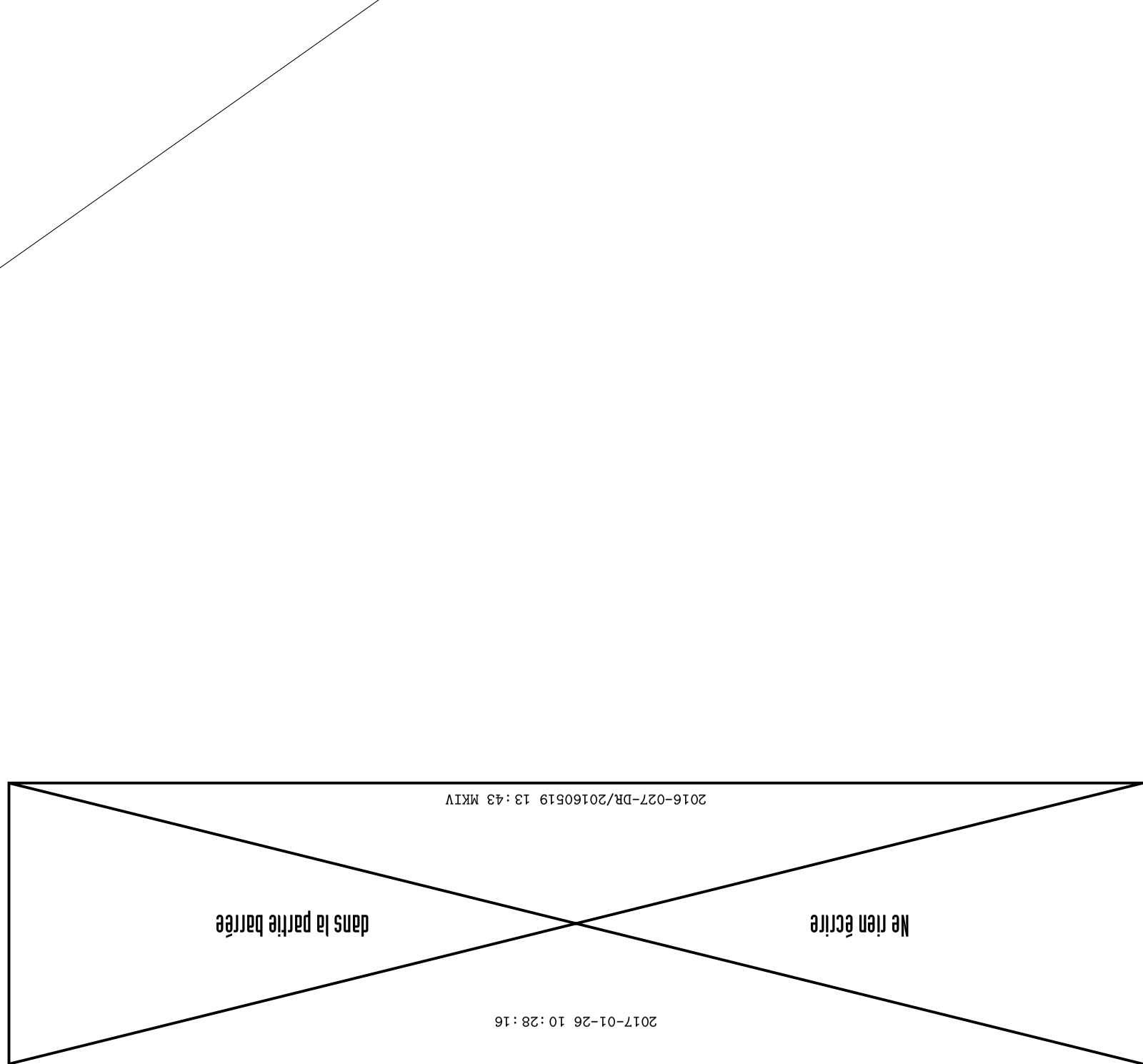
    E_réel = float(E)

    S =

    ...

    # suite du traitement non abordée ici

    ...
```


Ne rien écrire
dans la partie barrée
2017-01-26 10:28:16
2016-027-DR/20160519 13:43 MKIV

Travailler les chapitres de ce sujet

Prepa Help suit le programme de TSI chapitre par chapitre : cours détaillé, méthodes, pièges, exercices et problèmes corrigés pas à pas, tirés des concours. L'essai gratuit donne accès aux chapitres offerts de ta filière, sans carte bancaire.

Chapitres liés à ce sujet

- Ingénierie système : besoin, exigences et diagrammes SysML
- Cinématique des mécanismes : composition des mouvements, contact ponctuel, lois entrée-sortie et fermetures
- Dynamique des systèmes de solides : principe fondamental, stratégie d'isolement, équilibrage
- Cinétique : torseurs cinétique et dynamique, énergie cinétique, inertie équivalente
- Performances des systèmes asservis : stabilité, précision, rapidité
- Modélisation des systèmes asservis : structure, SLCI, transformée de Laplace, schéma-blocs
- Correction des systèmes asservis : correcteurs P, PI et à avance de phase
- Filtrage linéaire

Ouvrir l'essai gratuit

Scanne le code ou clique sur le bouton.

prepahelp.com/#essai

Une question sur le concours ou sur ta filière :
écrire sur WhatsApp

Les autres années et épreuves : prepahelp.com/annales/centrale/tsi