Corrigé centrale TSI 2017

Assistance pour le maniement de charges dans l’industrie

1. **Exigence fonctionnelle : « assurer le mouvement vertical »**
   1. **Élaboration du modèle géométrique direct et du modèle articulaire inverse**
2. **Détermination des coordonnées opérationnelles et .**

Écriture de la fermeture géométrique :

En projetant sur et :

* Sur
* Sur

On en déduit :

1. **Détermination du modèle articulaire inverse en suivant les conseils du sujet.**

* Recherche de

En élevant au carré les équations (1) et (2) et en les additionnant, on obtient :

On identifie la forme+

d’où =

* Recherche de

On utilise le modèle géométrique direct avec les équations proposées dans le sujet :

En élevant au carré les équations (3) et (4) et en les additionnant, on obtient :

On pose et

On en déduit alors :

Finalement : = +

* 1. **Élaboration du modèle cinématique**

1. **Détermination de la vitesse angulaire**

En dérivant l’expression de , on obtient :

1. **Vitesse maximale du moteur articulaire du genou.**

La vitesse est maximale pour . On a alors h = 0,826 m ;

* 1. **Élaboration du modèle dynamique**

On considère l’ensemble E = {cuisse (2) + charge transportée (4)} dans son mouvement par rapport à R0.

1. **Calcul de la projection du moment cinétique**

car 4 est en translation / 0 , la masse et l’inertie de 2 sont négligées.

D’où :

1. **Calcul de la projection du moment dynamique**

Le sujet propose de déduire le résultat à partir du moment cinétique :

*Remarque : En faisant le calcul direct du moment dynamique en puis le transport en , le calcul est plus rapide*

1. **Expression du couple**

|  |  |
| --- | --- |
| On isole l’ensemble et on applique le théorème du moment dynamique en en projection sur .  Inventaire des actions mécaniques extérieures :   * Le poids * Le couple appliqué par le réducteur * L’action de la liaison pivot en | Pivot  ***E*** |

Le théorème du moment dynamique en en projection sur :

Application numérique :

1. **Calcul du couple moteur**

Compte tenu du rendement et du réducteur, le couple moteur s’exprime :

Application numérique :

* 1. **Validation du dimensionnement du moteur :**

1. **Mouvements associés aux 4 phases du cycle**

Phase 1 : Descente – Passage de la position jambe verticale à jambe fléchie

Phase 2 : Maintien en position jambe fléchie (pas d’évolution de l’angle )

Phase 3 : Remontée - Passage de la position jambe fléchie à jambe verticale

Phase 4 : Maintien jambe verticale (moment du poids nul)

1. **Calcul du couple efficace**

La relation du sujet , est équivalente à la relation plus classique pour ce calcul

en considérant les valeurs efficaces du couple pour chaque phase du cycle.

Les phases 1 et 3 étant de formes complexes, les valeurs numériques C1eff , C2eff sont probablement issues de la simulation numérique.

Il suffit de tirer celles des phases 2 et 3 où le couple est constant donc les valeurs efficaces égales à ces constantes : C2eff =0,9 Nm et C4eff = 0.

Finalement : = 0,543 Nm

1. **Conclusion sur le choix du moteur**

Les caractéristiques du moteur et les données de dimensionnement issues de l’étude sont :

* vitesse à vide = 3120 tr.min-1 sous Un = 36 V > Nmax = 2168 tr.min-1 (Q4)
* couple permanent admissible = 0,56 Nm > Ceff = 0,543 Nm (Q10)

***Le moteur convient sur ces 2 critères.***

On vérifie aussi qu’à couple maximum de 1,156 N.m, la fréquence de rotation du moteur sera :

***Ce qui est également satisfaisant.***

1. **Gérer le mouvement vertical**
2. **Grandeurs physiques contrôlées :**

D’après le modèle multiphysique de la figure 3 :

* la mesure est la « coordonnée verticale de l’articulation de la hanche » donc en mètres (m),
* la « consigne » est en entrée d’un intégrateur avant d’être comparée à la hauteur, il s’agit donc de la vitesse de déplacement vertical de la hanche (m/s).

1. **Expression de la fonction de transfert en en vitesse**

Avec perturbation nulle et retour unitaire, on écrit directement :

1. **Expression de écart ou erreur de position :**

On remplace la boucle de vitesse réduite dans la question Q13, dans le schéma bloc de la figure 11 et on obtient la structure suivante :

+

-

On en déduit alors l’expression de

1. **Erreur de position** : L’entrée est un échelon unitaire (1 rad) soit

*Résultat logique avec l’intégrateur (classe 1) et l’absence de perturbation de couple.*

**Erreur de trainage :** L’entrée est une rampe unitaire (1rad.s-1) soit

*Système de classe1, erreur de traînage finie, inversement proportionnelle à l’action proportionnelle de K1.*

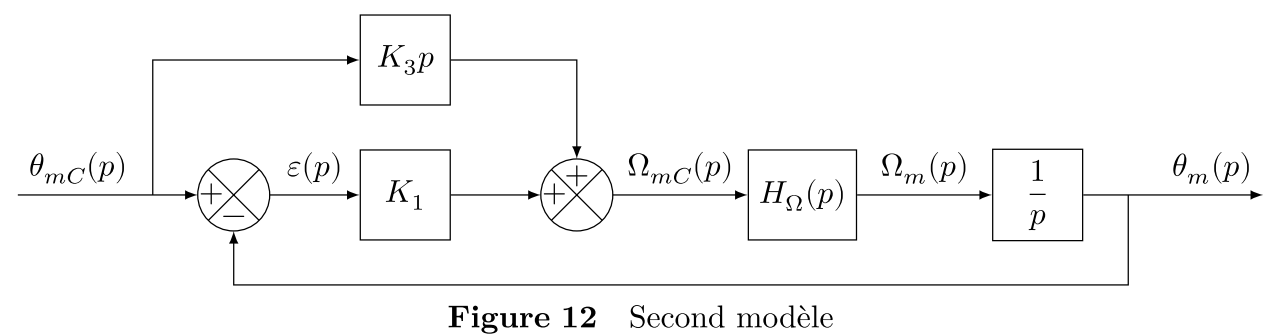
**CONCLUSION :** Pour satisfaire la condition « erreur de trainage < 1% » imposée par le cahier des charges, il faut fixer tel que

1. **Erreur en accélération :** L’entrée est une parabole (rad.s-²) soit

***Résultat attendu pour un système de classe 1, le cahier des charges n’est pas respecté sur ce critère.***

1. **Mise en place d’un correcteur par anticipation :**

Pour l’expression de on utilise le modèle fourni figure 12 et



=

1. **Calcul de l’erreur de trainage :**

On souhaite une erreur de trainage nulle donc d’où

1. **Calcul de l’erreur en accélération :**

On remplace et par leurs valeurs numériques, respectivement 100 et 1, l’erreur est alors :

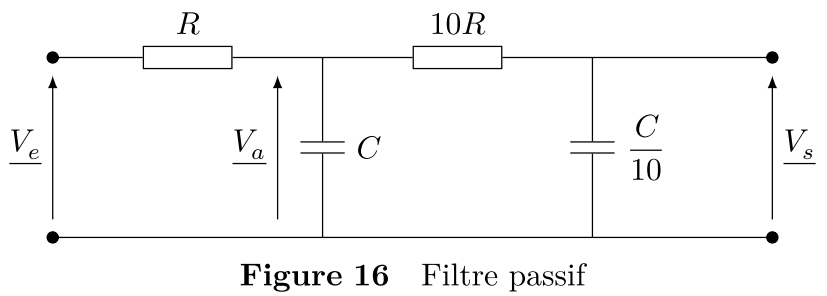
Les erreurs de trainage et en accélération sont désormais compatibles avec le cahier des charges.

1. **Acquérir l’intention de la mise en mouvement**
2. **Fréquence d’échantillonnage théorique :**

Le signal utile après filtrage anti repliement a une bande passante comprise entre 10Hz et 500Hz.

En respectant la limite stricte de Shannon, la fréquence d’échantillonnage théorique minimale doit donc être telle que

1. **Filtre passif, expression de :**



En appliquant le théorème de Millman :

1. **Filtre passif, relation entre et :**

En appliquant un pont diviseur de tension :

Soit

1. **Filtre passif, fonction de transfert** :

D’où on tire :

1. **Filtre passif, pulsation de coupure :**

En posant , on obtient le résultat proposé dans le sujet. La bande passante du signal est comprise entre 10Hz et 500Hz.

1. **Résolution et fréquence d’échantillonnage du CAN 12 bits :**

**Si la plage d’entrée analogique est** la résolution ou quantum est :

La fréquence d’échantillonnage doit être telle que : ~ pour

Soit l’inégalité :

Si on pose réel positif il faut résoudre :

On pose :

On trouvepour la solution physique à retenir soit

*Vérification dans l’expression du module de la fonction de transfert.*

**On retient  :**

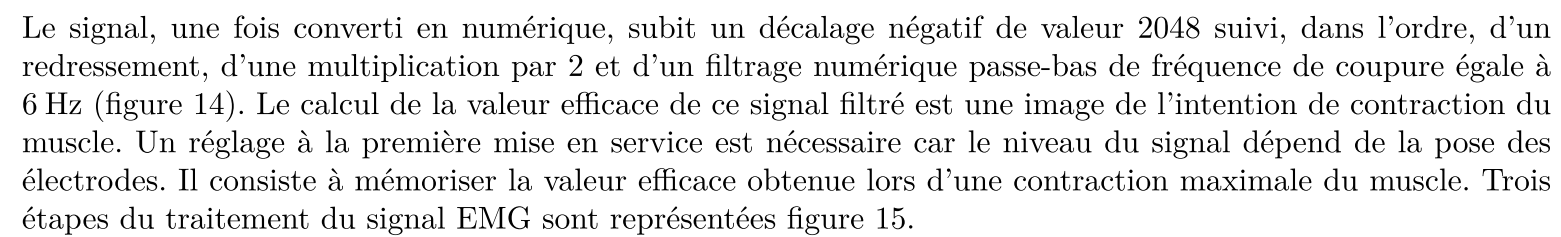
1. **Equation du filtre discrétisé :**

L’équation discrète s’écrit :

On en déduit les valeurs de A et B :

1. **Compléter l’algorithme proposé :**

Les conditions sont décrites en haut de la page 9/10 du sujet.



|  |  |
| --- | --- |
| tau/(tau+Tc\_réel)  Tc\_réel /(tau+Tc\_réel)  2048  E  A\*S+B\*(2\*E\_réel) | Coefficients du filtre établis en Q26  Décalage de la valeur 2048 négatif  « Redressement » numérique…  Multiplication par 2 du signal redressé E\_réel et fonction de transfert du filtre demandé : |

1. **Évolution du produit**
2. **Pour détecter « l’intention » du mouvement,** on peut :

Détecter la variation de pression au sol > capteur de pression piézoélectrique sous les semelles, détecter la déformation de la structure de l’exosquelette > cellule de force, jauge pièzorésistive… ?

1. **Structure de transmission du mouvement entre moteurs et genou :**

Il faut prévoir une transmission de puissance entre 2 axes parallèles. Une solution envisageable serait une transmission par poulies – courroies crantées.