teaching sciences UPSTI for innovation

Proposition de corrigé

Concours : e3a - Polytech
Année : 2019
Filière : MP
Épreuve : Sciences Industrielles pour l'Ingénieur

Ceci est une proposition de corrigé des concours de CPGE, réalisée bénévolement par des enseignants de Sciences Industrielles de l'Ingénieur et d'Informatique, membres de l'UPSTI (Union des Professeurs de Sciences et Techniques Industrielles), et publiée sur le site de l'association :

https://www.upsti.fr/espace-etudiants/annales-de-concours

A l'attention des étudiants

Ce document vous apportera des éléments de corrections pour le sujet traité, mais n'est ni un corrigé officiel du concours, ni un corrigé détaillé ou exhaustif de l'épreuve en question.

L'UPSTI ne répondra pas directement aux questions que peuvent soulever ces corrigés : nous vous invitons à vous rapprocher de vos enseignants si vous souhaitez des compléments d'information, et à vous adresser à eux pour nous faire remonter vos éventuelles remarques.

Licence et Copyright

Toute représentation ou reproduction (même partielle) de ce document faite sans l'accord de l'UPSTI est **interdite**. Seuls le téléchargement et la copie privée à usage personnel sont autorisés (protection au titre des droits d'auteur).

En cas de doute, n'hésitez pas à nous contacter à : corrigesconcours@upsti.fr.

Informez-vous !

Retrouvez plus d'information sur les Sciences de l'Ingénieur, l'orientation, les Grandes Ecoles ainsi que sur les Olympiades de Sciences de l'Ingénieur et sur les Sciences de l'Ingénieur au Féminin sur notre site : www.upsti.fr

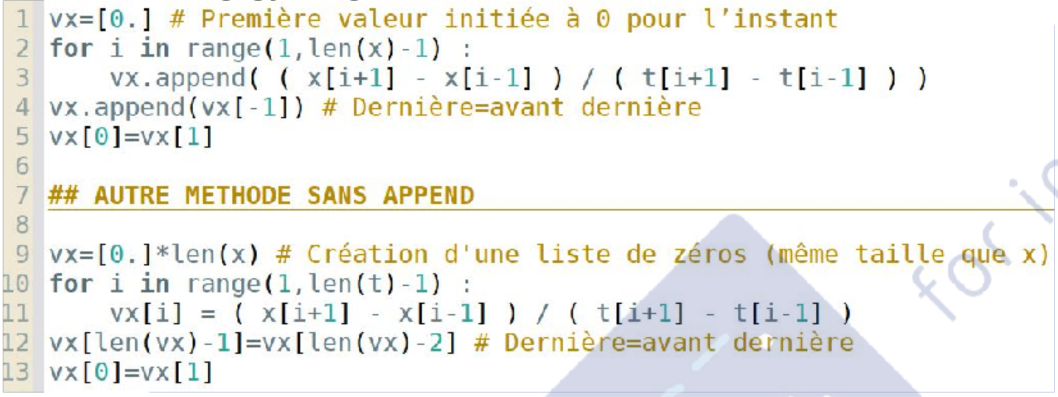
L'équipe UPSTI

Sujet : Sciences Industrielles, Concours E3A – MP Session 2019

Les éléments de corrections proposés dans ce document sont édités par l'association UPSTI. Ce document n'est pas le corrigé officiel du jury du concours.

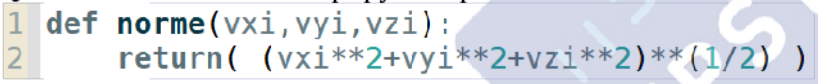
1. Définition de l'exigence de vitesse du cahier des charges.

Question 1: Script python pour créer la liste "*vx*"



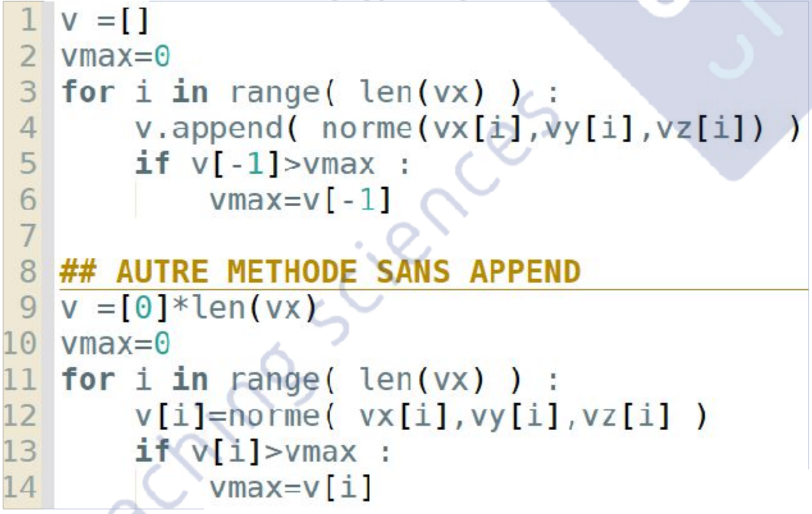
```
vx=[0.] # Première valeur initiée à 0 pour l'instant
for i in range(1,len(x)-1) :
    vx.append( ( x[i+1] - x[i-1] ) / ( t[i+1] - t[i-1] ) )
vx.append(vx[-1]) # Dernière=avant dernière
vx[0]=vx[1]

## AUTRE METHODE SANS APPEND

vx=[0.]*len(x) # Création d'une liste de zéros (même taille que x)
for i in range(1,len(t)-1) :
    vx[i] = ( x[i+1] - x[i-1] ) / ( t[i+1] - t[i-1] )
vx[len(vx)-1]=vx[len(vx)-2] # Dernière=avant dernière
vx[0]=vx[1]
```

Question 2: Suite du Script python pour créer la fonction « norme » :



```
def norme(vxi,vyi,vzi):
    return( (vxi**2+vyi**2+vzi**2)**(1/2) )
```

Question 3: Suite du Script python pour créer la variable "*vmax*" :



```
v =[]
vmax=0
for i in range( len(vx) ) :
    v.append( norme(vx[i],vy[i],vz[i]) )
    if v[-1]>vmax :
        vmax=v[-1]

## AUTRE METHODE SANS APPEND
v =[0]*len(vx)
vmax=0
for i in range( len(vx) ) :
    v[i]=norme( vx[i],vy[i],vz[i] )
    if v[i]>vmax :
        vmax=v[i]
```

Question 4: Validation de l'exigence de vitesse.

Justification(s) : **La vitesse maximum obtenue grâce au graphique est inférieure à :**

$$120\ mm.s^{-1} = 0,12\ m.s^{-1} < 0,50\ m.s^{-1}$$

Validation de l'exigence de vitesse : [✓ ***Validé***] ~~***Non validé***~~

Entourez à l'encre, la case correspondant à votre réponse

2. Définition de l’exigence de mobilité de l’instrument chirurgical.

Question 5: Description des torseurs cinématiques

Torseur cinématique : $V\{4/p\} = \begin{Bmatrix} p_{4p}.\overrightarrow{x_4} + q_{4p}.\overrightarrow{y_4} \\ \vec{0} \end{Bmatrix}_A$

Nom de la liaison $L(4/p)$ ***:*** Liaison rotule à doigt, de centre A

Torseur cinématique : $V\{3/4\} = \begin{Bmatrix} r_{34}.\overrightarrow{z_3} \\ w_{34}.\overrightarrow{z_3} \end{Bmatrix}_A = \begin{Bmatrix} r_{34}.\overrightarrow{z_4} \\ w_{34}.\overrightarrow{z_4} \end{Bmatrix}_A$

Nom de la liaison $L(3/4)$ ***:*** Liaison pivot glissant d'axe $(A,\overrightarrow{z_3})$

Question 6: Torseur cinématique du mouvement entre l'outil de chirurgie (3) et le patient (p).

$$V\{3/p\} = V\{3/4\} + V\{4/p\} = \begin{Bmatrix} p_{4p}.\overrightarrow{x_4} + q_{4p}.\overrightarrow{y_4} \\ \vec{0} \end{Bmatrix}_A + \begin{Bmatrix} r_{34}.\overrightarrow{z_3} \\ w_{34}.\overrightarrow{z_3} \end{Bmatrix}_A = \begin{Bmatrix} p_{4p}.\overrightarrow{x_4} + q_{4p}.\overrightarrow{y_4} + r_{34}.\overrightarrow{z_4} \\ w_{34}.\overrightarrow{z_3} \end{Bmatrix}_A :$$

Liaison linéaire annulaire d'axe $(A,\overrightarrow{z_4}) = (A,\overrightarrow{z_3})$.

Torseur cinématique : $V\{3/p\} = \begin{Bmatrix} p_{4p}.\overrightarrow{x_4} + q_{4p}.\overrightarrow{y_4} + r_{34}.\overrightarrow{z_4} \\ w_{34}.\overrightarrow{z_3} \end{Bmatrix}_A$

Nom de la liaison $L_{eq}(3/p)$ ***et caractéristiques (axe, centre, …):*** Liaison linéaire annulaire d'axe $(A,\overrightarrow{z_4}) = (A,\overrightarrow{z_3})$.

Question 7: Torseurs cinématiques associés aux mouvements des axes du robot.

Torseur cinématique : $V\{1/0\} = \begin{Bmatrix} \dot{\theta}_1.\overrightarrow{z_1} \\ \vec{0} \end{Bmatrix}_A = \begin{Bmatrix} \dot{\theta}_1.\overrightarrow{z_0} \\ \vec{0} \end{Bmatrix}_A$

Torseur cinématique : $V\{2/1\} = \begin{Bmatrix} \dot{\theta}_2.\overrightarrow{z_2} \\ \vec{0} \end{Bmatrix}_A = \begin{Bmatrix} \dot{\theta}_2.\overrightarrow{z'_1} \\ \vec{0} \end{Bmatrix}_A$

Torseur cinématique : $V\{3/2\} = \begin{Bmatrix} \dot{\theta}_3.\overrightarrow{z_3} \\ \dot{z}_{32}.\overrightarrow{z_3} \end{Bmatrix}_A = \begin{Bmatrix} \dot{\theta}_3.\overrightarrow{z'_2} \\ \dot{z}_{32}.\overrightarrow{z'_2} \end{Bmatrix}_A$

Question 8: Torseur cinématique du mouvement entre l'outil de chirurgie (3) et (0), écrit à partir des mouvements des axes du Robot.

$$V\{3/0\} = V\{3/2\} + V\{2/1\} + V\{1/0\} = \begin{Bmatrix} \dot{\theta}_3.\overrightarrow{z_3} \\ \dot{z}_{32}.\overrightarrow{z_3} \end{Bmatrix}_A + \begin{Bmatrix} \dot{\theta}_2.\overrightarrow{z_2} \\ \vec{0} \end{Bmatrix}_A + \begin{Bmatrix} \dot{\theta}_1.\overrightarrow{z_1} \\ \vec{0} \end{Bmatrix}_A = \begin{Bmatrix} \dot{\theta}_1.\overrightarrow{z_1} + \dot{\theta}_2.\overrightarrow{z_2} + \dot{\theta}_3.\overrightarrow{z_3} \\ \dot{z}_{32}.\overrightarrow{z_3} \end{Bmatrix}_A$$

Torseur cinématique : $V\{3/0\} = \begin{Bmatrix} \dot{\theta}_1.\overrightarrow{z_1} + \dot{\theta}_2.\overrightarrow{z_2} + \dot{\theta}_3.\overrightarrow{z_3} \\ \dot{z}_{32}.\overrightarrow{z_3} \end{Bmatrix}_A$

Question 9: Obtention de l'écriture du torseur dans la base B_3

- $\overrightarrow{z_1}$ est projeté dans la base $(\overrightarrow{x_2},\overrightarrow{y_2},\overrightarrow{z_2})$
- $\overrightarrow{x_2}$, $\overrightarrow{y_2}$ et $\overrightarrow{z_2}$ sont ensuite projetés dans la base $(\overrightarrow{x_3},\overrightarrow{y_3},\overrightarrow{z_3})$
- On additionne les composantes pour former la résultante et le moment du torseur.

Question 10: Unicité de la loi de commande pour le mouvement imposé.

Il suffit de montrer que le système d'équation à une et une seule solution :

$$\left\{\begin{array}{c} -0,739.\dot{\theta}_1 - 0,500.\dot{\theta}_2 = 0 \\ 0,354.\dot{\theta}_1 = \dot{\psi} \\ 0,573.\dot{\theta}_1 + 0,866.\dot{\theta}_2 + \dot{\theta}_3 = 0 \\ \dot{z}_{32} = \dot{z}_{32} \end{array}\right. \Longrightarrow \begin{array}{c} \dot{\theta}_2 = -\dfrac{0,739.\dot{\psi}}{0,354 \times 0,500} \\ \dot{\theta}_1 = \dfrac{\dot{\psi}}{0,354} \\ \dot{\theta}_3 = \left(\dfrac{0,573}{0,354} +. \dfrac{0,866 \times 0,739}{0,354 \times 0,500}\right)\dot{\psi} \\ \dot{z}_{32} = \dot{z}_{32} \end{array}$$

Il y a bien une et une seule solution.

Question 11: Validation de l'architecture du Robot.

On vient de voir que pour une position donnée, on peut calculer les vitesses de chacun des axes afin de commander les quatre moteurs reproduisant le mouvement imposé par le chirurgien.

Si ceci reste vrai quelle que soit la position du robot $(\theta_1,\theta_2,\theta_3,z_{32})$ et quelle que soit la vitesse commandée par le chirurgien, alors l'architecture est tout à fait satisfaisante.

3. Vérification du choix des actionneurs

Question 12: Expression littérale de $\dot\theta_{1,max}$ et de $\ddot\theta_1$.

Expression littérale donnant $\theta_{1,max}$ en fonction de $\dot\theta_{1,max}$, t_1, t_2 et t_3 :

$\theta_1(t = t_3) = \theta_{1,max} = \pi\ rad$: aire sous la courbe $\dot\theta_1(t) = f(t)$.

$$\frac{t_1}{2}.\dot\theta_{1,max} + \dot\theta_{1,max}.(t_2 - t_1) + \frac{(t_3 - t_2)}{2}.\dot\theta_{1,max} = \theta_{1,max}$$

Expression littérale : $\theta_{1,max}$ = $\frac{t_1}{2}.\dot\theta_{1,max} + \dot\theta_{1,max}.(t_2 - t_1) + \frac{(t_3 - t_2)}{2}.\dot\theta_{1,max}$

Expression littérale : $\theta_{1,max}$ = $t_1.\dot\theta_{1,max} + \dot\theta_{1,max}.(t_2 - t_1)$

Relation simple donnant t_2 en fonction de t_1 et t_3 :

$$t_1 = t_3 - t_2 \Rightarrow t_2 = t_3 - t_1$$

Expression littérale : t_2 = $t_3 - t_1$

Relation simple donnant t_1 en fonction de $\dot\theta_{1,max}$ et $\ddot\theta_1$:

$$\ddot\theta_1.t_1 = \dot\theta_{1,max} \Rightarrow t_1 = \frac{\dot\theta_{1,max}}{\ddot\theta_1}$$

Expression littérale : t_1 = $\frac{\dot\theta_{1,max}}{\ddot\theta_1}$

Expression littérale de $\dot\theta_{1,max}$ et de $\ddot\theta_1$.

$$\frac{t_1}{2} + (t_2 - t_1) + \frac{(t_3 - t_2)}{2} = \frac{\pi}{\dot\theta_{1,max}} \quad \Rightarrow \quad t_3 - t_1 = \frac{\theta_{1,max}}{\dot\theta_{1,max}} \quad \Rightarrow \quad t_3 - \frac{\dot\theta_{1,max}}{\ddot\theta_1} = \frac{\theta_{1,max}}{\dot\theta_{1,max}}$$

$$\Rightarrow \quad \left(t_3 - \frac{\theta_{1,max}}{\dot\theta_{1,max}}\right) = \frac{\dot\theta_{1,max}}{\ddot\theta_1} \quad \Rightarrow \quad \left(\frac{t_3\dot\theta_{1,max}}{\dot\theta_{1,max}} - \frac{\theta_{1,max}}{\dot\theta_{1,max}}\right) = \frac{\dot\theta_{1,max}}{\ddot\theta_1}$$

Expression littérale : $\ddot\theta_1$ = $\frac{\left(\dot\theta_{1,max}\right)^2}{t_3.\dot\theta_{1,max} - \theta_{1,max}}$

Question 13: Evaluation de l'accélération angulaire $\ddot\theta_1$

$$\ddot\theta_1 = \frac{\left(\dot\theta_{1,max}\right)^2}{t_3.\dot\theta_{1,max} - \theta_{1,max}} = \frac{6,28^2}{1 \times 6,28 - \pi} = 12,6\ rad.s^{-2}$$

Application numérique : $\ddot\theta_1$ = $12,6\ rad.s^{-2}$

Question 14: Justification de la forme de la matrice d'inertie (2 des produits d'inertie nuls)

Le modèle géométrique présentée sur la figure 10 fait apparaitre un plan de symétrie : Le plan $(O_1; \overrightarrow{z_1}, \overrightarrow{x_1})$. Les produits d'inertie $-D = \iint y.z.dm$ et $-F = \iint x.y.dm$ sont donc nuls.

Question 15: Valeur numérique du moment d'inertie noté J_1 du solide **1** autour de l'axe de rotation $(O_1, \overrightarrow{x_1})$.

Juste une lecture de la matrice : $J_1 = 8400\ kg.mm^2$

Moment d'inertie du solide **1** autour de l'axe de rotation $(O_1, \overrightarrow{x_1})$: J_1 = $8400\ kg.mm^2$

Question 16: Hypothèse de masse ponctuelle.

Les dimensions du moteur sont petites devant la distance du centre de masse G_{M2} à l'axe de rotation.

Question 17: Inertie J_{M2} du moteur **M2** autour de l'axe de rotation $(O_1, \overrightarrow{z_1})$

$$J_{M2} = m_{M2}.{x_{1M2}}^2 = 0,6 \times (211)^2 = 26700\ kg.mm^2$$

Expression littérale en fonction de m_{M2} et des composantes de $\overrightarrow{O_1G_{M2}}$: J_{M2} = $m_{M2}.{x_{1M2}}^2$

Application numérique : J_{M2} = $26700\ kg.mm^2$

Question 18: Expression littérale de l'énergie cinétique $E_c(E_{plan}/0)$

$$E_c(E_{plan}/0) = \frac{1}{2}.J_{E,plan}.{\dot\theta_1}^2$$

Energie cinétique : $E_c(E_{plan}/0)$ = $\frac{1}{2}.J_{E,plan}.{\dot\theta_1}^2$

Question 19: Bilan des actions mécaniques extérieures qui s'appliquent à E_{plan}

- **Action de liaison, entre le solide support 0 et le bras 1 : (Liaison pivot d'axe**

$$T\{0 \rightarrow 1\} = \begin{Bmatrix} X_{01}.\overrightarrow{x_1} + Y_{01}.\overrightarrow{y_1} + Z_{01}.\overrightarrow{z_1} \\ L_{01}.\overrightarrow{x_1} + M_{01}.\overrightarrow{y_1} \end{Bmatrix}_{O_1}$$

- **Action du poids de l'ensemble E_{plan}:**

$$T\{poids \rightarrow E_{plan}\} = \begin{Bmatrix} -m_{Epl}.g.\overrightarrow{z_0} \\ \vec{0} \end{Bmatrix}_{G_{Epl}}$$

- **Action du moteur $M1$ sur le bras 1 :**

$$T\{M1 \rightarrow E_{plan}\} = \begin{Bmatrix} \vec{O} \\ C_m.\overrightarrow{z_1} \end{Bmatrix}_A$$

Question 20: Expression des puissances extérieures qui s'appliquent sur l'ensemble E_{plan}

- **Puissance des actions mécaniques de liaison : nulle puisque cette liaison est supposée parfaite.**
- **Puissance du moteur :**

$$P(M1 \rightarrow E_{plan}/0) = T\{M1 \rightarrow E_{plan}\} \otimes V\{E_{plan}/0\} = \begin{Bmatrix} \vec{O} \\ C_m.\overrightarrow{z_1} \end{Bmatrix}_A \otimes \begin{Bmatrix} \dot{\theta}_1.\overrightarrow{z_1} \\ \vec{0} \end{Bmatrix}_A = C_m.\dot{\theta}_1$$

- **Puissance du poids :**

$$P(poids \rightarrow E_{plan}/0) = T\{0 \rightarrow 1\} \otimes V\{E_{plan}/0\} = \begin{Bmatrix} -m_{Epl}.g.\overrightarrow{z_0} \\ \vec{0} \end{Bmatrix}_{G_{Epl}} \otimes \begin{Bmatrix} \dot{\theta}_1.\overrightarrow{z_1} \\ \vec{0} \end{Bmatrix}_A$$

$$T\{poids \rightarrow E_{plan}\} = \begin{Bmatrix} -m_{Epl}.g.\overrightarrow{z_0} \\ \vec{0} \end{Bmatrix}_{G_{Epl}} = \begin{Bmatrix} -m_{Epl}.g.\overrightarrow{z_0} \\ \overrightarrow{AG_{Epl}} \wedge -m_{Epl}.g.\overrightarrow{z_0} \end{Bmatrix}_A$$

$$\overrightarrow{AG_{Epl}} = \overrightarrow{AO_1} + \overrightarrow{O_1G_{Epl}} = x_{Epl}.\overrightarrow{x_1} + (z_{Epl} + r_1).\overrightarrow{z_1}$$

$$\overrightarrow{AG_{Epl}} \wedge -m_{Epl}.g.\overrightarrow{z_0} = (x_{Epl}.\overrightarrow{x_1} + (z_{Epl} + r_1).\overrightarrow{z_1}) \wedge -m_{Epl}.g.(cos(\theta_1).\overrightarrow{y_1} - sin(\theta_1).\overrightarrow{x_1})$$

$$= m_{Epl}.g.\begin{pmatrix} (z_{Epl} + r_1).cos(\theta_1) \\ 0 \\ -x_{Epl}.cos(\theta_1) \end{pmatrix}_{R1}$$

$$P(poids \rightarrow E_{plan}/0) = T\{0 \rightarrow 1\} \otimes V\{E_{plan}/0\} = \begin{Bmatrix} -m_{Epl}.g.\overrightarrow{z_0} \\ \overrightarrow{AG_{Epl}} \wedge -m_{Epl}.g.\overrightarrow{z_0} \end{Bmatrix}_A \otimes \begin{Bmatrix} \dot{\theta}_1.\overrightarrow{z_1} \\ \vec{0} \end{Bmatrix}_A$$

$$= -m_{Epl}.g.x_{Epl}.\dot{\theta}_1.cos(\theta_1)$$

D'où l'expression des puissances extérieures :

$$P(ext \rightarrow E_{plan}/0) = C_m.\dot{\theta}_1 - m_{Epl}.g.x_{Epl}.\dot{\theta}_1.cos(\theta_1)$$

Puissances extérieures : $P(ext \rightarrow E_{plan}/0) =$ $\boxed{C_m.\dot{\theta}_1 - m_{Epl}.g.x_{Epl}.\dot{\theta}_1.cos(\theta_1)}$

Question 21: Etablissement de l'équation de mouvement.

On utilise le théorème de l'Energie puissance (théorème de l'énergie cinétique) :

$$\frac{dE_c(E_{plan}/0)}{dt} = J_{E,plan}.\dot{\theta}_1.\ddot{\theta}_1 = C_m.\dot{\theta}_1 - m_{Epl}.g.x_{Epl}.\dot{\theta}_1.cos(\theta_1)$$

$$C_m = J_{E,plan}.\ddot{\theta}_1 + m_{Epl}.g.x_{Epl}.cos(\theta_1)$$

Question 22: Couple maximal $C_{m,maxi}$.

Le couple est maximal pour $\theta_1 = 0$:

$$C_{m,maxi} = J_{E,plan}.\ddot{\theta}_1 + m_{Epl}.g.x_{Epl} = (0,120000 \times 15) + (2,050 \times 9,81 \times 0,215) = 6,1\ N.m$$

Expression littérale : $C_{m,maxi} =$ $\boxed{J_{E,plan}.\ddot{\theta}_1 + m_{Epl}.g.x_{Epl}}$

Application numérique : $C_{m,maxi} =$ $\boxed{6,1\ N.m}$

Question 23: Validation du choix du moteur du point de vue du couple maxi.

$C_{m,maxi} = 6,1\ N.m$ **et** $T_{max} = 18\ N.m.$

Le moteur semble bien dimensionné du point de vue du critère couple maxi.

Validation du choix du moteur du point de vue du couple maxi. : [✓ Validé] ~~Non validé~~

Entourez à l'encre, la case correspondant à votre réponse

Question 24: Validation du choix du moteur du point de vue du couple maxi, pour le mouvement critique proposé.

$C_{m,maxi} = 8\ N.m$ et $T_{max} = 18\ N.m.$

Le moteur semble bien dimensionné du point de vue du critère couple maxi.

Validation du choix du moteur du point de vue du couple maxi. : [✓ ***Validé***] ***Non validé***

Entourez à l'encre, la case correspondant à votre réponse

Question 25: Script permettant d'évaluer le couple thermique équivalent cth . Ecrire le script dans la zone à compléter.

```
## Importation des bibliothèques
import math

## Ouverture du fichier csv pour compter le nombre de lignes
fichier= open ('resultat.csv')

## Initialisation des deux listes
temps=[]
couple=[]

## Ouverture du fichier csv pour récupérer les données à stocker dans temps et couple
fichier.readline()          # Lecture de la première ligne de titre
for ligne in fichier:       # lecture ligne par ligne du fichier CSV et création des deux listes
    ligne=ligne.split(';')
    temps.append(float(ligne[0]))
    couple.append(float(ligne[1]))

## Calcul du couple thermique équivalent cth
cth=0             # initialisation de la variable cth, le couple thermique équivalent
t3=temps[-1]      # durée du cycle
intc2t=0          # initialisation du calcul de l'intégrale
```

Zone à compléter

```
for i in range(len(couple)-1):
    intc2t=intc2t+(couple[i]*couple[i]*(temps[i+1]-temps[i]))
cth=(intc2t/t3)**0.5
```

```
## Affichage du couple thermique équivalent cth
print(cth)
```

Question 26: Validation du choix du moteur du point de vue du couple Thermique équivalent.

Le couple thermique équivalent étant supérieur assez nettement au couple en fonctionnement continu, on ne peut pas valider le choix. Le moteur risque de chauffer et se mettre en défaut.

On pourrait choisir le même moteur mais avec un ratio de 100, plutôt que de 50 mais on risque de ne pas pouvoir assurer l'exigence de rapidité. La référence du moteur à choisir serait alors : $FHA - 14\ C - 100$

Validation du choix initial du moteur du point de vue du couple maxi. : ***Validé*** [✓ ***Non validé***]

Entourez à l'encre, la case correspondant à votre réponse

Choix d'un autre moteur : ref : $FHA - 14\ C - 100$

4. Validation de l'architecture de commande et des performances de l'axe de translation du robot esclave

Question 27: Identification de l'élément 1.

Elément* 1**: ***Préactionneur + Motoréducteur

Question 28: Que représente $F_r(p)$?

Force perturbatrice (de réaction des tissus)

Question 29: Expression littérale, sous forme canonique, de la fonction de transfert $H_m(p)$

Composants modélisés dans cette fonction de transfert : Moteur + système vis-écrou

$$H_m(p) = \frac{\dfrac{pas}{2.\pi.K_m}}{\dfrac{R.m.pas^2}{4.\pi^2.{K_m}^2}.p+1}$$

Question 30: Classe du système.

Justification : 1 intégrateur pur dans la boucle ouverte

Classe du système : *1*

Ecart statique : nul pour un système asservi de classe 1

Question 31: Expression littérale de l'erreur statique de positionnement et application numérique.

Evaluation de K_2 :

Expression littérale de l'erreur statique due à la perturbation $F_R(p)$: $\varepsilon_{stat,pert}(p) = H_R(p).F_r(p)$

Evaluation de la constante K_2 : $K_2 = \dfrac{2.\pi.K_m}{pas} = \dfrac{2\pi \times 3,9}{3.10^{-3}} = 8170\ N.A^{-1}$

Application numérique : $\varepsilon_{stat,pert} = \dfrac{R}{K_1.K_2}.F_{r0} = \dfrac{28 \times 5}{1000 \times 8170} = 1,7.10^{-5}\ m < \ 1\ mm$

Conclusion : le cahier des charges est validé

Question 32: Expressions de $F_{H1}(p)$, $F_{H2}(p)$ **et de** $F_H(p)$

$$F_{H1}(p) = \frac{1}{1+\tau_C.p}.F_m(p)$$

$$F_{H2}(p) = \frac{1}{1+\tau_C.p}.(F_R(p)+F_m(p))$$

$$F_H(p) = F_{H2}(p) - F_{H1}(p) = \frac{1}{1+\tau_C.p}.F_R(p)$$

Question 33: Influence de τ_c et conclusion.

Conclusion : ***La constante de temps de la mesure provoque un retard dans l'acquisition de la force perturbatrice. Il est préférable d'installer un capteur de force. De plus la mesure de courant risque d'être imprécise car il faudrait prendre en compte le rendement (ou les frottements) du système vis-écrou.***

Question 34: Comment reproduire l'effort de contact estimé $\boldsymbol{F_H}$ entre l'outil et le patient sur la main du chirurgien qui téléopère ? Conclure sur la capacité de l'ensemble du système à reproduire le mouvement du chirurgien en assurant un retour haptique.

Reproduction de l'effort de contact estimé F_H : Le moteur installé dans le robot maître doit être asservi en force (ou couple ou intensité) afin de reproduire la force de réaction des tissus évaluée sur la main du chirurgien qui tient le joystick.

Conclusion :

A travers les différentes études menées, nous avons vérifié que le robot de chirurgie mis au point répond aux exigences qui lui permette de reproduire le mouvement du chirurgien en assurant le retour haptique :

- ***il est capable de reproduire la vitesse d'exécution***
- ***il est capable de reproduire d'évoluer dans le même espace de travail***
- ***il est suffisamment dynamiquement précis***
- ***il est capable de reproduire la position de manière précise***
- ***il est potentiellement capable d'exercer un retour haptique réaliste***

Des expérimentations sur le prototype doivent être réalisées afin de vérifier que les exigences sont bien validées et qu'il permet à un chirurgien de réaliser des opérations avec aisance.