Concours e3a-Polytech, France

Session 2010, filière MP

Sciences industrielles de l'ingénieur

Durée : 3 heures

Ce que traite le sujet

- Partie 3 : souder la calotte avec le positionneur deux axes (FT12)
- Partie 4 : asservissement en vitesse de la rotation polaire
- Partie 4.3 : soudage du joint méridien

Sujet reproduit sans retouche à partir de la page suivante.

Résumé des parties, chapitres de cours liés et autres années : prepahelp.com/annales/e3a/mp/2010/si

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

CONCOURS ARTS ET MÉTIERS ParisTech - ESTP - ARCHIMEDE

Épreuve de Sciences Industrielles MP

Durée 3 h

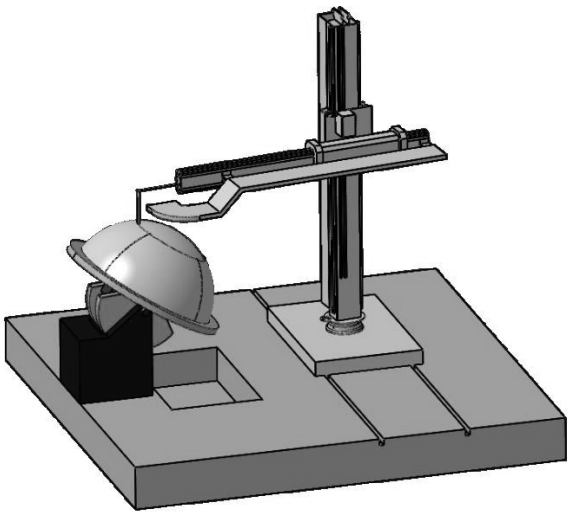
Si, au cours de l'épreuve, un candidat repère ce qui lui semble être une erreur d'énoncé, d'une part il le signale au chef de salle, d'autre part il le signale sur sa copie et poursuit sa composition en indiquant les raisons des initiatives qu'il est amené à prendre.

L'usage de calculatrices est interdit.

Le candidat formulera toutes les hypothèses qu'il jugera nécessaire pour résoudre les questions posées.

A rendre avec les copies 1 document réponse non-pliés intitulé document réponse DR1 et DR2.

MACHINE DE SOUDAGE AUTOMATISEE



1. PRESENTATION DU SYSTEME ETUDIE

La société CEREC (Compagnie d'Emboutissage de RECquignie) est spécialisée dans la réalisation de fonds de réservoir. A partir d'une certaine taille, la mise en forme par emboutissage en une seule pièce n'est plus possible. Les fonds sont alors réalisés par le soudage de plusieurs segments et d'une calotte emboutis (Figure 1). Les segments sont soudés via des joints dits méridiens. Le joint entre calotte et segments sera quand à lui dit circulaire.

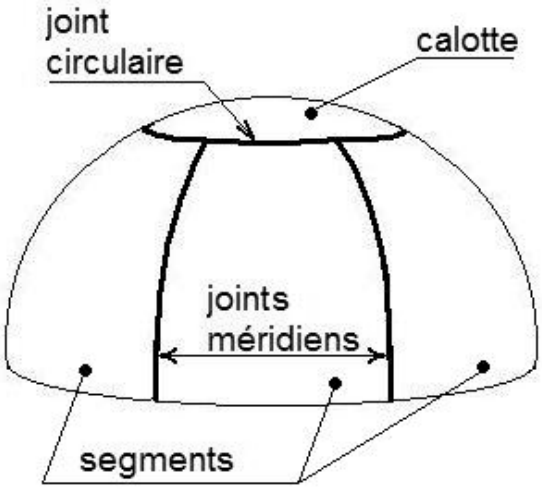


Figure 1 : Fonds hémisphériques soudés

Néanmoins, le soudage par méthodes « classiques » nécessite un temps relativement long compte tenu des dimensions. En effet, le diamètre des plus grands réservoirs cylindriques peut atteindre huit mètres. Il a donc été décidé d'adopter la méthode de soudage dite « par arc submergé » qui permet une vitesse de soudage beaucoup plus élevée.
Le principe de ce type de soudage (comme indiqué sur la figure 2) consiste à submerger la zone de soudage sous un produit pulvérulent de protection (« flux » en poudre) déposé au fur et à mesure. Cependant, ce produit de protection se disperse très facilement. Compte tenu de son prix, on évite de le gaspiller en ré-aspirant l'excédant pour le recycler.

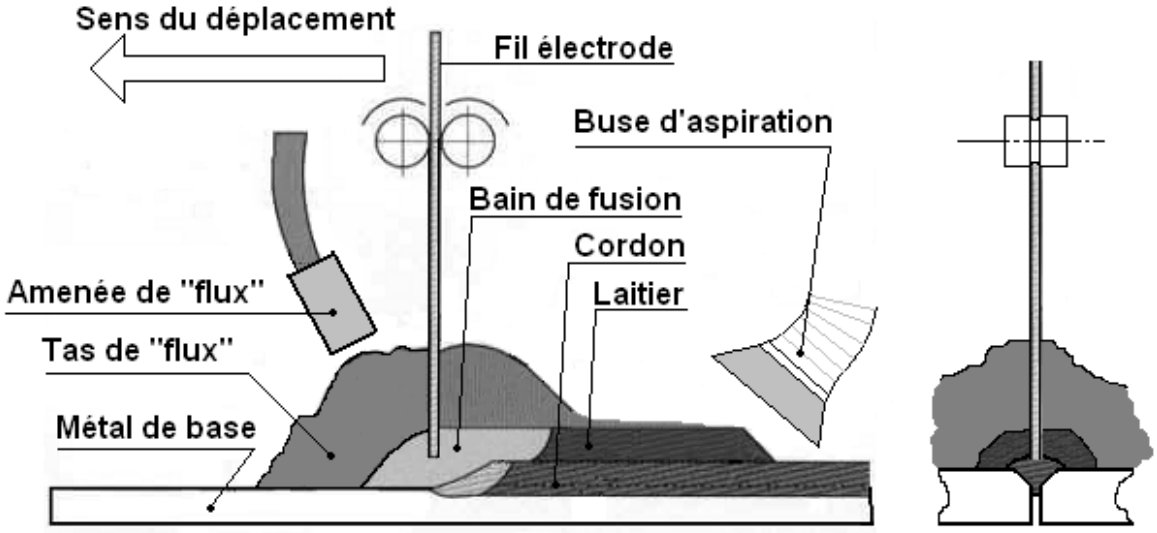


Figure 2 : Processus de soudage à arc submergé

Afin de limiter un écoulement « parasite » pouvant nuire à une submersion optimale et au recyclage du produit, on s'arrange pour que, au niveau de l'arc de soudage à protéger, le plan tangent aux surfaces soit horizontal. Cette précaution garantit une inclinaison modérée des surfaces au voisinage de la zone de fusion et donc un moindre écoulement « parasite » du « flux » en poudre. Par le respect de cette précaution, la zone de soudage sera en fait toujours située au point culminant du positionnement en cours.
Le respect de cette précaution nécessite donc l'emploi d'une machine de soudage spécialisée capable de toujours présenter la zone de soudage au sommet. La vue générale de cette machine est donnée figure 3. Elle est composée d'un positionneur et d'une potence de soudage.

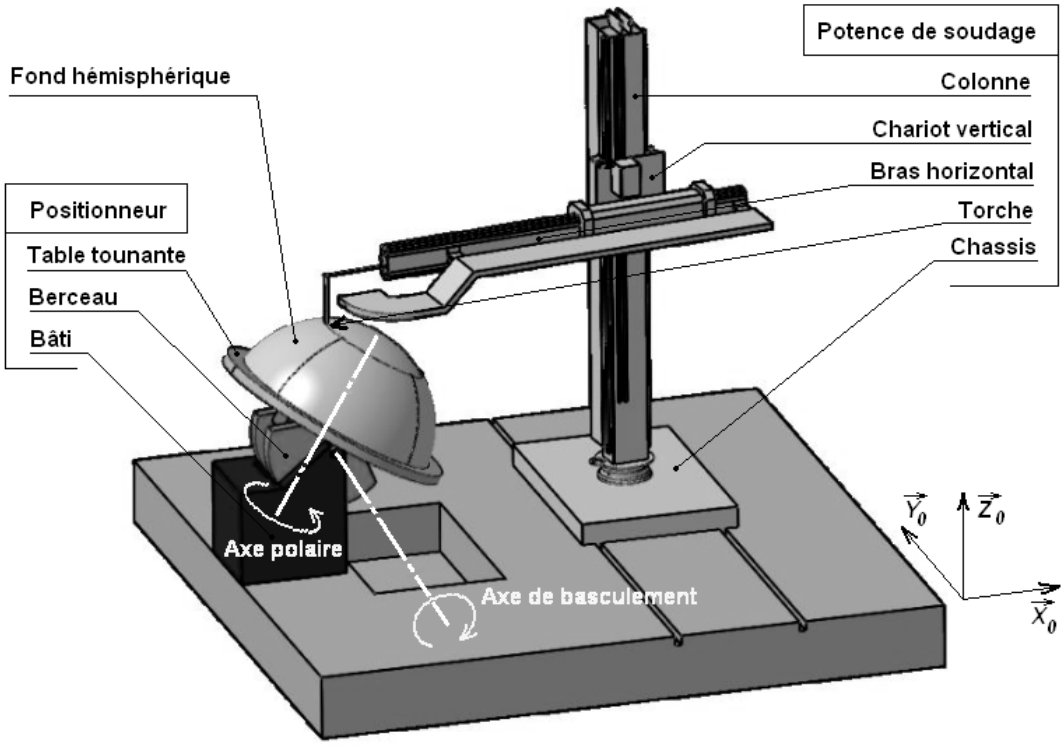


Figure 3 : Vue générale de la machine de soudage automatisée

La décomposition fonctionnelle de la fonction principale de la machine à souder est donnée en annexe.

Réalisation d'un fond de réservoir soudé

On récapitule les opérations nécessaires à la réalisation d'un fond de réservoir soudé :

1- Mise en position des segments sur la table du positionneur et préparation (opérations manuelles).
2- Basculement et rotation polaire de la table du positionneur pour présenter le départ du premier joint méridien au point culminant.
3- Positionnement de la torche de soudage au point de départ.
4- **Soudage d'un joint méridien par basculement du positionneur et mouvements conjugués vertical et horizontal de la potence permettant à la torche de poursuivre la zone de soudage.**
5- Passage au joint méridien suivant par rotation polaire de la table du positionneur.
6- Répétition des opérations 3, 4 et 5 en fonction du nombre de segments.
7- Meulage des cordons de soudure méridiens réalisés au niveau de leur intersection avec le futur joint circulaire (opération manuelle).
8- Mise en position de la calotte par rapport aux segments et pointage (Réalisation de points de soudure permettant de figer le positionnement relatif des éléments).
9- Basculement de la table afin de présenter le départ du joint circulaire au sommet.
10- **Soudage du joint circulaire par rotation polaire de la table du positionneur**.
11- Démontage du fond de cuve réalisé.
12- Opérations manuelles de finition.

On s'intéresse à l'automatisation des opérations 10 et 4.

3. ETUDE DE LA FONCTION TECHNIQUE FT12 (voir annexe p. 13) : Souder la calotte (opération 10)

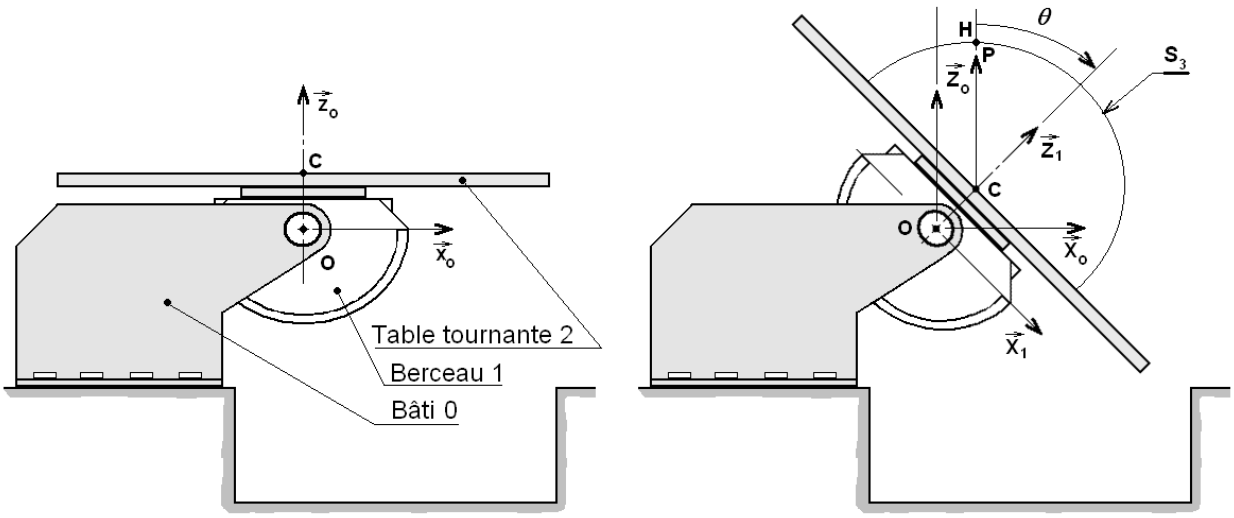
On suppose que les opérations précédentes ont déjà été réalisées.

3.1. Analyse des mouvements du positionneur 2 axes

3.1.1. Etude cinématique :

Le positionneur deux axes, chargé de recevoir les pièces à souder, est une chaîne ouverte de solides composée d'un bâti fixe par rapport au sol, d'un berceau basculant, portant une table tournante circulaire (cf. Figure 4). Le mouvement de basculement de l'ensemble {Berceau+Table} est assuré via une liaison pivot [Berceau-Bâti] d'axe horizontal $\left(O,\vec{Y}_0\right)$. L'angle de basculement correspondant sera noté $\theta(t)=\left(\vec{Z}_0,\vec{Z}_1\right)$, avec $0°\le\theta\le 90°$. Le mouvement de rotation polaire de la table tournante circulaire par rapport au berceau est assuré via une liaison pivot d'axe $\left(O,\vec{Z}_1\right)$. L'angle de rotation correspondant sera noté $\varphi(t)=\left(\vec{X}_1,\vec{X}_2\right)$, avec $0°\le\varphi(t)\le 360°$.

Ainsi, en utilisant de façon adéquate la rotation $\theta(t)$ de basculement du berceau et la rotation polaire $\varphi(t)$ de la table, le positionneur permet de toujours présenter la zone de soudage à la verticale de la torche de soudage. Pour les raisons déjà évoquées, on fait en sorte que le plan tangent aux surfaces de la zone de soudage soit toujours horizontal. Le point courant de soudage est alors situé au point le plus élevé désigné par **P** appartenant au solide S_3.



4.a 4.b

Figure 4 : 4.a – Positionneur ; 4.b - Basculement du berceau

Avec :

- $R_0(O,\vec{X}_0,\vec{Y}_0,\vec{Z}_0)$, le repère associé au bâti.
- $R_1(O,\vec{X}_1,\vec{Y}_0,\vec{Z}_1)$, le repère associé au berceau.
- $R_2(O,\vec{X}_2,\vec{Y}_2,\vec{Z}_1)$, le repère associé à la table tournante circulaire.
- S_3 : le solide composé des segments et de la calotte. S_3 est fixé à la table tournante.
- $\overrightarrow{OC}=h\vec{Z}_1$; $\overrightarrow{CP}=R\overrightarrow{Z_0}$; $\vec{\Omega}(S_3/R_0)=\dot{\varphi}\vec{Z}_1$;
- Pour cette opération, θ est constant. On rappelle que $\dot{\varphi}=d\varphi/dt$.

On fait l'hypothèse que la géométrie et la position des éléments à souder sont parfaites. L'axe de la calotte S_3 est alors confondu avec l'axe de rotation polaire $(O,\vec{Z}_1)$. De même, le centre **C** de la base de l'hémisphère se trouve sur l'axe de rotation polaire.
Pour un angle de basculement θ fixe et pour un mouvement de rotation polaire continu autour de l'axe $(O,\vec{Z}_1)$, on note que les positions des points **P** du solide S_3 les plus élevés successifs coïncident avec un point fixe **H** de l'espace (figure 4b).
Dans ce cas de figure, il suffit de positionner la torche de soudage au point fixe H de l'espace. La potence est donc immobile durant le processus de soudage de la calotte.

Q1. *Indiquer, en quelques mots, quelle sera la trace laissée par le point H sur le solide S_3.*

Q2. *Déterminer l'expression littérale de la vitesse $\vec{V}(P \in S_3 / R_0)$ du point culminant **P** de l'hémisphère.*

Dans la suite on appellera **fond hémisphérique** l'ensemble calotte et segments. Le fond hémisphérique étant rigidement fixé sur la table, on peut considérer l'assemblage **{table+fond hémisphérique}** comme étant un solide unique.

L'un des paramètres important pour la qualité du joint soudé est la régularité de la vitesse d'avance de la torche par rapport aux pièces.

Q3. *On veut souder à la vitesse d'avance de 1 mètre par minute la calotte d'un fond hémisphérique de 2 mètres de diamètre R = 1 m. Compte tenu des dimensions de la calotte, il faut un angle de basculement θ de + 30°. Quel doit être le taux de rotation polaire $\dot{\varphi}_c(t) = \omega_c(t)$ en radian par seconde de l'ensemble {table+fond hémisphérique}. Cette valeur particulière sera la grandeur de consigne ω_c du système asservi.*

3.1.2 Etude dynamique du mouvement de rotation polaire utilisé pour l'opération 10 :

On donne ci-après les caractéristiques cinétiques (position du centre de gravité, et matrice d'inertie) du fond hémisphérique, ainsi que celles de la table.

- Pour la table, on donne les valeurs suivantes :

Pour la masse : $m_2 = 9189\,kg$,

Avec $\overrightarrow{CG_2} = -e_2\ \vec{Z}_1$, avec $e_2 = 0{,}12\,m$, $\overline{\overline{I(G_2,S_2)}} = \left|\begin{matrix} A_2 & 0 & 0 \\ 0 & A_2 & 0 \\ 0 & 0 & C_2 \end{matrix}\right|_{/(G_2,\vec{X}_2,\vec{Y}_2,\vec{Z}_1)}$,

$A_2 = 14360\,kg.m^2$
$C_2 = 28716\,kg.m^2$

- Pour un fond hémisphérique en acier de diamètre extérieur D=2 m, et d'épaisseur 20.10^{-3} m, on a :

Pour la masse : $m_3 = \rho\frac{2}{3}\pi\left(R^3 - r^3\right)$ soit $m_3 = 3881\ kg$ avec $R = 1m$ et $r = 0{,}980\,m$.

$\overrightarrow{CG_3} = \frac{3}{8}\frac{\left(R^4 - r^4\right)}{\left(R^3 - r^3\right)}\vec{Z}_1 = e_3\vec{Z}_1$ Avec $e_3 = 0{,}995\,m$, avec C centre de la base de l'hémisphère.

Pour la matrice d'inertie en C : $\overline{\overline{I(C,S_3)}} = \begin{vmatrix} A_3 & 0 & 0 \\ 0 & A_3 & 0 \\ 0 & 0 & A_3 \end{vmatrix}_{/(C,\vec{X}_2,\vec{Y}_2,\vec{Z}_1)}$,

avec $A_3 = \frac{2}{5}\rho\pi\left(R^5 - r^5\right)$ soit $A_3 = 15372\ kg.m^2$

Q4 *Calculer la position du centre de gravité de l'assemblage.*

Q5 *Sans expliciter les termes, donner, en la justifiant, la forme que prend la matrice d'inertie de l'assemblage en un point de l'axe* $\left(O,\vec{Z}_1\right)$.

La mise en rotation de l'ensemble {table+fond hémisphérique} est assurée par un moto-réducteur dont le moteur à courant continu a une vitesse de rotation maximale de 1500 tr/min. et dont le couple moteur correspondant sera noté $c_m(t)$. Le rapport de réduction est de k=3750. Cette réduction importante entraîne une perte de puissance par frottement évaluée à 15% de la puissance d'entrée. De plus, la liaison pivot, de grande dimension, génère un couple résistant composé d'une partie constante (frottement sec) égale à $|c_f| = 40$ Nm et d'une partie dépendant de la vitesse de rotation relative (frottement visqueux) de la forme $|c_v(t)| = K_v|\dot{\varphi}(t)| = K_v|\omega(t)|$.
On suppose, pour la mise en équation, que la vitesse de rotation $\omega(t)$ est toujours positive.

<u>L'inertie équivalente ramenée à l'axe de rotation du moteur de l'ensemble {rotor-moto-réducteur + table + fond hémisphérique} est connue et vaut</u> *:* $J_{eq} = 0{,}010\ kg.m^2$.

Le torseur d'efforts de l'action de l'élément **i** sur l'élément **j** au point **N** dans une base $B = (\vec{u},\vec{v},\vec{w})$ est noté :

$$\{\mathbf{F}(i \to j)\} = \begin{Bmatrix} X_{ij} & L_{ij} \\ Y_{ij} & M_{ij} \\ Z_{ij} & N_{ij} \end{Bmatrix}_{N/B},$$

où la colonne de gauche précise les coordonnées de la résultante du torseur et celle de droite les coordonnées du moment du torseur au point **N**.

Q6. *Après avoir isolé l'ensemble tournant {Rotor-moto-réducteur + Table + Fond hémisphérique} = {R+T+F} considéré comme un solide unique équivalent, faire le bilan des actions extérieures agissant sur celui-ci.*

On rappelle que le torseur cinématique du mouvement de l'élément **j** par rapport à l'élément **i** au point **N** dans une base $B = (\vec{u},\vec{v},\vec{w})$ est noté :

$$\{\mathbf{V}(j/i)\} = \begin{Bmatrix} p_{ji} & u_{ji} \\ q_{ji} & v_{ji} \\ r_{ji} & w_{ji} \end{Bmatrix}_{N/B},$$

où la colonne de gauche précise les coordonnées de la résultante du torseur et celle de droite les coordonnées du moment du torseur au point **N**.

Q7. *Expliciter la puissance des actions extérieures agissant sur le solide {R+T+F} en mouvement de rotation polaire d'axe* $\left(O,\vec{Z}_1\right)$ *par rapport au repère fixe supposé galiléen.*

Q8. *Déterminer l'équation d'équilibre dynamique du système liant* $\omega(t)$, $c_m(t)$, $c_f(t)$ *et* $c_v(t)$.

4. AUTOMATISATION DES OPERATIONS DE SOUDAGE 10, et 4

4.1 Extrait du cahier des charges

On s'intéressera dans ce projet à l'automatisation des opérations de soudage suivantes qui sont réalisées dans les étapes 10, et 4 :

- OP10 : Si les éléments à souder sont correctement positionnés, l'opération 10 ne nécessite que l'asservissement du taux de rotation polaire (noté $\omega\, t = \dot{\varphi}(\,)$) de l'ensemble {table+fond hémisphérique} pour le soudage du joint circulaire. Cet asservissement permet d'assurer un dépôt homogène de la soudure. La vitesse de soudage doit être aussi constante que possible pour assurer une épaisseur homogène sur toute la circonférence.

- OP4 : Le point C de la base de la calotte hémisphérique n'étant pas confondu avec le point O de l'axe de basculement, le soudage d'un joint méridien nécessite la coordination du mouvement de basculement de l'ensemble {berceau+table+fond hémisphérique} d'un angle $\theta(t)$ du positionneur avec le mouvements conjugués vertical $z(t)$ et horizontal *x(t)* de la potence, permettant ainsi la poursuite, par la torche, de la zone de soudage, toujours située au point culminant, mais qui se déplace dans un plan vertical.

L'opération 10 ne nécessite donc qu'un asservissement sur un seul axe, alors que l'opération 4 utilisera un asservissement sur trois axes.

4.2 Asservissement du système de soudage du joint circulaire OP10

4.2.1 Schéma fonctionnel

Dans ce qui suit, les variables temporelles seront notées en minuscules, et les variables de Laplace seront en majuscules, par exemple :

$$L\{i(t)\} = I(p),\ \ L\{\omega(t)\} = \Omega(p),\ L\{e(t)\} = E(p),\ L\{u(t)\} = U(p),\ L\{c_m(t)\} = C_m(p)$$

p étant l'opérateur de Laplace.

La modélisation et la commande des moteurs asynchrones étant très complexes, on travaillera dans la suite du problème sur un modèle de moto-réducteur équivalent à courant continu, associé à des variateurs adéquats et entraînant directement l'ensemble {table+fond hémisphérique}. On suppose aussi un comportement linéaire du moteur dans les différents régimes de fonctionnement. Le schéma fonctionnel du système asservi est donné figure 5. La grandeur de commande du système est la tension $u(t)$ et la grandeur à régler est le taux de rotation ω(t), dont la transformée de Laplace est notée Ω(p).

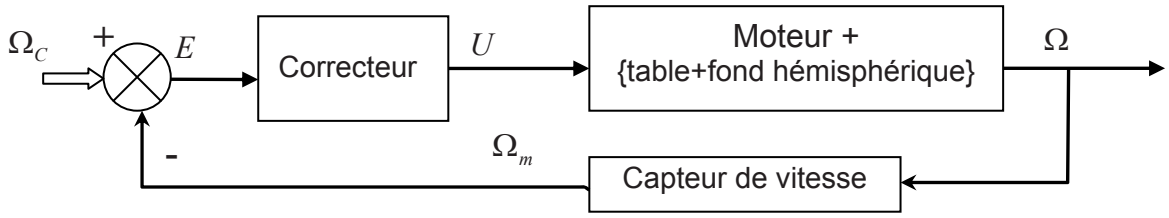


Figure 5 : Asservissement en vitesse du système de soudage de la calotte

- Ω_C *(p)* : Consigne du taux de rotation
- Ω *(p)* : Image du taux de rotation réel
- Ω_m *(p)* : Taux de rotation mesuré. On considère dans la suite des calculs que le capteur de vitesse a une dynamique nulle et reproduit exactement le taux de rotation réel : $\Omega_m(p) = \Omega(p)$. La fonction de transfert du capteur est alors unitaire.
- E *(p)* : Écart de réglage
- U *(p) :* Action de commande (tension aux bornes du moteur) régulée par le correcteur.

Avant de faire la synthèse du correcteur, on détermine le modèle du système à commander.

4.2.2 Utilisation du Modèle mécanique (Q8)

L'étude mécanique précédente à permis de traduire le comportement dynamique de l'ensemble {R+T+F} dans le mouvement de rotation polaire par une équation liant J_{eq}, $\dot{\varphi}(t) = \omega(t)$, $c_m(t)$, $c_f(t)$, $c_v(t)$ avec $|c_v(t)| = K_v|\dot{\varphi}(t)| = K_v|\omega(t)|$.

Q9. En supposant les conditions initiales nulles, donner l'expression littérale de la fonction de transfert de la partie mécanique (indice *me*) sous la forme:

$$W_{me}(p) = \frac{\Omega(p)}{\left(C_m(p) - C_f(p)\right)} = \frac{K_{me}}{1 + T_{me}p}.$$

Donner les expressions (en fonction de J_{eq} et K_v) et les unités des coefficients K_{me} et de T_{me}. Il est à noter que la non détermination des paramètres K_{me} et T_{me} n'est pas gênante pour la suite des questions.

4.2.3 Modélisation de la partie électrique du moteur

Le moteur avec son bobinage est équivalent à un circuit électrique série de résistance R, d'inductance L et de force contre-électromotrice $e_m(t)$. La partie électrique de l'induit est traversée par un courant $i(t)$.

La force contre électromotrice est reliée aux taux de rotation du moteur par l'équation suivante :

$$e_m(t) = K_e\omega(t).$$

Le couple moteur électromécanique $c_m(t)$ est proportionnel au courant des armatures :

$$c_m(t) = K_i i(t).$$

On posera dans la suite $K_e = K_i = K$

Q10. *Déterminer l'équation électrique du moteur en régime dynamique dans les domaines temporel et de Laplace liant* $u(t), e_m(t)$, $i(t)$ *et leurs dérivées.*

Q11. On suppose que les conditions initiales sont nulles.

Donner l'expression de la fonction de transfert de la partie électrique (indice el) sous la forme :

$$W_{el}(p) = \frac{I(p)}{\left(U(p) - E_m(p)\right)} = \frac{K_{el}}{1 + T_{el}.p}.$$

Donner les expressions (en fonction de L et R) et les unités des coefficients K_{el} *et* T_{el}

Q12. *Sur le document réponse DR1 est représenté le schéma bloc de l'ensemble {moteur+table+fond hémisphérique}. Compléter le schéma bloc.*

Q13. *Sachant que* $\Omega(p) = U(p)F(p) - C_f(p)G(p)$, *donner les expressions des fonctions de transfert F(p) et G(p) en tenant compte de la propriété de superposition des systèmes linéaires.*

4.2.4 Choix d'un correcteur

Etude d'un correcteur proportionnel.

Soit $C(p)$ la fonction de transfert du correcteur à réaliser. On s'intéresse dans ce problème à l'asservissement du taux de rotation de l'ensemble {moteur + table+fond hémisphérique} en considérant l'influence de la perturbation C_f négligeable en regard des grandeurs mises en jeu par ailleurs ($C_f = 0$). Le schéma bloc est donné figure 6. On commence par tester un correcteur proportionnel avec un gain variable K_R : $C(p) = K_R$

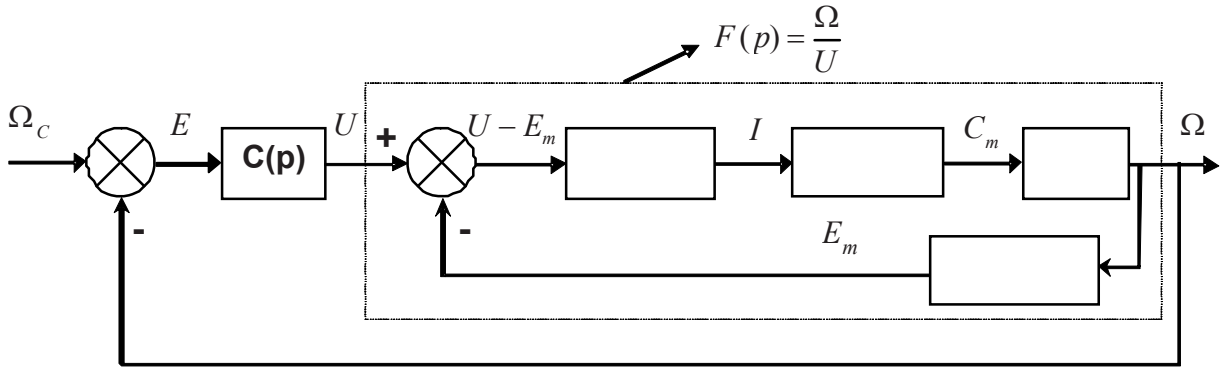


Figure 6 : Schéma bloc du système asservi en vitesse

Q14. *Calculer la fonction de transfert* $W_f(p) = \dfrac{\Omega(p)}{\Omega_C(p)}$.

Les réponses seront données sous forme littérale en fonction des paramètres du modèle qui sont évidemment positifs.

Q15. *Montrer que le système est stable quelque soit le gain* K_R *positif du correcteur.*

Q16. *On souhaite obtenir un temps de réponse minimum, indiquer, sans calcul, comment doit être réglé le correcteur.*

Q17. Pour souder dans les conditions du cahier des charges, la consigne du taux de rotation de la table doit être constante.

Déterminer l'écart statique suite à un échelon d'amplitude Ω_{C0}.

Q18. *Sans calcul, expliquer quels paramètres de soudage vont être influencés par l'écart E(p).*

Q19. *Dans le cas de l'asservissement en vitesse, quelles performances en termes de précision statique, et de stabilité peut on améliorer en rajoutant un correcteur proportionnel puis un correcteur proportionnel intégral pour des gains strictement supérieurs à 1 ? Les réponses seront portées sur le tableau du document réponse DR2. On utilisera les termes « améliore » ou « dégrade ».*

Afin de mieux apprécier la qualité de soudage circulaire de la calotte, on se propose d'analyser les performances de l'asservissement (perturbation nulle) de la position angulaire du fond hémisphérique (donc de la torche de soudage). L'image de la position sera obtenue par intégration de la vitesse angulaire déjà utilisée pour l'asservissement de la vitesse (cf. fig.5).

Sur la figure 7 est représenté le schéma bloc de cet asservissement. $\Theta_C(p)$ est la consigne de la position angulaire, et $F(p)$ l'expression de la fonction de transfert déterminée à la question Q13. On note ω_0 la pulsation propre non-amortie de la fonction de transfert $F(p)$.

Q20a. *On se place à la limite de la stabilité. Quel doit être le gain en décibels de la FTBO pour la pulsation* $\omega = \omega_0$ *?* Soit $K_{R\,Lim}$ la valeur du gain du correcteur correspondante.

Q20b. *En fonction de* $K_{R\,Lim}$, *indiquer la valeur* K_{R0} *du gain assurant une marge de gain égale à 2 sur le plan de Nyquist (ou 20log(2) = 6 dB sur le diagramme de Bode).*

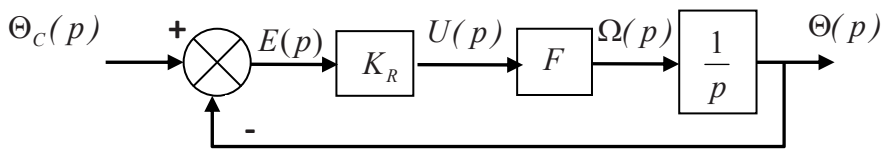


Figure 7 : Schéma bloc du système asservi en position

4.3 Asservissement du système de soudage du joint méridien OP4

4.3.1 Etude de la fonction technique FT11 (voir annexe p. 13) : souder un joint méridien (Opération 4)

Analyse des mouvements de la potence de soudage

La qualité de la génération continue du joint de soudure nécessite la coordination du mouvement de basculement de la table et des mouvements de translations verticale et horizontale de la potence. Les contraintes à respecter sont les suivantes :

- Contrainte de positionnement de la torche au point culminant de la position en cours.
- Contrainte de vitesse relative constante entre torche et segment afin d'obtenir une vitesse constante de 'dépose' du cordon de soudure.

L'objectif de la suite consiste à établir les relations liant les trois paramètres de mobilités du fait du respect de ces contraintes.

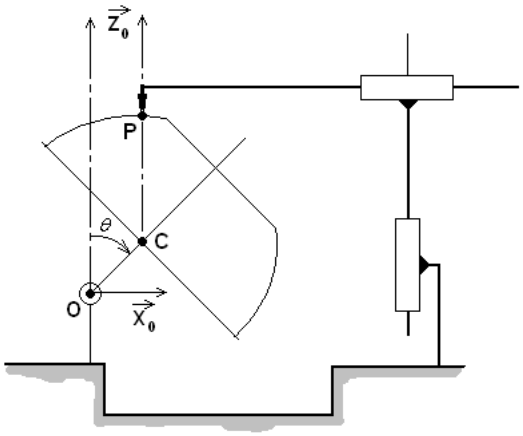


Figure 8 : Schéma de principe du soudage des segments d'un fond hémisphérique

On notera $\overrightarrow{OC} = h.\vec{Z}_1$, avec $h=0,4\ m$.

Détermination de la vitesse de poursuite du point P de la torche par rapport au repère fixe.

Q21. La position du point P, point courant de soudage, dans le repère absolu peut être définie par $\overrightarrow{OP} = \overrightarrow{OC} + \overrightarrow{CP}$. Cette définition est vraie quelque soit l'instant t considéré. Elle est aussi celle que doit respecter l'extrémité de la torche.

Expliciter les composantes de la vitesse absolue de l'extrémité de la torche de soudage :

$$\vec{V}\left(P \in Torche / R_0\right) = V_X \vec{X}_0 + V_Z \vec{Z}_0 .$$

Remarque : dans le cas des fonds hémisphériques, *P* est toujours situé à la verticale de *C*.

Q22. A chaque instant, il existe un point P appartenant au segment S_3 qui coïncide avec le point P appartenant à la torche.

Les segments à souder étant rigidement fixés à la table, expliciter les composantes de la vitesse absolue du point coïncident P appartenant au segment à souder :

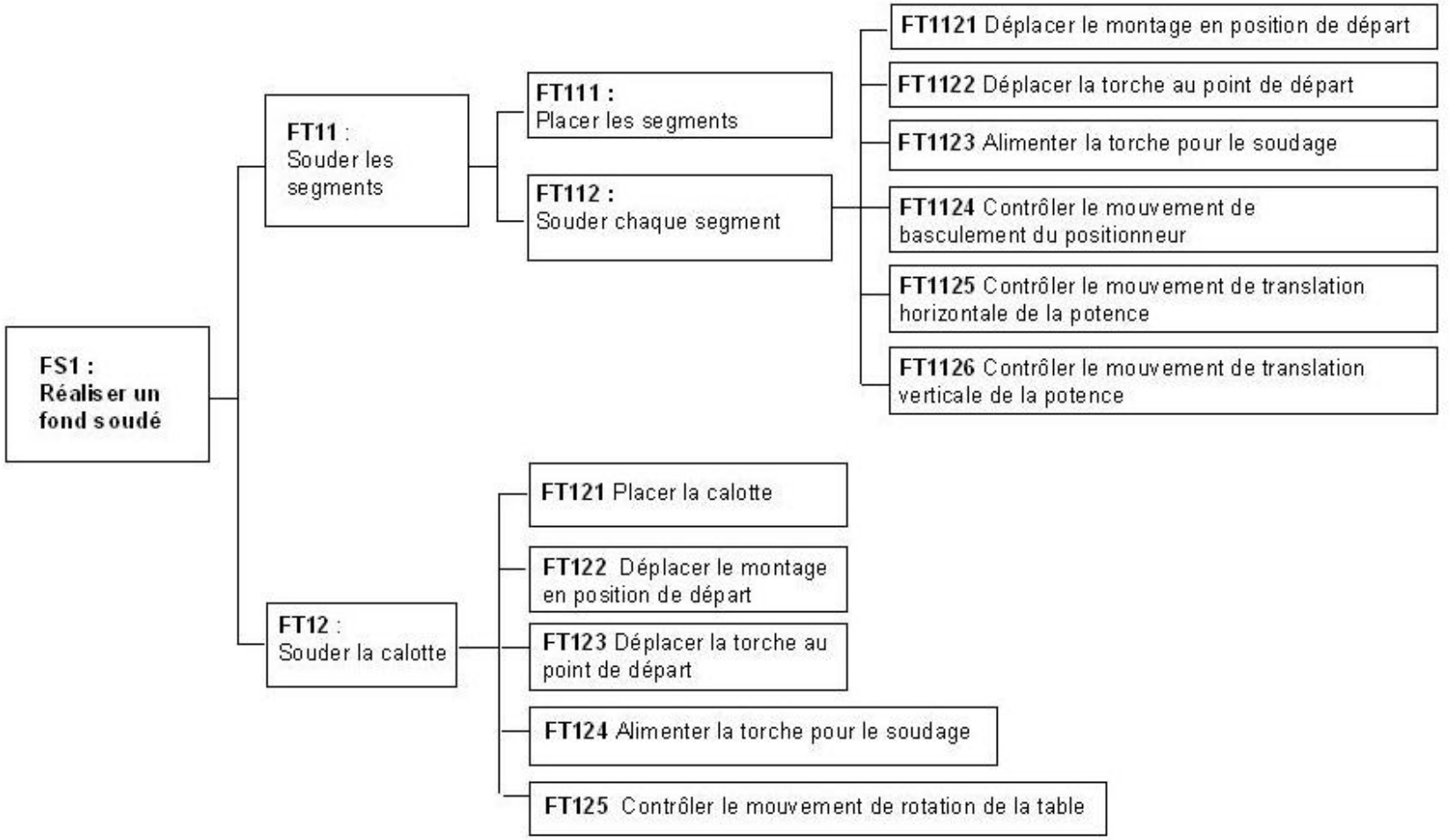
$$\vec{V}\left(P \in S_3 / R_0\right)$$

Q23. *En déduire la vitesse relative de soudage au point P entre la torche de soudage et les segments à souder.*

$$\vec{V}\left(P \in Torche / Segment\right)$$

Q24. *Pour une vitesse de soudage des segments constante et égale à celle utilisé (1 mètre par minute), déterminer le taux de rotation de basculement $\dot{\theta}_C$ en fonction des données géométriques correspondant à un fond hémisphérique de 2 mètres de diamètre.*

ANNEXE : décomposition fonctionnelle de la fonction de service FS1 de la machine de soudage



FIN DE L'EPREUVE

Document Reponse ENSAM 210x350 2009:Document Reponse ENSAM 210x350 2009 22/01/09 8:54 Page 1

DANS CE CADRE

Académie : Session : Modèle EN.

Examen ou Concours Série* :

Spécialité/option : Repère de l'épreuve :

Épreuve/sous-épreuve :

NOM :

(en majuscules, suivi s'il y a lieu, du nom d'épouse)

Prénoms :

Né(e) le :

N° du candidat

(le numéro est celui qui figure sur la convocation ou la liste d'appel)

NE RIEN ÉCRIRE

Examen ou concours : Série* :

Spécialité/option :

Repère de l'épreuve :

Épreuve/sous-épreuve :

(Préciser, s'il y a lieu, le sujet choisi)

Numérotez chaque page (dans le cadre en bas de la page) et placez les feuilles intercalaires dans le bon sens

Note : /20

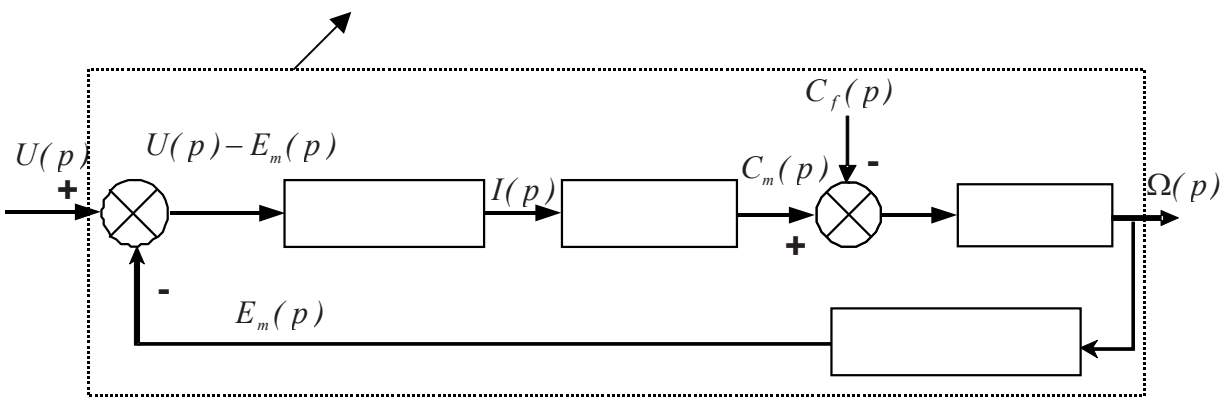
Appréciation du correcteur (uniquement s'il s'agit d'un examen) :

* Uniquement s'il s'agit d'un examen.

10MP05

Document Réponse DR1

Q12 : Schéma global de simulation du système {moteur+table+fond hémisphérique}



Document Réponse DR2

Q19 : Performances de l'asservissement en vitesse

Correcteur/ Performances	**P**	**PI**
Précision statique		
Stabilité		

Il est interdit aux candidats de signer leur composition ou d'y mettre un signe quelconque pouvant indiquer sa provenance.

Document Reponse ENSAM 210x350 2009:Document Reponse ENSAM 210x350 2009 22/01/09 8:54 Page 2

Travailler les chapitres de ce sujet

Prepa Help suit le programme de MP 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

- Cinématique du solide : paramétrage, vitesse, taux de rotation et torseur cinématique
- Géométrie des masses : centre d'inertie, matrice d'inertie, théorème de Huygens
- Énergétique : puissances, théorème de l'énergie cinétique, rendement
- Cinétique : torseurs cinétique et dynamique, énergie cinétique, inertie équivalente
- Modélisation des systèmes asservis : structure, SLCI, transformée de Laplace, schéma-blocs
- Performances des systèmes asservis : stabilité, précision, rapidité
- Correction des systèmes asservis : correcteurs P, PI et à avance de phase
- Cinématique des mécanismes : composition des mouvements, contact ponctuel, lois entrée-sortie et fermetures

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/e3a/mp