Concours Centrale-Supélec, France

Session 2006, filière TSI

Sciences industrielles 1

Ce que traite le sujet

- I.A : étude du procédé de soudage
- I.B : conception de la pince de soudage
- I.C : conception du robot

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/2006/si1

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

SCIENCES INDUSTRIELLES POUR L'INGÉNIEUR I

SOUDAGE PAR POINTS DE CARROSSERIES DE VEHICULES

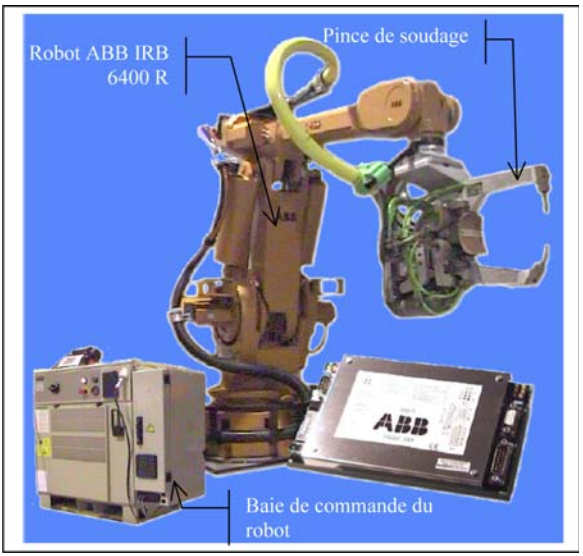
PRÉSENTATION

L'étude porte sur une application de soudage robotisé par points de carrosseries de véhicules automobiles.

Nota : certaines figures du sujet se trouvent à la fin du texte.

On s'intéressera plus particulièrement à une opération de soudage d'éléments de « pied de porte » avant. Cette opération utilise un robot 6 axes ABB IRB 6400 R (figure 1a), d'une capacité de charge de 120 kg , équipé d'une pince de soudage à actionneur pneumatique (figure 1b) de masse m_p = 96 kg . Le document de la figure 1c rappelle quelques notions élémentaires sur le procédé de soudage par points. Le diagramme FAST partiel de la figure 2 résume les principales fonctions de service du robot de soudage équipé de sa pince.

La pince de soudage (voir le schéma cinématique de la figure 3 et le schéma de câblage pneumatique de la figure 4) est équipée d'un vérin principal de « serrage » (solides **10** et **11**) permettant la fermeture des deux bras **8** et **9** de la pince et le serrage des 2 tôles pour leur soudage. Pendant cette phase de serrage, l'ensemble des deux bras de la pince, serrés sur les tôles, doit être « flottant » par rapport au corps de pince. Cette fonction est réalisée par un deuxième vérin pneumatique de « compensation » (solides **12** et **13**) dont les



Filière TSI

pressions d'alimentation des deux chambres permettent d'équilibrer le poids des parties mobiles de la pince.

À l'inverse, pendant les phases de déplacement entre deux points à souder, les bras doivent être immobiles par rapport au corps de la pince. Une seule chambre du vérin de « compensation » est alors alimentée pour permettre la rentrée de sa tige et réaliser cette fonction.

Le sujet proposé comporte 4 parties indépendantes :

- Partie I.A : étude du procédé de soudage ;
- Partie I.B : (contenant 7 sous parties) : conception de la pince de soudage ;
- Partie I.C : conception du robot ;
- Partie I.D : alimentation électrique de la pince de soudage.

I -

I.A - Étude du procédé de soudage

Cette partie est dédiée à une étude rapide du procédé de soudage par points robotisé et à la justification de quelques solutions.

I.A.1) Justifier l'utilisation d'un robot dans ce contexte de production et pour cette application de soudage par points.

I.A.2) Pourquoi un robot 6 axes est-il nécessaire ?

I.A.3) Justifier le choix du procédé de soudage par points pour cette application d'assemblage d'éléments de carrosserie.

I.A.4) Quel phénomène physique principal est-il mis en jeu pour la réalisation d'un point de soudage.

I.A.5) Justifier l'utilisation d'une tension de l'ordre de 8 V et d'une intensité d'environ 10000 A pour l'opération de soudage par points.

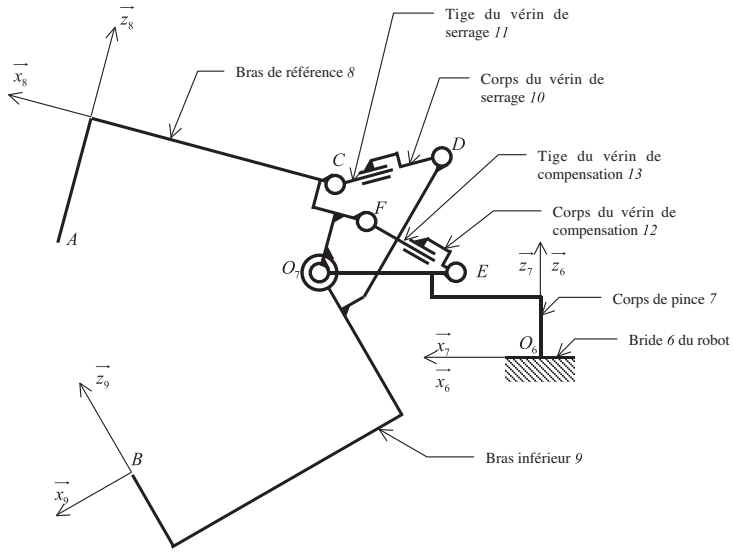
I.B - Conception de la pince de soudage

On souhaite maintenant faire une étude détaillée de la conception de la pince de soudage. Les différents points abordés sont relatifs à quelques fonctions de service de cette pince (apparaissant avec fond grisé dans le diagramme FAST de la figure 2).

I.B.1) Compensation du poids des parties mobiles de la pince

Le schéma cinématique de la pince est donné figure 3.

Figure 3
schéma cinématique fonctionnel et paramétrage de la pince de soudage



Paramétrage des solides :

- bride du robot, 6 : $R_6(O_6, \vec{x}_6, \vec{y}_6, \vec{z}_6)$
- corps de la pince de soudage, 7 : $R_7(O_6, \vec{x}_7, \vec{y}_7, \vec{z}_7)$ avec $R_6 = R_7$

$\overrightarrow{O_6O_7} = a \cdot \vec{x}_7 + b \cdot \vec{z}_7$ $\quad a = 232,5$ mm $\quad b = 160$ mm

$\overrightarrow{O_7E} = c \cdot \vec{x}_7$ $\quad c = -125$ mm

- bras de référence, 8 : $R_8(O_7, \vec{x}_8, \vec{y}_8, \vec{z}_8)$ avec :

$\overrightarrow{O_7A} = d \cdot \vec{x}_8 + e \cdot \vec{z}_8$ $\quad d = 510$ mm $\quad e = -40$ mm

$\overrightarrow{O_7C} = f \cdot \vec{x}_8 + h \cdot \vec{z}_8$ $\quad f = 35$ mm $\quad h = 176$ mm

$\overrightarrow{O_7F} = i \cdot \vec{x}_8 + j \cdot \vec{z}_8$ $\quad i = -55$ mm $\quad j = 70$ mm

- bras inférieur, 9 : $R_9(O_7, \vec{x}_9, \vec{y}_9, \vec{z}_9)$ avec :

$\overrightarrow{O_7B} = k \cdot \vec{x}_9 + l \cdot \vec{z}_9$ $k = 510$ mm $l = -40$ mm

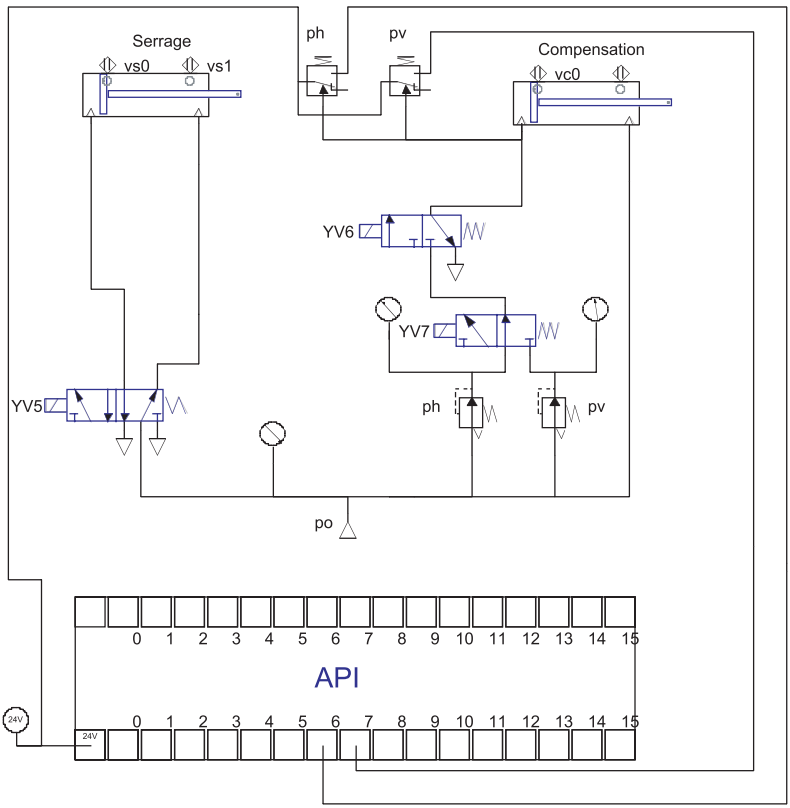
$\overrightarrow{O_7D} = m \cdot \vec{x}_9 + n \cdot \vec{z}_9$ $m = -150$ mm $n = 176$ mm

Paramétrage des liaisons :

$\theta_{78} = (\vec{x}_7, \vec{x}_8)$; θ_{78} toujours ≤ 0 $\theta_{79} = (\vec{x}_7, \vec{x}_9)$; θ_{79} toujours ≥ 0

Le schéma de câblage pneumatique de la pince est donné figure 4.

Figure 4 : schéma pneumatique de la pince de soudage



Pour réaliser la compensation du poids, le concepteur de la pince a pris en compte deux postures particulières de la pince : « verticale » ou « horizontale ». Ces postures sont définies sur le schéma de la figure 5. La compensation, pince

« verticale » se fait en alimentant la chambre arrière du vérin de compensation avec la pression p_v ; de même pour la position horizontale avec la pression p_h. Dans les deux cas, la chambre avant du vérin est toujours alimentée avec une pression $p_0 = 6 \text{ bar}$ $(1 \text{ bar} = 10^5 \text{ Pa})$.

L'ensemble des parties mobiles de la pince de soudage est nommé $\boldsymbol{M}$. Il est constitué des solides $\{8, 9, 10, 11\}$. Sa masse m_M vaut 40 kg. Son centre de gravité, G_M est défini par $\overrightarrow{O_7G_M} = x_M \cdot \vec{x}_7 + z_M \cdot \vec{z}_7$ avec $x_M = 50 \text{ mm}$ et $z_M = 10 \text{ mm}$. L'effort exercé par la tige **13** du vérin de compensation sur l'ensemble $\boldsymbol{M}$ est noté $\overrightarrow{F_F} = F_F \cdot \overrightarrow{z_{13}}$. L'accélération de la pesanteur est notée $g = 9,81 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$.

a) Calculer la valeur de F_F (notée F_{F_V} pour la position verticale et F_{F_H} pour la position horizontale) permettant la compensation du poids des parties mobiles de la pince.

b) Le diamètre du piston du vérin de compensation vaut $D_p = 50 \text{ mm}$ et le diamètre de sa tige vaut $D_t = 18 \text{ mm}$. Calculer la pression d'alimentation (p_h ou p_v) de la chambre arrière du vérin dans les deux cas.

I.B.2) « Ouvrir les bras de la pince »

Pour éviter l'interférence avec les tôles à souder, on impose une ouverture de la pince de 175 mm, soit $\overrightarrow{BA} \cdot \vec{z}_7 = q = 175 \text{ mm}$ (figure 3). On souhaite calculer la course du vérin de serrage satisfaisant cette condition. Pour ce calcul, on supposera que le bras de référence, **8**, est fixe par rapport au corps, **7**, pendant la phase d'ouverture de la pince avec $\theta_{78} = 0$. Lorsque la pince est fermée, les points A et B sont confondus et donc $\theta_{79} = 0$.

a) Calculer la valeur de θ_{79} quand la pince est ouverte.

b) Calculer la course minimum admissible, C_v, du vérin de serrage.

c) Chaque bras de la pince de soudage comporte des électrodes interchangeables dont l'usure maximum tolérée au cours de la production est de 5 mm. Estimer, par un calcul rapide, l'augmentation de course du vérin, C_{vu}, que cette usure impose.

I.B.3) « Serrer les tôles à souder »

Pour terminer la détermination du vérin de serrage on souhaite maintenant calculer son diamètre. L'effort de serrage souhaité au niveau des points A et B des bras de la pince (figure 3) est donné par $\overrightarrow{R_{9/8}} = F_s \cdot \vec{z}_7$ avec $F_s = 2300 \text{ N}$ et $\vec{z}_7 = \vec{z}_8 = \vec{z}_9$, pince fermée, sous une pression d'alimentation du vérin, $p_0 = 6 \text{ bar}$ ($1 \text{ bar} = 10^5 \text{ Pa}$).

a) Déterminer la poussée sur le piston du vérin, F_v, en phase de serrage.

b) En déduire le diamètre minimum admissible pour le piston du vérin pneumatique, d_v .

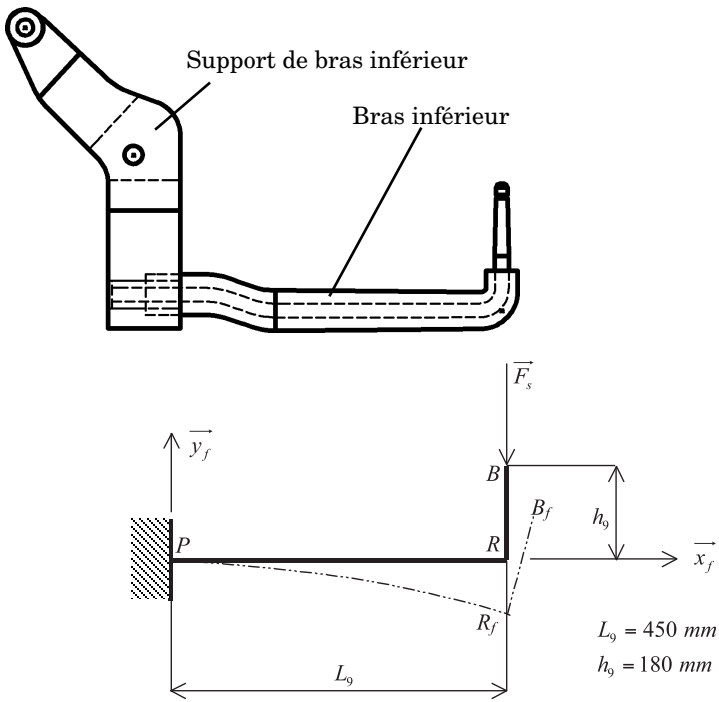
c) Le vérin choisi par le constructeur de la pince a une course de $80\ \text{mm}$ et un diamètre de $125\ \text{mm}$. Justifier le choix correct de ce vérin et définir comment réaliser effectivement un effort de serrage de $2300\ \text{N}$.

I.B.4) Qualité géométrique des points de soudure

Une des sources possibles d'erreur de position du point de soudure sur la tôle est la flexion sous charge des bras de la pince lors du serrage des tôles. On supposera que les électrodes en bout de bras peuvent glisser sur les tôles. On désire quantifier l'ordre de grandeur de cette erreur.

Le modèle de mécanique des structures d'un bras est donné sur la figure 6. La section droite de la poutre étudiée sera supposée constante et tubulaire avec un diamètre extérieur, $d_{be} = 53\ \text{mm}$ et un diamètre intérieur $d_{bi} = 19\ \text{mm}$. Le matériau choisi pour réaliser les bras est un alliage de cuivre pour lequel $R_e = 300\ \text{MPa}$ et $E = 1,1 \cdot 10^5\ \text{MPa}$.

Figure 6 : modélisation du bras inférieur



a) Calculer la contrainte normale maximale dans un bras pour $F_s = 3850$ N (effort de serrage maximal). Conclure sur le choix correct du matériau.

b) Donner l'expression littérale puis calculer la flèche au point R pour $F_s = 2300$ N (effort de serrage normal).

c) On nomme B_f la position du point B lorsque le bras est déformé. En supposant le tronçon RB non déformable, préciser la projection de $\overrightarrow{BB_f}$ qui est source d'erreur sur la position du point de soudure.

d) Calculer ce déplacement. Proposer une solution pour minimiser l'incidence de ce déplacement sur la position du point de soudure.

e) Citer d'autres sources possibles d'erreur de position du point de soudure.

I.B.5) « Conduire le courant vers les tôles à souder »

Les électrodes de soudage, placées aux extrémités des bras de la pince, sont remplacées à intervalles réguliers par un dispositif automatique géré par la baie de commande du robot. On s'intéresse maintenant à la fabrication de l'électrode placée sur le bras inférieur. Le dessin de définition de l'électrode est donné sur la figure 7a. L'usinage est réalisé sur un tour à commande numérique 2 axes, à partir d'une barre continue en cuivre de diamètre $16\ h10$. Un système d'avance automatique (embarreur) permet, lors de l'ouverture du mandrin, la sortie de la barre jusqu'à sa butée sur un plot liée à la tourelle porte-outils, celle-ci étant positionnée (instruction du programme) à une distance donnée du mandrin. Le croquis de la figure 7b définit cette phase de tournage.

a) Sur un croquis identique à celui de la figure 7b montrant l'électrode en cours d'usinage, tracer les outils utilisés pour sa réalisation en précisant leur trajectoire.

b) Nommer ces outils et donner les caractéristiques géométriques de l'outil réalisant les surfaces 2 et 3, imposées par les formes de la pièce et la cotation.

c) Tracer le repère normalisé associé au bâti du tour ainsi que la symbolisation de la mise en position isostatique géométrique.

I.B.6) Commande séquentielle de la pince

Le schéma de câblage pneumatique de la pince est donné figure 4. On souhaite écrire le grafcet de la commande de la pince au niveau des actionneurs pneumatiques et de l'alimentation électrique du transformateur. Cette pince est pilotée

par un automate programmable placé dans l'armoire de commande de la pince de soudage. Le bilan des entrées-sorties utilisées est donné ci-après.

Compensation, pince verticale demandée	c_v	$P \cdot C$	$YV6$	Alimentation chambre arrière vérin de compensation
Compensation, pince horizontale demandée	c_h		$YV7$	Sélection de la pression de compensation p_v
Soudage demandé	dcy		$YV5$	Serrage
Tige du vérin de compensation rentrée	vc_0		$KM1$	Commande d'alimentation du transformateur
Seuil de pression de compensation, pince verticale, atteint	p_v		$S3$	Fin soudage
Seuil de pression de compensation, pince horizontale, atteint	p_h			
Tige du vérin de serrage rentrée	vs_0			
Tige du vérin de serrage sortie	vs_1			
Acquittement robot fin de soudage	acq			

La situation initiale du cycle de soudage est : pince ouverte, tige du vérin de compensation en position rentrée. Le cycle de soudage se déroule de la manière suivante : dès que le bras robot a positionné la pince au niveau du point de soudure, la baie de commande du robot envoie une demande de soudage (dcy) et une position de la pince, verticale (c_v) ou horizontale (c_h) à l'armoire de commande de la pince. On admettra que la pression de compensation, pince verticale, (p_v), est supérieure à pression de compensation, pince horizontale, (p_h).

Le cycle de soudage se poursuit de la manière suivante :

- compensation du poids pour la pince (en position verticale ou horizontale) ;
- serrage ;
- passage du courant pendant un temps t_1 ;
- forgeage (maintien du serrage sans passage du courant le temps de la solidification et du début de refroidissement du point) pendant un temps t_2 ;

- ouverture de la pince ;
- mise en référence du bras de référence (tige du vérin de compensation en position rentrée) ;
- envoi du signal de fin de soudage ($S3$) à la baie du robot ;
- retour à l'étape initiale après réception du signal d'acquittement (acq) du robot.

a) Écrire le grafcet de la commande de la pince selon le point de vue de la partie commande (niveau pré actionneurs).

I.B.7) « Lier la pince à la bride du robot »

Pour faciliter l'assemblage des pinces avec la bride du robot dans un temps le plus court possible, le concepteur du site robotisé a choisi d'utiliser une platine intermédiaire liée de manière permanente à la bride du robot et sur laquelle vient s'assembler, par un système à serrage rapide, la pince de soudage au niveau d'une plaque liée de manière permanente au transformateur de soudage (nommée « plaque de fixation »).

L'étude de conception propose de définir l'assemblage de la platine intermédiaire avec la bride du robot puis l'assemblage de la pince (au niveau de la plaque de fixation) avec cette platine intermédiaire.

Assemblage de la platine intermédiaire avec la bride du robot

Le dessin de définition partiel de la bride du robot est donné figure 8. Le dessin, à échelle réduite, de la figure 9 montre la disposition de la bride du robot par rapport à la plaque de fixation.

La liaison encastrement de la platine intermédiaire avec la bride du robot est réalisée en utilisant un appui plan, un centrage dans l'alésage $\varnothing 100\text{H}8(100_0^{+0,054})$ et un indexage par une goupille lisse dans l'alésage $\varnothing 10\text{H}8(10_0^{+0,022})$, cette goupille étant solidaire de la platine intermédiaire. Le maintien en position est obtenu par 6 vis $M10$.

a) Donner la signification, au sens de la norme, de la spécification géométrique portée sur l'alésage $\varnothing 10\text{H}8$. Tracer un croquis clair de la zone de tolérance.

b) En négligeant tous les défauts de forme et d'orientation des surfaces de la bride, déterminer la variation d'entraxe possible entre l'alésage $\varnothing 10\text{H}8$ et l'alésage $\varnothing 100\text{H}8$.

c) Sur un croquis simplifié de l'extrémité de la platine intermédiaire en liaison avec la bride du robot, coter le diamètre du centreur utilisé, le diamètre de la goupille d'indexage et sa localisation par rapport au centreur, permettant un assemblage à jeu mini nul entre la platine et la bride.

Assemblage de la platine intermédiaire avec la plaque de fixation liée au transformateur

La plaque de fixation est en liaison encastrement avec le transformateur de soudage. Cette liaison ne fait pas partie de l'étude de conception. Les contraintes de la conception demandée sont (voir figure 9) :

- les dimensions extérieures (140×260) de la plaque de fixation ainsi que la position des 4 trous de passage des vis de fixation avec le transformateur ne peuvent être modifiées ;
- la bride du robot ne peut être modifiée.

d) Réaliser le dessin de conception de l'assemblage de la pince de soudage avec la bride du robot par l'intermédiaire de la platine. Ce dessin, à l'échelle $1:1$, montrera :

- les formes de la platine, de la plaque de fixation et de la bride du robot ;
- la définition de la liaison encastrement de la platine avec la bride du robot ;
- la réalisation du maintien en position de la platine sur la bride ;
- la définition de la liaison encastrement de la plaque de fixation avec la platine ;
- la réalisation du maintien en position de la platine avec la plaque de fixation permettant un montage et un démontage manuel rapide.

Ce dessin sera réalisé au crayon sur les deux pages intérieures d'une feuille de copie en :

- une demi vue de face en coupe dans le plan $(O_6, \vec{y}_6, \vec{z}_6)$ de la figure 9 ;
- une demi vue de dessus de la platine seule ;
- toutes les vues annexes permettant la définition de la solution adoptée pour le montage et le démontage rapide ;
- les ajustements seront cotés.

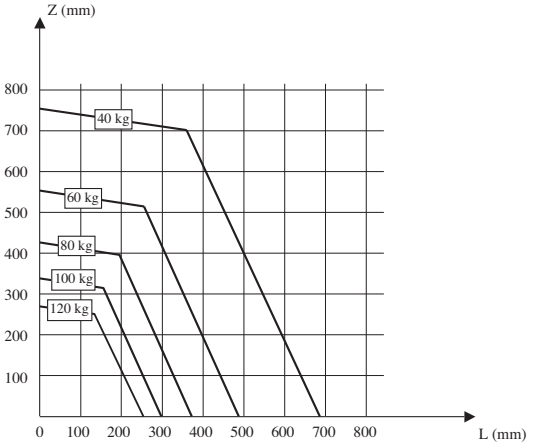
I.C - Conception du robot

Cette partie s'attache maintenant à la vérification de la possibilité d'entraînement de la pince par le robot. Le robot utilisé pour cette application de soudage est défini sur la figure 1a. Le schéma cinématique fonctionnel, limité aux solides **4**, **5** et **6** est donné sur la figure 10. La position du centre d'inertie de la pince est donnée dans $R_6(O_6, \vec{x}_6, \vec{y}_6, \vec{z}_6)$ par : $\overrightarrow{O_6G_p} = x_{G_P} \cdot \vec{x}_6 + y_{G_P} \cdot \vec{y}_6 + z_{G_P} \cdot \vec{z}_6$.

Pour déterminer si la pince de soudage liée à la bride **6** du robot peut être mise en mouvement, le constructeur fournit aux utilisateurs un « diagramme de charge » (figure 11a).

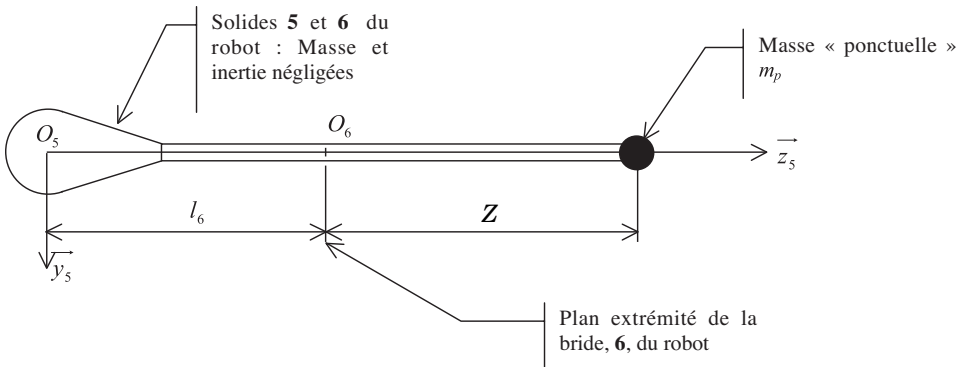
Il permet de définir, en fonction de la position du centre d'inertie de l'effecteur (pince de soudage dans ce cas) donnée par la cote Z et la distance L (avec $Z = \overrightarrow{O_6G_p} \cdot \vec{z}_6$ et $L = \sqrt{x_{G_P}^2 + y_{G_P}^2}$) la valeur possible de la masse, m_p, de cet effecteur.

Figure 11a : diagramme de charge du robot ABB IRB 6400/120 kg



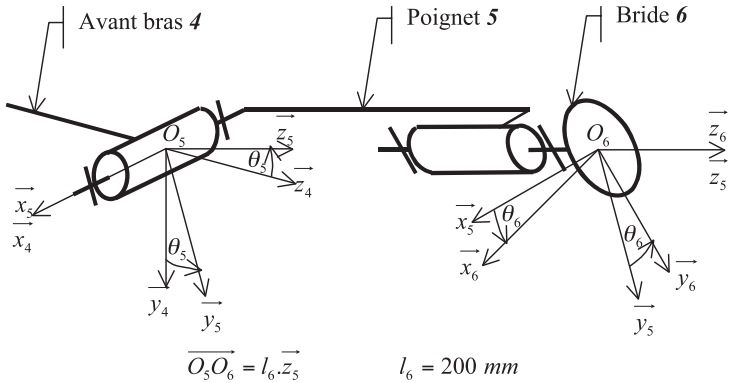
On souhaite faire une validation partielle de ce diagramme de charge. Pour cela, on n'étudiera que le mouvement du poignet **5** du robot par rapport à l'avant-bras **4**, tous les autres axes étant à l'arrêt. Dans ces conditions, le repère $R_4(O_5, \vec{x}_4, \vec{y}_4, \vec{z}_4)$ est fixe dans le repère $R_0(O_0, \vec{x}_0, \vec{y}_0, \vec{z}_0)$, lié au socle du robot et supposé galiléen. La modélisation des solides **5**, **6** et de la pince de soudage (liée à la bride **6**) est donnée sur la figure 11b. Pour cette partie, la pince est modélisée par une masse « ponctuelle », m_p.

Figure 11 b : modélisation de la charge entraînée

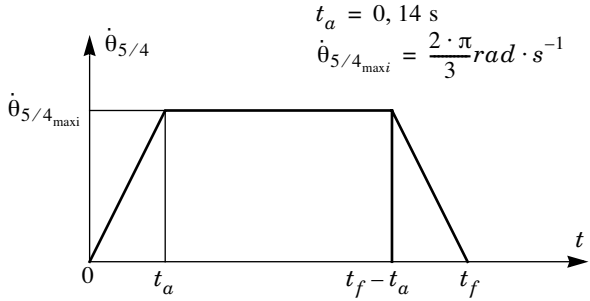


Hypothèses (voir aussi schéma cinématique figure 10) :

Figure 10 : schéma cinématique fonctionnel des axes 4, 5 et 6 du robot ABB IRB 6400



- $\overrightarrow{x_5}$ horizontal et $\overrightarrow{y_5}$ vertical descendant au début du mouvement du poignet **5** ;
- $B_5(\overrightarrow{x_5}, \overrightarrow{y_5}, \overrightarrow{z_5}) = B_6(\overrightarrow{x_6}, \overrightarrow{y_6}, \overrightarrow{z_6})$;
- $(\overrightarrow{y_4}, \overrightarrow{y_5}) = \theta_5$; $\dot{\theta}_{5/4} = \dfrac{d(\theta_5)}{dt}$; $\ddot{\theta}_{5/4} = \dfrac{d^2(\theta_5)}{dt^2}$;
- la loi de vitesse imposée de **5** par rapport à **4** est du type « loi en trapèze », et telle que ci-contre :
- les liaisons sont supposées parfaites ;
- les actions maximum des éléments de transmission sur le solide **5** sont données, en O_5 par :



$$O_5\{\mathcal{T}_{/5}\} = O_5\left\{\begin{array}{l} \vec{0} \\ \overrightarrow{C_5} = C_5 \cdot \overrightarrow{x_5} \end{array}\right\} \qquad C_5 = 1000 \text{ Nm} \quad .$$

I.C.1) Calculer $\ddot{\theta}_{5/4}$ en phase d'accélération.

I.C.2) Donner l'expression de C_5 en fonction de m_p, Z, $\ddot{\theta}_{5/4}$ et des autres paramètres, pour $\theta_5 = 0$.

I.C.3) Calculer Z pour $m_p = 120$ kg puis 100 et 40 kg .

I.C.4) Comparer ces résultats avec ceux donnés par le diagramme et proposer une justification aux écarts éventuels constatés.

On applique maintenant l'abaque de charge à la pince de soudage utilisée dans cette application. La position de son centre d'inertie est donnée par : $\overrightarrow{O_6G_p} = x_{G_P} \cdot \vec{x}_6 + y_{G_P} \cdot \vec{y}_6 + z_{G_P} \cdot \vec{z}_6$ avec $x_{G_P} = 176,5$ mm , $y_{G_P} = 35$ mm et $z_{G_P} = 148$ mm .

I.C.5) Déterminer, sur l'abaque de charge, la masse maximale possible pour cette pince.

I.C.6) Afin de pouvoir calculer le temps total du cycle de soudage, on souhaite connaître le temps nécessaire au déplacement du solide **5** dans les deux cas particuliers de déplacement suivants sur l'axe **5** :

$$\Delta\theta_5 = \frac{\pi}{2} rad \text{ puis } \Delta\theta_5 = \frac{\pi}{12} rad .$$

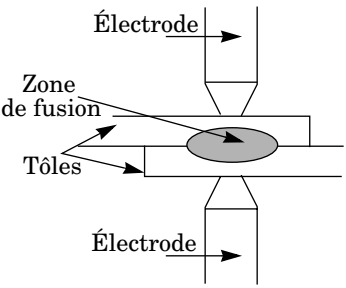
Calculer le temps, t_f , de déplacement dans ces deux cas.

I.D - Alimentation électrique de la pince de soudage

Cette partie est dédiée à l'étude de la conception du transformateur permettant l'alimentation électrique de la pince.

La description du procédé de soudage par points est donnée figure 1c. Pour obtenir la forte intensité nécessaire, on utilise un transformateur dont les caractéristiques nominales sont les suivantes : $U_{1N} = 400$ V ; $S_p = 43$ kVA ; $U_{20} = 8$ V ; $I_{2N} = 5,4$kA .

La masse du transformateur est de 29 kg . Les puissances mises en jeu et la nécessaire compacité du système nécessitent un refroidissement à l'eau tant pour le transformateur que pour les électrodes de soudage. Le débit d'eau nécessaire est de 4 litres par minute sous une pression de 6 bar .



L'objet de cette partie est de déterminer, pour des conditions de soudage données, la limitation de cadence de travail qu'impose le refroidissement du transformateur et de dimensionner le câble d'alimentation du primaire du transformateur. Pendant la phase de soudage, la charge du transformateur est constituée de l'association série des impédances du câble secondaire, de la pince et, au niveau des tôles, des résistances de contact électrode - tôle, tôle - tôle et des résistances des tôles elles-mêmes.

Données numériques :

- Pour le transformateur, en adoptant le modèle de Kapp ramené au secondaire, on a : $R_s = 160\mu\Omega$; $X_s = 120\mu\Omega$ (où R_s et X_s sont respectivement la résistance totale et la réactance totale des deux enroulements ramenées au secondaire).
- La pince présente une impédance $Z_{pin} = 180\mu\Omega$ avec un facteur de puissance (inductif) de $0,4$ et le câble l'alimentant, une impédance $Z_{cab} = 80\mu\Omega$ avec un facteur de puissance (inductif) de $0,9$.
- En ce qui concerne les différentes résistances évoquées, dans les conditions du soudage la résistance de contact tôle - tôle est la plus importante à froid. Cette résistance diminue rapidement avec l'élévation de température. Par contre les tôles, de coefficient de température positif, voient leur résistance augmenter de manière très importante, notamment dans les zones de température les plus élevées. On supposera la somme de ces résistances constante et égale à $R_{tol} = 230\mu\Omega$.

I.D.1) Choix de l'effort de compression

L'élévation de cet effort diminue la résistance de contact tôle - tôle qui, de ce fait, devient moins importante par rapport aux autres résistances (résistances de contact électrode - tôle et résistance des tôles elles-mêmes).

Vous paraît-il intéressant que la résistance de contact tôle - tôle reste plus importante que les autres résistances ? Justifier votre réponse.

I.D.2) Courant de soudage

Déterminer, pendant le soudage, les valeurs efficaces I_2 du courant secondaire et U_2 de la tension secondaire du transformateur lorsque $U_1 = 400$ V. Pourquoi n'est-il pas choquant que la valeur I_2 soit ici supérieure à I_{2N} ?

I.D.3) Facteur de marche

On appelle facteur de marche d'un transformateur ayant une utilisation intermittente périodique,

le terme $X\%$ défini par : $X\% = \dfrac{\text{durée de soudage}}{\text{durée d'un cycle}} \cdot 100$.

La durée d'un cycle est le temps entre le début d'un soudage et le début du soudage suivant. Le transformateur n'est alimenté que pendant la durée de soudage notée T_s (On donne $T_s = 200$ ms). On notera T_c la durée d'un cycle.

Le courant $i_2(t)$ est donc sinusoïdal pendant la durée de soudage T_s et a, pendant cette durée, la valeur efficace I_2 calculée dans la question précédente, il est nul entre deux soudages.

a) Soit $\boldsymbol{I_{2p}}$ la valeur efficace du courant $\boldsymbol{i_2(t)}$ calculée sur la durée $\boldsymbol{T_c}$, donner la relation liant I_2, I_{2p} et $X\%$.

b) Sachant qu'on limite le courant I_{2p} à la valeur I_{2N}, déterminer le facteur de marche maximal du robot de soudage et en déduire la cadence maximale de soudage exprimée en nombre de soudures à l'heure (notée CS).

I.D.4) Détermination de l'impédance maximale du câble d'alimentation primaire

a) En négligeant le courant magnétisant, déterminer le courant primaire du transformateur pendant le soudage.

b) Sachant que le bon fonctionnement du système nécessite de limiter la chute de tension dans le câble d'alimentation du primaire à $20\ \text{V}$, déterminer l'impédance maximale de ce câble.

(Voir figures pages 9 à 12)

Figure 1a : Robot ABB IRB 6400 R

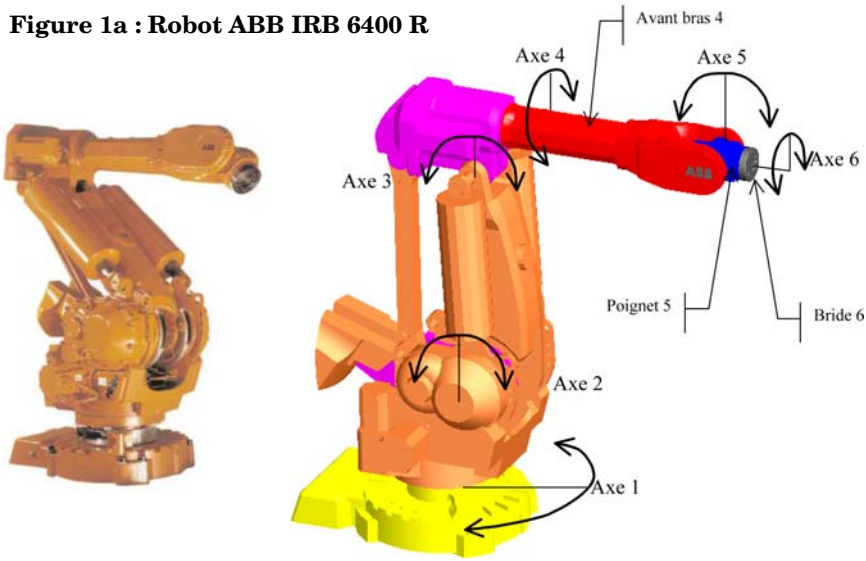
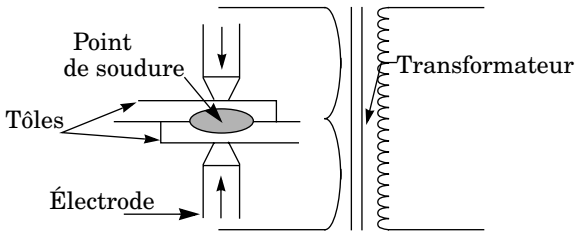


Figure 1c : notions élémentaires sur le soudage par points



Un point de soudure est obtenu en serrant deux tôles minces entre les électrodes de la pince de soudage et en faisant passer un courant de forte intensité (compris entre 5000 et 20 000 A) sous une faible tension (8 V). La fusion intervient à l'interface des deux tôles et il se forme, après refroidissement un noyau soudé : point de soudure.

La séquence de soudage se déroule de la façon suivante :

- serrage des tôles par les bras de la pince de soudage ;
- passage du courant jusqu'à la fusion locale à l'interface des deux tôles ;
- augmentation de l'effort de serrage pendant la solidification du point de soudure (c'est la phase dite de « forgeage du point ») ; ceci permettant d'éviter l'apparition de « criques » lors du retrait du métal ;
- ouverture de la pince.

Pendant toute cette séquence, les bras de la pince ainsi que les électrodes sont refroidis par une circulation d'eau.

Figure 1 b : dessin d'ensemble partiel de la pince de soudage

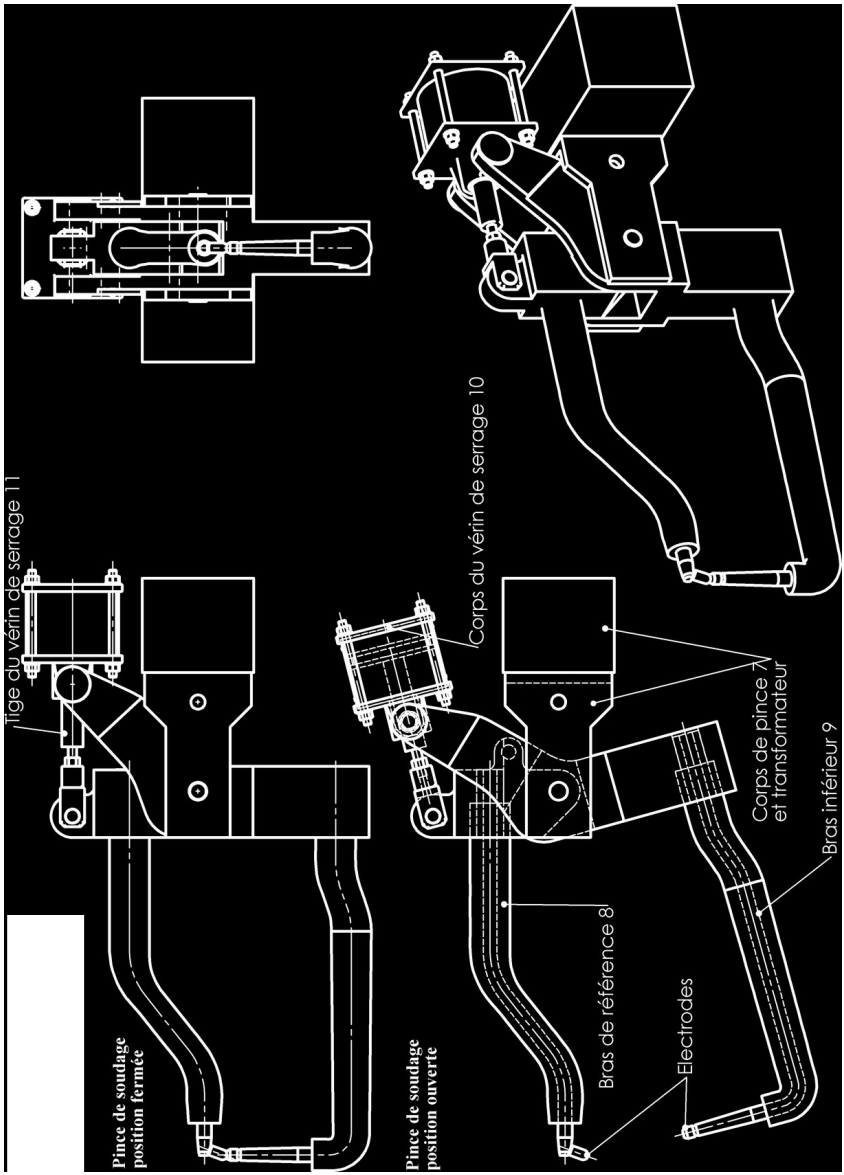


Figure 2 : diagramme FAST partiel

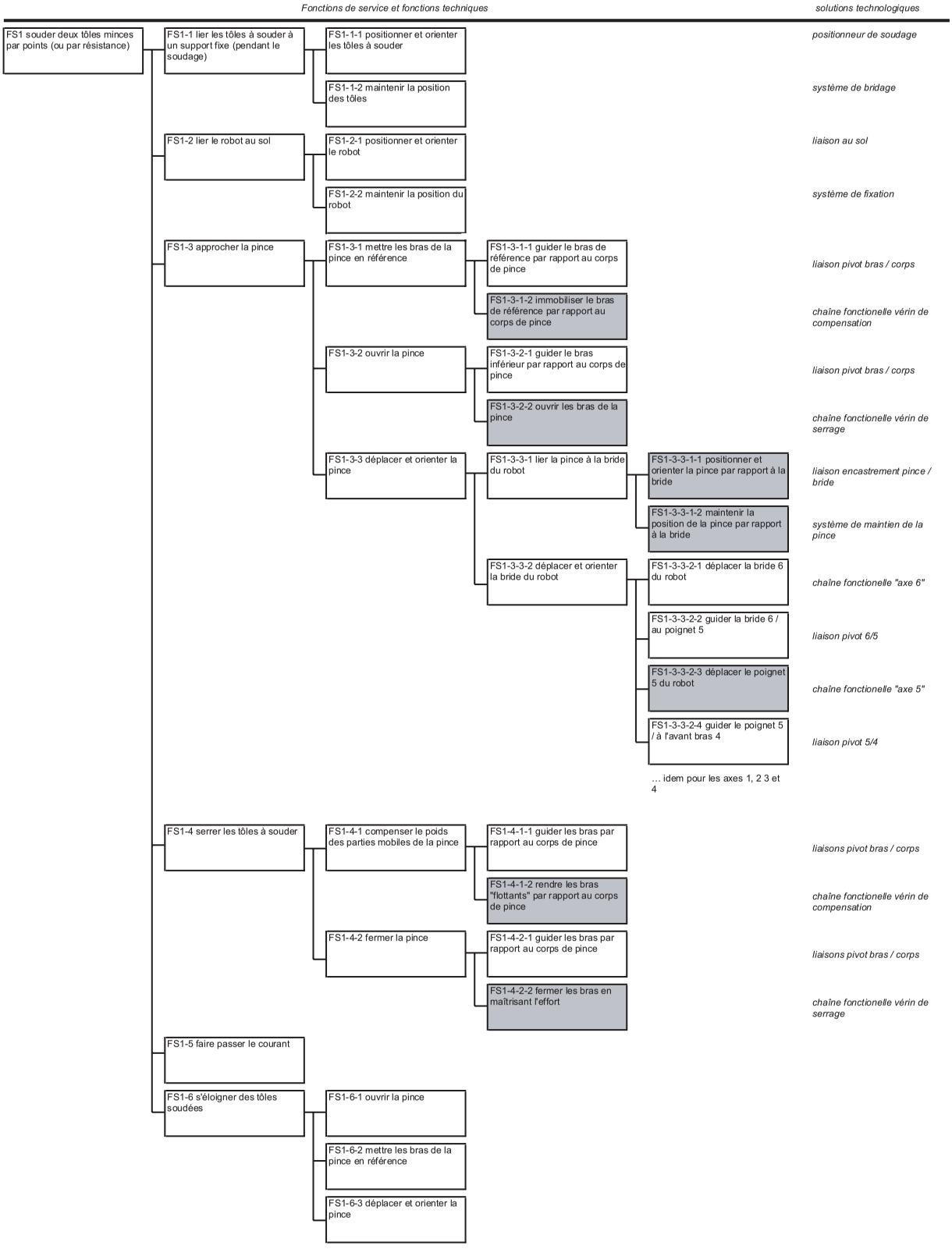
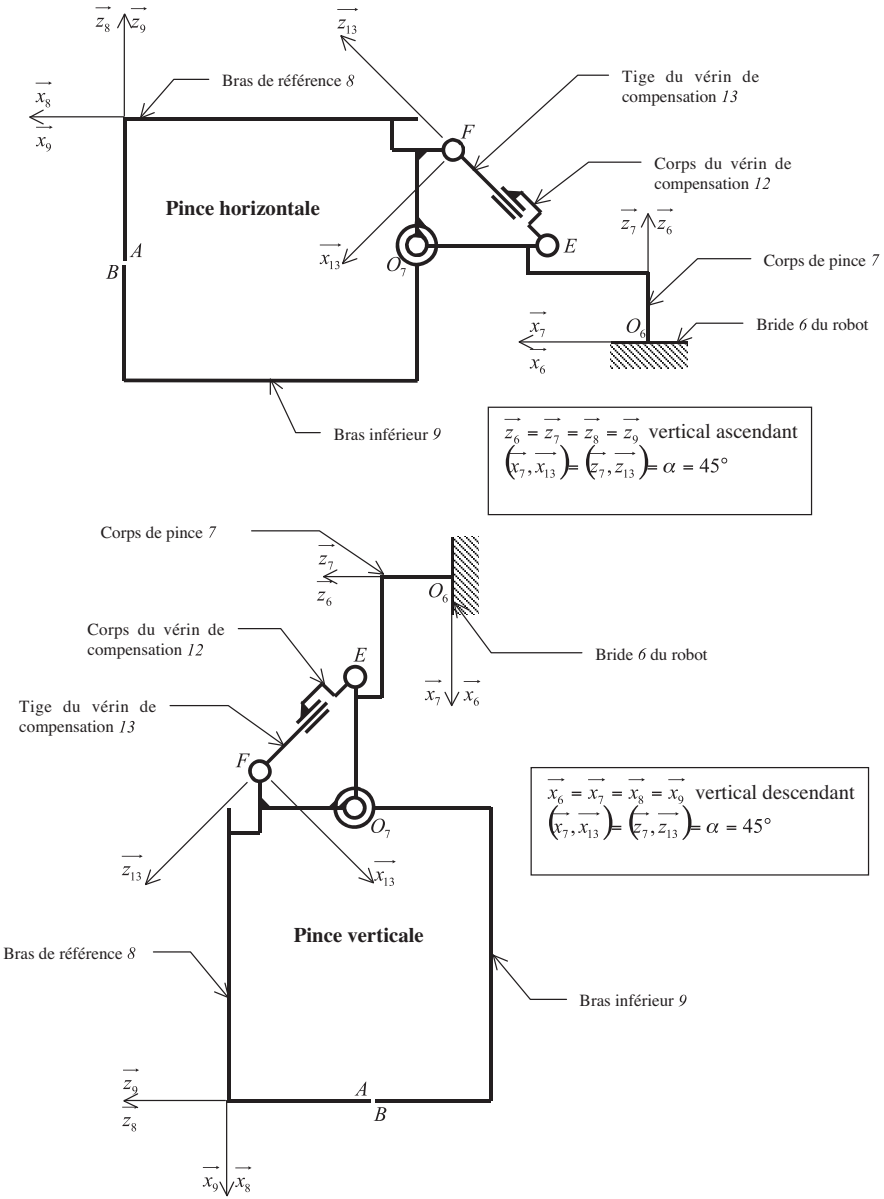


Figure 5 : schéma partiel montrant les postures pour la compensation



gure 7a : dessin de définition de l'électrode de so

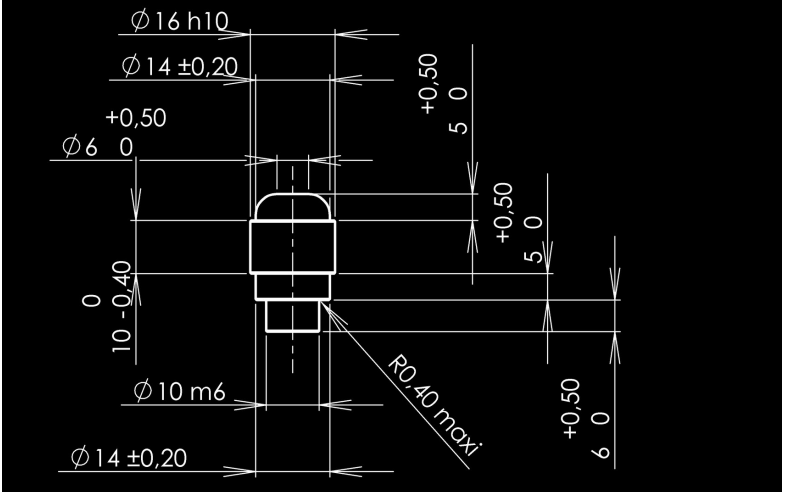
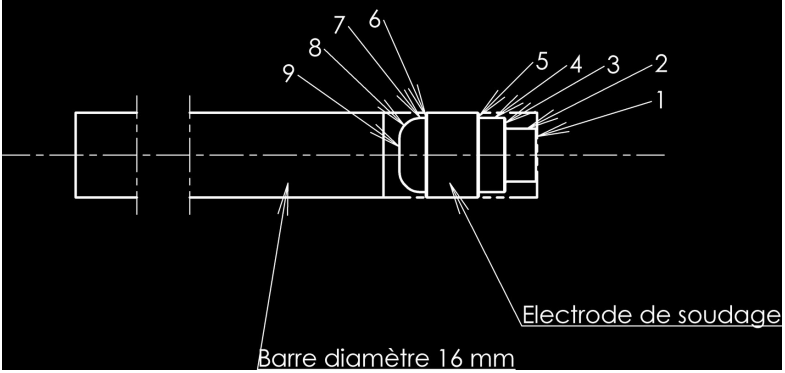


Figure 7 b : tournage de l'élect



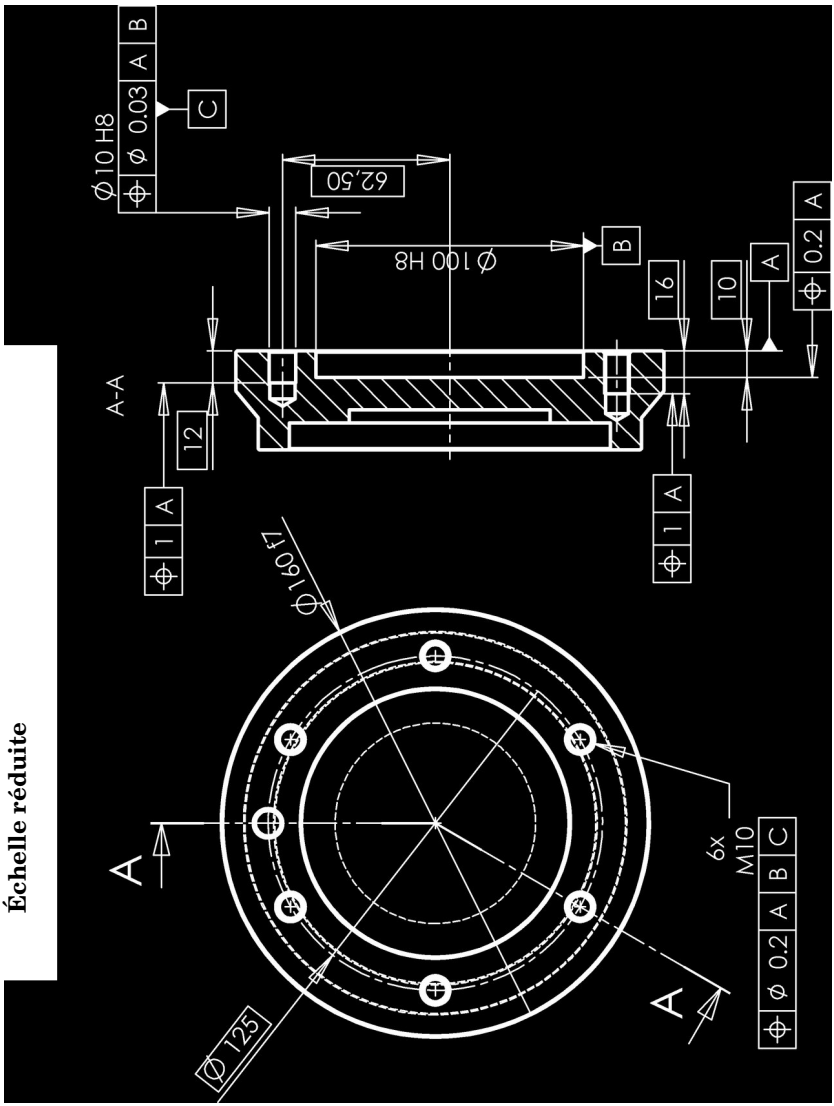
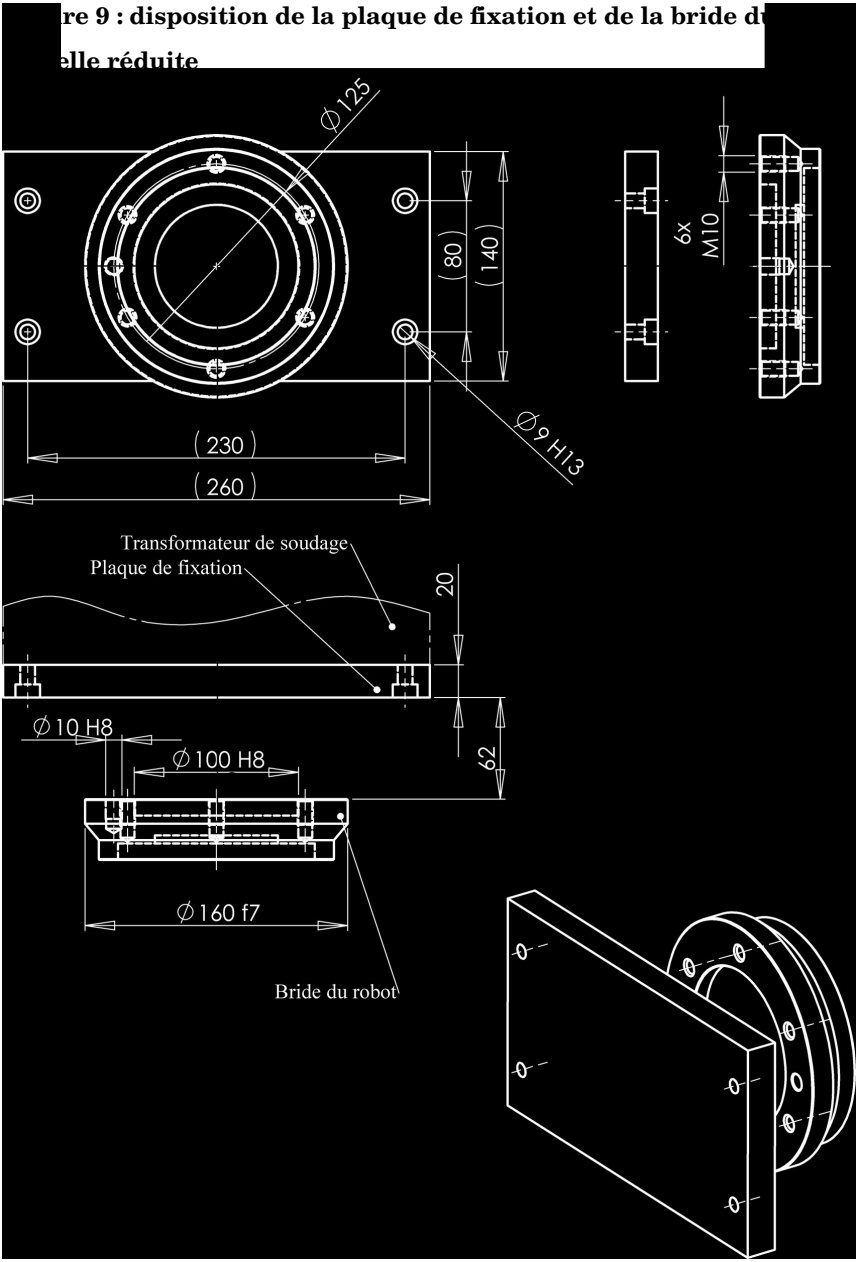


Figure 8 : dessin de définition partiel de la bride du robot

Échelle réduite

re 9 : disposition de la plaque de fixation et de la bride d
elle réduite



Travailler les chapitres de ce su

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

Ouvrir l'essai gratuit

Scanne le code ou clique sur le bou

, exigences et

prepahelp.com/#essai

ipe fondamental et

Une question sur le concours ou sur

nes : composition des

écrire sur WhatsApp

tuel, lois entrée-sortie et fermetures

- Architecture fonctionnelle et structurelle : chaînes d'information et de puissance

Les annales et leurs corrigés sur prepahelp.com/annales/centrale/tsi

- Dynamique des systèmes de solides : principe fondamental, stratégie d'isolement, équilibrage
- Cinétique : torseurs cinétique et dynamique, énergie cinétique, inertie équivalente

- Géométrie des masses : centre d'inertie, matrice d'inertie, théorème de Huygens