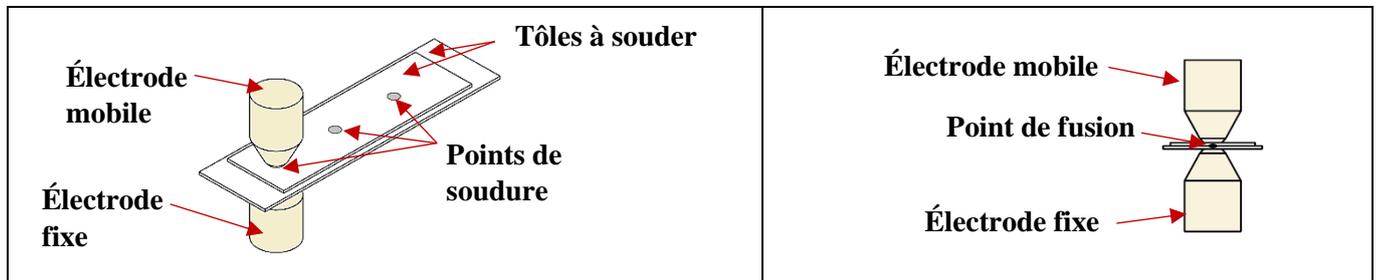


I. Introduction

Le soudage par points est une technique utilisée pour assembler des tôles (conductrices du courant électrique) de même matériau ou de matériaux différents possédant des températures de fusion et des épaisseurs similaires ou très proches.

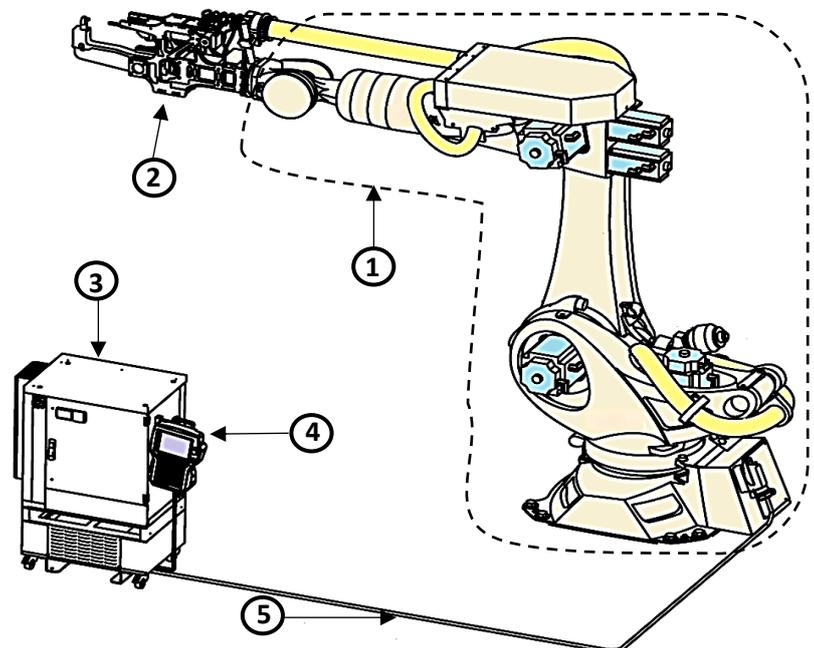
Cette technique consiste à serrer les tôles à assembler, l'une contre l'autre entre deux électrodes en cuivre, au moyen de circuit hydraulique, pneumatique ou électromécanique, puis les faire traverser par un courant de très forte intensité (500 à 150000 Ampères), sous une très faible tension (1 à 30 Volts, continue ou alternative) pendant une durée déterminée (5 ms à 3 secondes suivant la résistivité et l'épaisseur des tôles à souder), jusqu'à la création d'un point de fusion (voir figure ci-dessous). Les électrodes sont refroidies à l'eau.



Pour réaliser un très grand nombre de points de soudure sur des tôles, à des points précis, les entreprises sont équipées de robots industriels de soudage par points qui permettent **d'assembler automatiquement des tôles par application de points de soudure.**

Le robot de soudage par points, support de cette épreuve, possède un système articulé semblable à un bras humain (voir description en **DRES 01** et **DRES 02**). Ce bras manipulateur s'articule sur plusieurs axes, il est muni d'une tête de soudage par points : c'est l'organe effecteur (Exemple figure ci-dessous).

Réf.	Désignation
1	Bras manipulateur six axes
2	Tête de soudage par points
3	Contrôleur
4	Boîtier de programmation portable
5	Câble de liaison

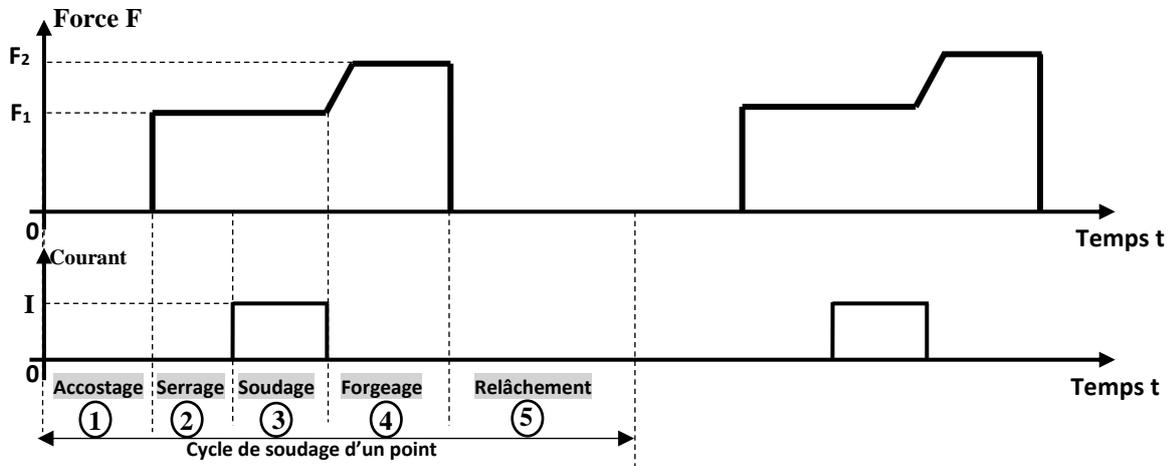


II. Cycle de soudage d'un point

Les figures ci-dessous décrivent le cycle de soudage d'un point qui se déroule en 5 phases :

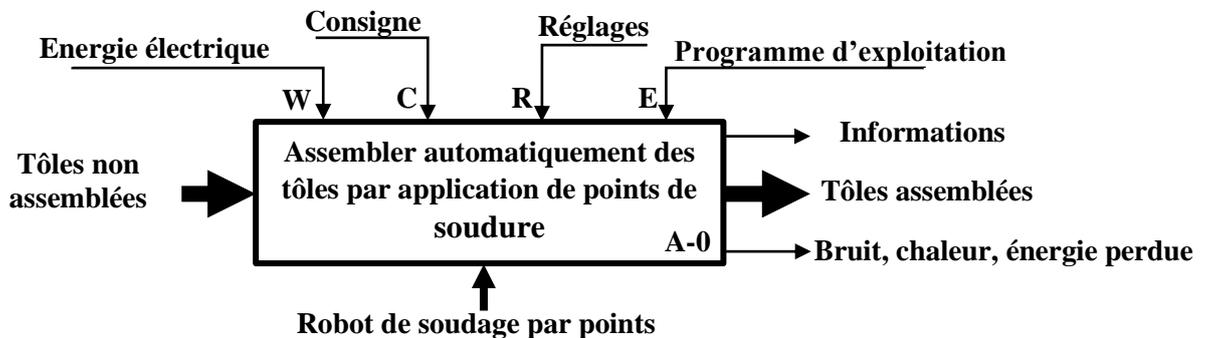
Phase 1	Phase 2	Phase 3	Phase 4	Phase 5
Accostage : Positionner les électrodes.	Serrage : Saisir et maintenir les tôles.	Soudage : Faire circuler un courant électrique.	Forgeage* : Appliquer une force importante.	Relâchement : Écarter les électrodes

*Forgeage (Verbe forger) : Opération qui consiste à donner une forme, à chaud ou à froid, à un métal sous l'action d'une force F



III. Présentation du robot de soudage par points

- **Architecture :** Voir documents ressources DRES 01 et DRES 02 ;
- **Diagramme FAST :** Voir document ressources DRES 03 ;
- **Actigramme A-0 :** figure ci-dessous.



IV. Fonctionnement du robot de soudage par points

Les opérations de mise en place et de fixation des tôles sur la plateforme de soudage sont effectuées manuellement par l'opérateur.

Le cycle de soudage des tôles (mouvements du bras manipulateur et fonctions de commande de la tête) est contrôlé par programme d'une façon automatique.

V. Situations d'évaluation

SEV 1 : Analyse fonctionnelle et étude de la transmission de puissance [24 points]

A. Analyse fonctionnelle

Tâche1 : Application de quelques outils de l'analyse fonctionnelle

À partir des paragraphes précédents et des documents ressources **DRES 01**, **DRES 02** et **DRES 03** :

- Question : 1.** Exprimer le besoin à satisfaire en complétant le diagramme « *bête à cornes* ». [1,5 pt]
- Question : 2.** Préciser la matière d'œuvre *entrante* et la matière d'œuvre *sortante*. [1pt]
- Question : 3.** Pour le cas d'assemblage de deux tôles (**tôle 1** et **tôle 2**), compléter le diagramme « *pieuvre* » à partir de la liste des fonctions de service. [3,5 pts]

B. Étude de la transmission de puissance

Tâche 2 : Vérification de la vitesse angulaire du poignet

Le constructeur annonce que la vitesse angulaire ω_{A5} suivant l'axe **A5** ne doit pas dépasser **258 °/s**.

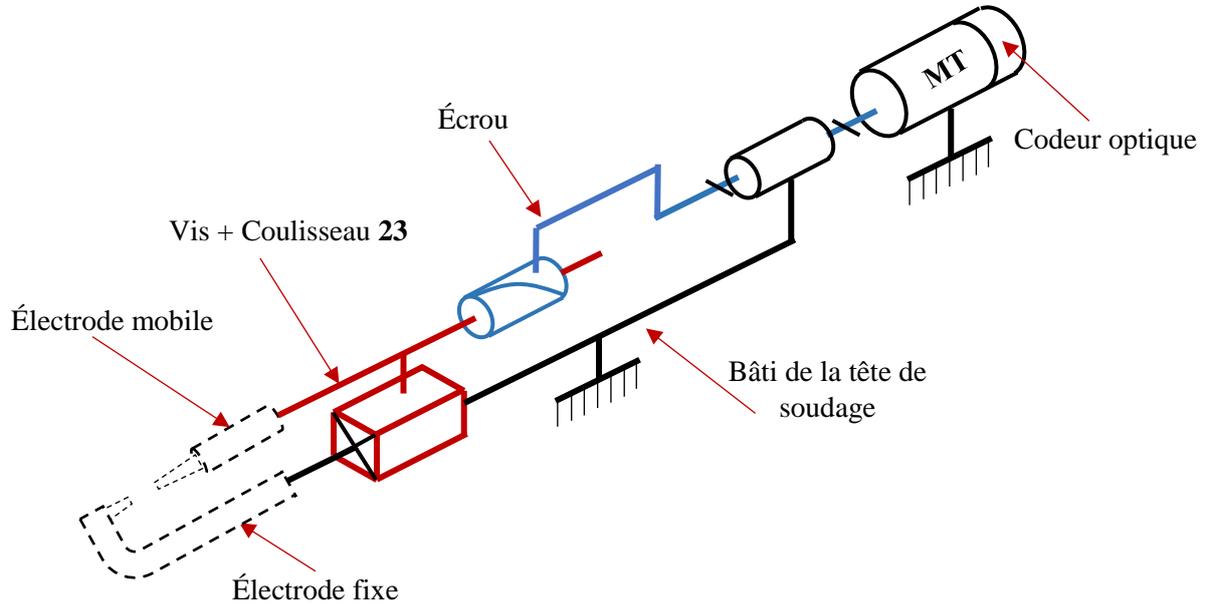
En vue de valider cette donnée, répondre aux questions suivantes en se référant :

- A la **figure 1** du document ressource **DRES 01** ;
- Au **schéma cinématique** et à la **nomenclature** (document ressource **DRES 02**) ;
- Au **schéma synoptique** avec ses **données** correspondantes (document ressource **DRES 02**).

- Question : 4.** À partir de la liste fournie, choisir le nom de chacun des éléments du bras manipulateur et l'inscrire dans la zone qui lui correspond. [1,5 pt]
- Question : 5.** Compléter le tableau en indiquant par une croix (X) le ou les degrés de liberté pour chaque liaison. [1,5 pt]
- Question : 6.** Quel est le type des courroies **75** et **78** utilisées dans le schéma cinématique ? Citer le principal avantage de son utilisation dans le robot. [1pt]
- Question : 7.** Calculer le rapport global de transmission **Kg** de la chaîne de transmission entre **M5** et **79** ($Kg = \frac{N_{79}}{N_{M5}}$). [2pts]
- Question : 8.** Sachant que $N_{M5} = 1500 \text{ tr/min}$, Calculer N_{79} . [1pt]
- Question : 9.** Est-ce que cette valeur de N_{79} correspond à la vitesse angulaire (**258 °/s**) annoncée par le constructeur du robot de soudage suivant l'axe **A5** ? Justifier. [1,5 pt]

Tâche 3 : Vérification du déplacement de l'électrode

On donne ci-dessous le schéma cinématique de la tête de soudage.



Le constructeur du robot de soudage annonce que la précision du déplacement de l'électrode mobile ne dépasse pas **0,01 mm**. En vue de vérifier cette déclaration, on vous demande de répondre aux questions suivantes.

Données :

- Système vis-écrou : Pas $p = 5 \text{ mm}$.
- Moteur **MT** : Vitesse $N_{MT} = 1500 \text{ tr/min}$.
- Codeur optique incrémental : Nombre de points $N_p = 512 \text{ points}$.
- L'électrode mobile est solidaire du **coulisseau 23**.

Question : 10. Quelle est la nature du mouvement des constituants du système **Vis-écrou** ? [1 pt]

Question : 11. Pour 1 tour du moteur **MT**, quelle est la valeur dp (en **mm**) du déplacement de l'électrode mobile ? [2 pts]

Question : 12. Pour une rotation du moteur **MT** de $n = \frac{1}{512}$ tour, calculer la valeur dp' (en **mm**) du déplacement de l'électrode mobile. [2 pts]

Question : 13. Est-ce que la précision p annoncée par le constructeur est respectée ? Justifier [1 pt]

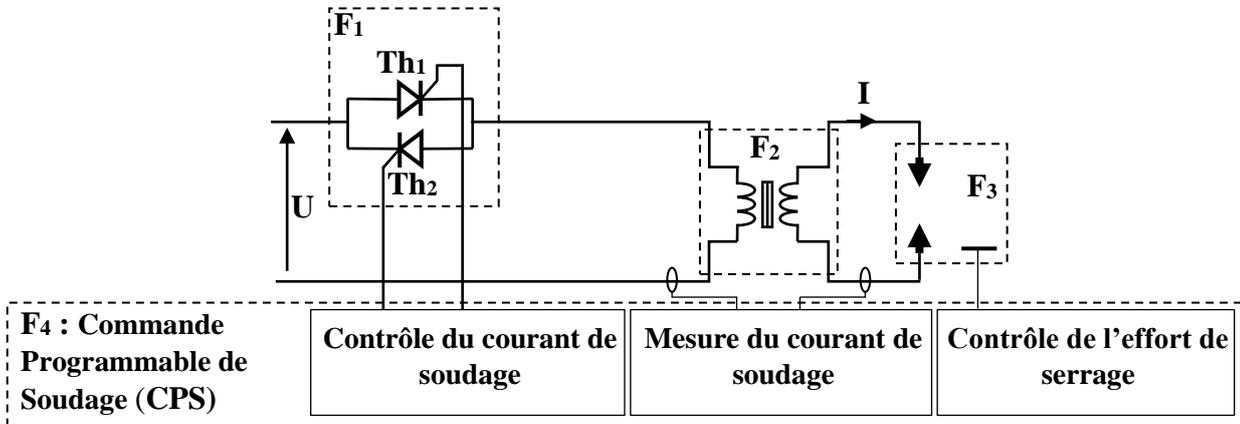
Tâche 4 : Travail graphique

Question : 14. Compléter le dessin du coulisseau 23 en : Vue de droite en coupe **A-A** (représenter les traits cachés) [3,5 pts]

SEV 2 : Étude énergétique [26 points]

A. ETUDE DU CIRCUIT ELECTRIQUE DE SOUDAGE

La structure matérielle du circuit électrique de soudage à 50 Hz est représentée sur la figure ci-dessous.



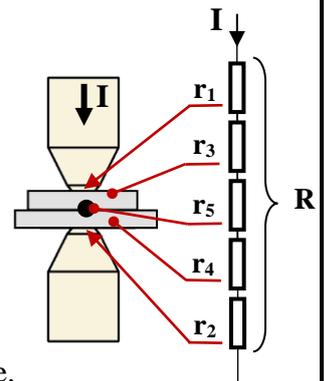
Cette structure comprend :

- L'alimentation électrique : $U = 400 \text{ V}$ prise entre 2 phases ;
- Le modulateur d'énergie (F_1) : gradateur monophasé à thyristors ;
- Le transformateur de soudage (F_2) dont les paramètres sont donnés ci-dessous :
 - Valeur efficace de la tension primaire $U_1 = 400 \text{ V}$;
 - Valeur efficace de la tension secondaire à vide $U_{20} = 13,5 \text{ V}$;
 - L'intensité du courant secondaire ponctuellement admissible lors des essais (électrodes serrées) $I_{2cc} = 23 \text{ kA}$.
- Les électrodes (F_3) : Une électrode fixe et une électrode mobile ;
- La Commande Programmable de Soudage « CPS » (F_4) ; elle gère le réglage des intensités de soudage, le cycle de soudage, l'effort de serrage, les informations de contrôle et de surveillance des défauts et la communication avec le robot de soudage.

Tâche 1 : Modélisation de la zone traversée par le courant de soudage

La résistance R entre électrodes (F_3) se décompose en cinq éléments :

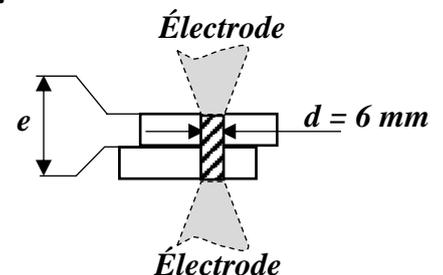
- $r_1 = r_2$: résistances des contacts des électrodes sur les tôles ;
- $r_3 = r_4$: résistances ohmiques des tôles en fer ;
- r_5 : résistance du contact entre les deux tôles.



Le courant I est généré par un générateur de courant constant dont la valeur est réglée.

On suppose que (voir figure ci-contre) :

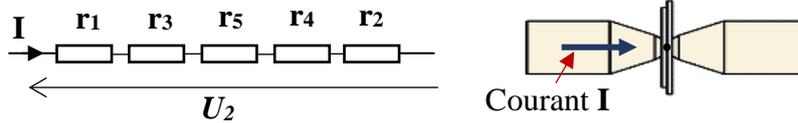
- La totalité du courant I circule dans un tube de métal de diamètre $d = 6 \text{ mm}$.
- L'épaisseur d'une tôle $e = 2 \text{ mm}$.
- Le courant I , réglé à 10 kA , est généré pendant une durée de 10 ms .
- La résistivité du fer $\rho = 140 \cdot 10^{-9} \text{ } \Omega \cdot \text{m}$ (valeur tenant compte de la variation importante de la température pendant l'échauffement).



Par application de la relation $R = \rho \cdot \frac{L}{S}$; avec ρ la résistivité du métal en $\Omega \cdot m$, L la longueur en mètre et S la section en m^2 :

Question : 15. Calculer la valeur de la résistance ohmique r_3 , en $\mu\Omega$, de la tôle en fer pendant l'échauffement. [2 pts]

Pour : $r_1 = r_2 = 20 \mu\Omega$; $r_3 = r_4 = 10 \mu\Omega$; $r_5 = 200 \mu\Omega$



Le courant I est réglé à 10 kA

Question : 16. Calculer la valeur efficace de la tension U_2 à appliquer entre les électrodes. [2 pts]

Question : 17. Calculer l'énergie électrique E en Joules transformée par la résistance r_5 de contact pendant une impulsion de 10 ms. [2 pts]

Tâche 2 : Modélisation de l'ensemble transformateur (F2)

La modélisation du transformateur (F2) s'effectue à partir de relevés lors :

- D'un essai à vide sous tension primaire nominale ;
- D'un essai en court-circuit (électrodes serrées sans tôles).

► Essai à vide	► Essai en court-circuit (électrodes serrées sans tôles)
$U_1 = 400 \text{ V}$, $U_{20} = 13,5 \text{ V}$	$U_1 = 400 \text{ V}$, $I_{2cc} = 23 \text{ kA}$

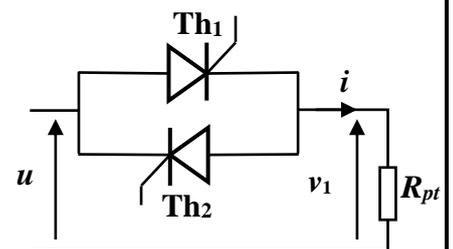
Question : 18. Calculer le rapport de transformation m . [1 pt]

Question : 19. Calculer l'impédance équivalente Z_s vue du secondaire du transformateur en $m\Omega$. [2 pts]

Question : 20. En déduire l'impédance Z_p (en Ω), du modèle équivalent de l'impédance Z_s , ramenée au primaire du transformateur. [2 pts]

Tâche 3 : Étude du gradateur (F1)

On donne le schéma du gradateur monophasé débitant sur le primaire du transformateur considéré comme une charge résistive pure R_{pt} (effet de l'inductance négligé). Les thyristors sont amorcés avec un retard angulaire $\alpha = \omega \cdot t_0$ par rapport aux passages à 0 de la tension $u(t)$. On donne $U = 400 \text{ V}$ et $R_{pt} = 0,73\Omega$.



Question : 21. Tracer le chronogramme de la tension $v_1(t)$ aux bornes de la résistance R_{pt} pour $\alpha = \frac{\pi}{2}$ et indiquer les intervalles de conduction des deux thyristors Th_1 et Th_2 . [3 pts]

Question : 22. Sachant que $V_{Ieff} = U \sqrt{\left(1 - \frac{\alpha}{\pi}\right) + \frac{\sin 2\alpha}{2\pi}}$, calculer la valeur efficace I_{eff} de $i(t)$ pour $\alpha = \frac{\pi}{2}$, [2 pts]

B. ÉTUDE DU MOTEUR M6

La tête peut réaliser un tour complet autour de son axe. Son entraînement en rotation est effectué par un moteur **M6** « pas à pas » à travers un réducteur.

Les caractéristiques du moteur pas à pas sont les suivantes :

- Quatre phases **A B C D** ;
- Angle par pas : **1,8°** ;
- Alimentation : **V = 12 V** ;
- Résistance par phase : **r = 12 Ω** ;
- Inductance par phase : **l = 56 mH**.



Le schéma de câblage du moteur et les chronogrammes de sa commande sont représentés ci-dessous.

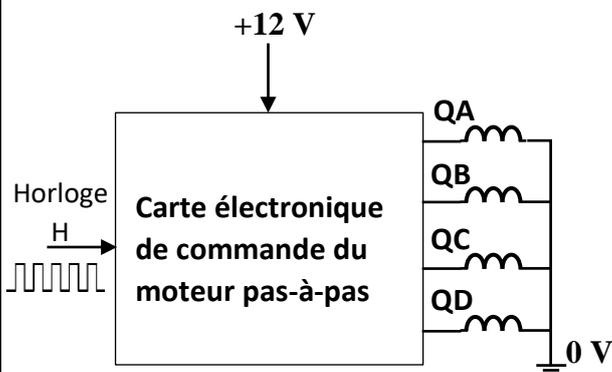
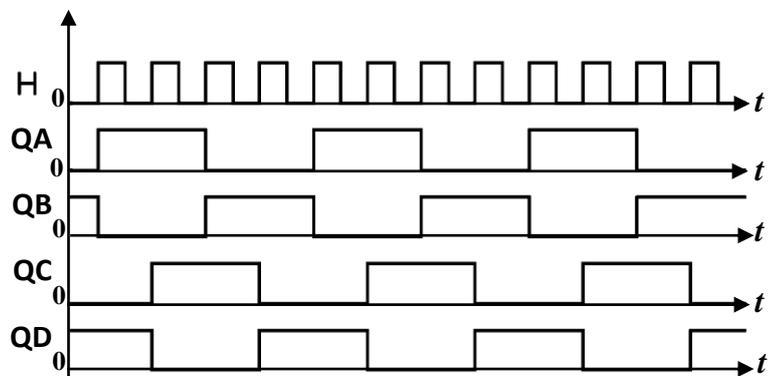


Schéma de câblage



chronogrammes de commande

Question : 23. Quel est le mode de commande utilisé pour ce moteur : 'mode pas entier' ou 'mode demi-pas' ? Justifier votre réponse. [2 pts]

Question : 24. Calculer le nombre de pas N_{PT} pour un tour complet de son axe. [2 pts]

Question : 25. Calculer le courant I_a d'alimentation par phase (effet de l'inductance négligé). [2 pts]

Sachant que l'horloge **H** a une fréquence $f_H = 300 \text{ Hz}$:

Question : 26. Déterminer la durée t (en s) d'un tour de l'axe du moteur. [2 pts]

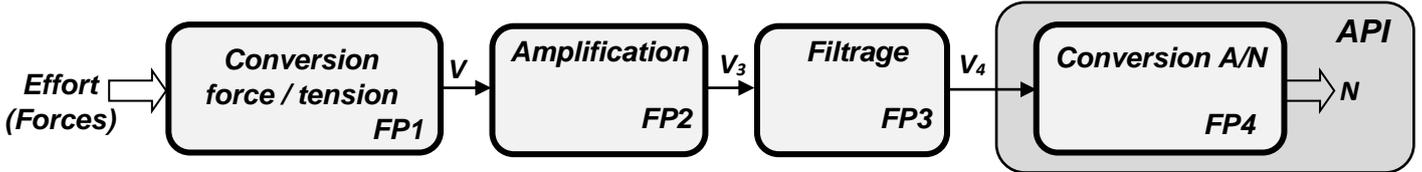
Question : 27. En déduire la vitesse de rotation n (en **tr/min**) de l'axe du moteur. [2 pts]

SEV 3 : Etude de la chaîne d'information [30 points]

A. ETUDE DE LA CHAÎNE D'ACQUISITION DES FORCES DE SERRAGE ET DE FORGEAGE

Si l'effort exercé par les électrodes sur les tôles n'est pas respecté, la qualité des soudures sera médiocre. Un contrôle des forces de serrage et de forgeage est donc indispensable.

Ci-dessous, le schéma fonctionnel de la chaîne de mesure des forces exercées sur les tôles :



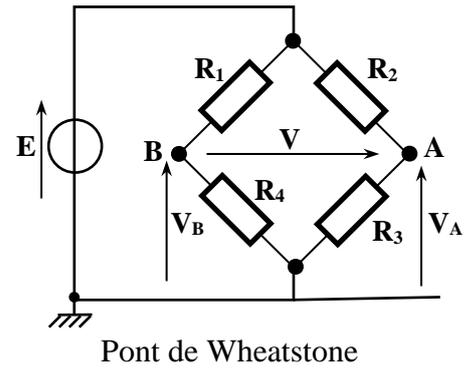
Tâche 1 : Étude de la fonction FP1

La mesure des forces de serrage et de forgeage se fait à l'aide d'un capteur de force à jauges d'extensométrie (voir image ci-contre).



Ce capteur comporte 4 jauges de contrainte identiques montées en pont de Wheatstone (figure ci-contre).

- R_1 et R_3 : Jauges qui travaillent en extension, avec :
 $R_1 = R_3 = R_0 + \Delta R$ avec R_0 : résistance au repos.
- R_2 et R_4 : Jauges qui travaillent en compression, avec :
 $R_2 = R_4 = R_0 - \Delta R$ avec R_0 : résistance au repos.
- La variation relative $\frac{\Delta R}{R_0}$ de la résistance d'une jauge est liée à l'effort F par la relation : $\frac{\Delta R}{R_0} = K \times F$ avec $K = 4.10^{-7} N^{-1}$.



Question : 28. Exprimer les tensions V_A et V_B en fonction de E , R_0 et ΔR . [2 pts]

Question : 29. Montrer alors que : $V = E \frac{\Delta R}{R_0}$. [1 pt]

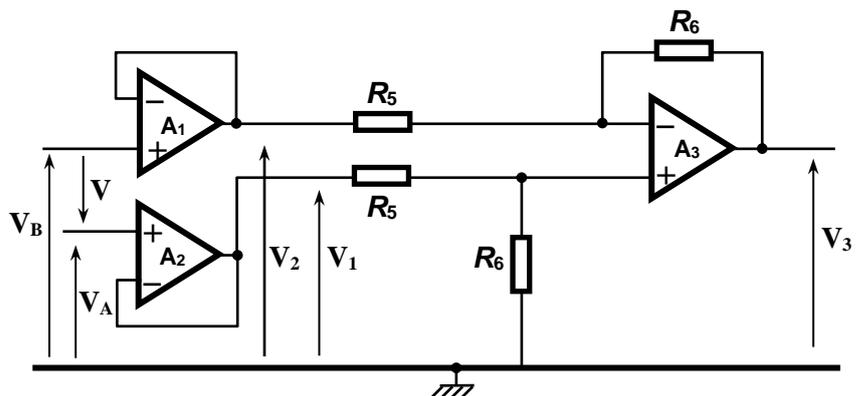
Question : 30. En déduire l'expression de V en fonction de F (prendre $E = 10 V$). [1 pt]

Question : 31. Quelle est alors la valeur de la sensibilité s du capteur en $\mu V/N$? [1 pt]

Question : 32. Calculer la valeur V_{MAX} de V qui correspond à l'effort maximal $F_{Max} = 2500 N$. [1 pt]

Tâche 2 : Étude de la fonction FP2

Le schéma de l'étage FP2 est donné ci-contre, les amplificateurs opérationnels (A_1 à A_3) sont supposés parfaits.



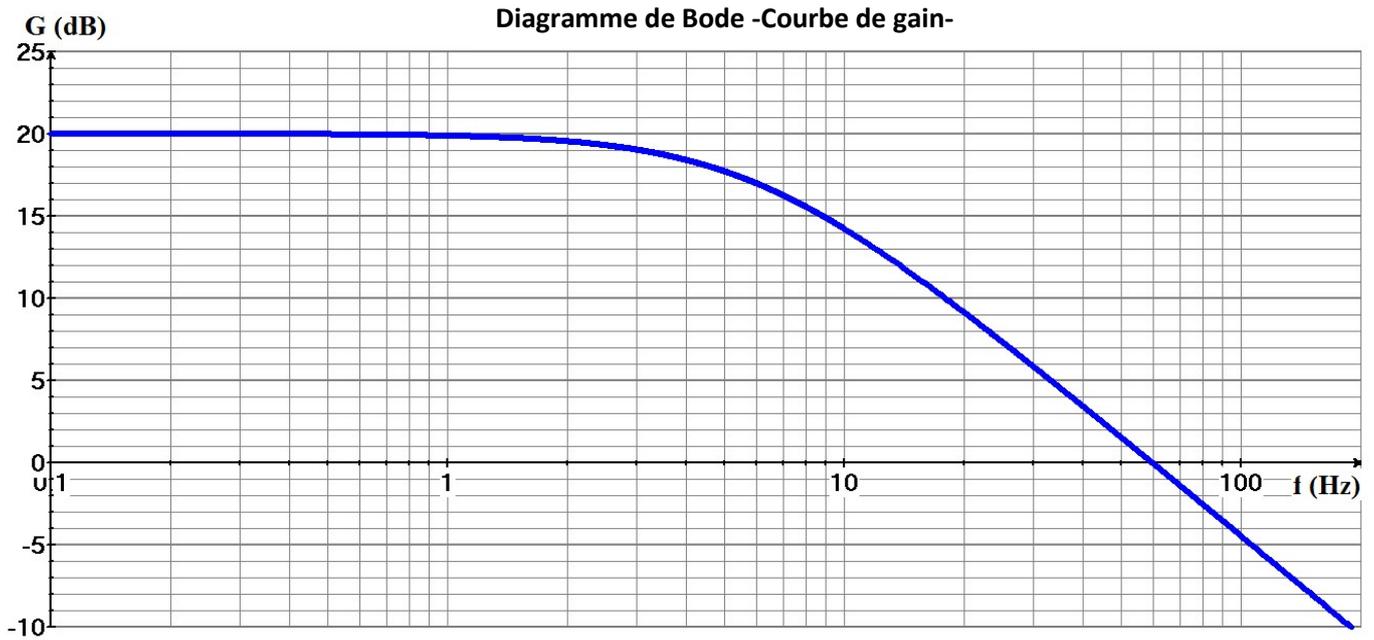
Question : 33. Quel est le rôle des amplificateurs opérationnels A_1 et A_2 montés en suiveurs ? [1 pt]

Question : 34. Sachant que $V = V_1 - V_2$, Montrer que $V_3 = \frac{R_6}{R_5} \cdot V$ [4 pts]

Question : 35. On donne $R_6 = 100 \text{ k}\Omega$. Calculer R_5 pour obtenir $V_3 = 0,5 \text{ V}$ lorsque $F = 2500 \text{ N}$. [2 pts]

Tâche 3 : Etude de la fonction FP3

Afin d'atténuer les perturbations électromagnétiques dues au secteur, le signal V_3 est appliqué à un filtre dont la courbe de gain est donnée ci-dessous.



On suppose que la perturbation peut être considérée comme un signal sinusoïdal de fréquence $f = 50 \text{ Hz}$ et que le signal utile est un signal à faible variation ($f \approx 0 \text{ Hz}$).

Question : 36. Relever sur la courbe : Le gain maximal G_{MAX} et la fréquence de coupure f_0 à -3dB . [3 pts]

Question : 37. De quel type de filtre s'agit-il (passe-bas, passe-haut ou passe-bande) ? [1 pt]

Question : 38. Calculer l'amplification $A = \frac{V_4}{V_3}$ pour $f = 0 \text{ Hz}$ sachant que $G = 20 \text{ dB}$ pour $f = 0 \text{ Hz}$. [2 pts]

Question : 39. En déduire la valeur de V_4 lorsque $V_3 = 0,5 \text{ V}$. [1 pt]

Tâche 4 : Etude de la fonction FP4

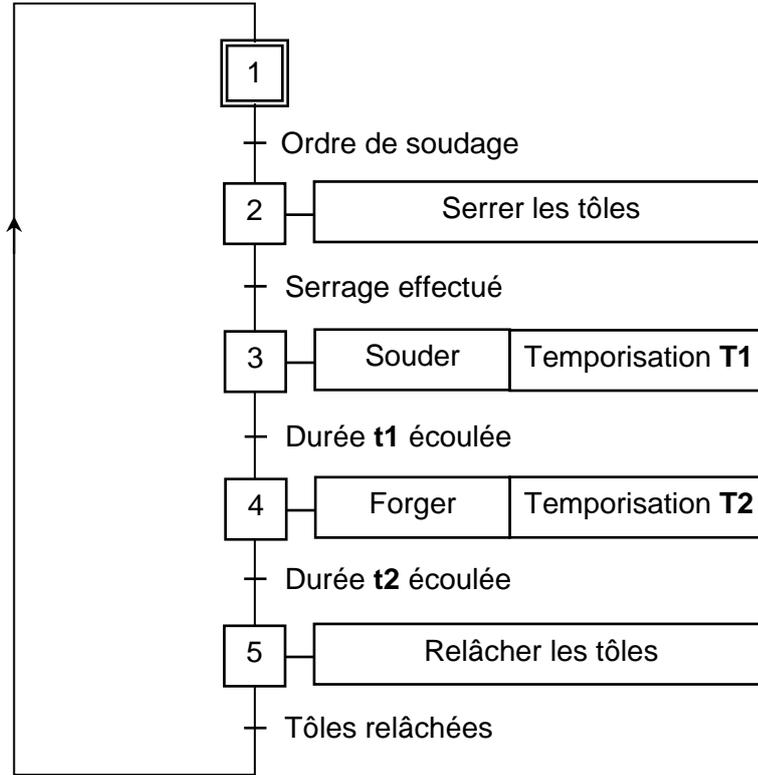
On utilise un convertisseur analogique numérique (CAN) pour convertir la tension V_4 , image de la force F , en un signal numérique. On donne l'expression du nombre N résultat de la conversion en fonction de V_4 et du quantum q : $N = V_4/q$

Question : 40. Sachant que $N = 200$ pour $V_4 = 1 \text{ V}$ et que $N_{\text{max}} = 1023$, calculer la valeur pleine échelle **PE** définie par $\text{PE} = q \cdot (N_{\text{max}} + 1)$; [2 pts]

Question : 41. Calculer la résolution numérique (nombre de bits) n du CAN. [2 pts]

B. ETUDE DE LA COMMANDE DE LA TETE DE SOUDAGE

Le cycle de soudage d'un point peut être décrit par le grafcet fonctionnel suivant.(on suppose que l'accostage est déjà effectué)



La commande de la tête de soudage se fait à l'aide d'un automate programmable (API) dont les affectations des entrées / sorties sont données par le tableau suivant :

Action / Information	Entrée/Sortie API
Serrage et forgeage	Q1
Relâchement	Q2
Soudage	Q3
Ordre de soudage	I1
Serrage effectué	I2
Relâchement effectué	I3

Question : 42. Compléter le grafcet de point de vue API.

[3 pts]

Question : 43. Compléter le programme, en langage LADDER, traduisant le grafcet point de vue API.

[3 pts]

Présentation du robot de soudage par points

DRES 01

Le Robot de soudage par points est constitué de :

► Un bras manipulateur six axes (Figure 1 ci-dessous):

Il permet le déplacement de la tête de soudage de façon précise suivant six axes. Il est composé de :

- ◇ L'embase : fixée au sol ;
- ◇ Le bâti : Tourne par rapport à l'embase suivant l'axe A1 : actionneur M1 ;
- ◇ Le bras : Tourne par rapport au bâti suivant l'axe A2 : actionneur M2 ;
- ◇ L'avant-bras : Tourne par rapport au bras suivant l'axe A3 : actionneur M3 ;
- ◇ La ligne du poignet : Tourne par rapport à l'avant-bras suivant l'axe A4 : actionneur M4 ;
- ◇ Le poignet : Tourne par rapport à la ligne du poignet suivant l'axe A5 : actionneur M5 ;
- ◇ La tête du poignet : Tourne par rapport au poignet suivant l'axe A6 : actionneur M6 (Non représenté).

► Une tête de soudage par points : (Figure 2 -DRES 02-)

Elle est fixée sur la tête du poignet du bras manipulateur, elle comporte les éléments suivants :

- ◇ Deux électrodes en cuivre, l'une fixe et l'autre mobile en translation ;
- ◇ Un actionneur MT qui entraîne l'électrode mobile à travers un système vis-écrou ;
- ◇ Un transformateur qui adapte l'intensité du courant électrique nécessaire au soudage ;
- ◇ Un capteur de force qui mesure les intensités des forces de serrage et de forgeage appliquées sur les tôles à souder par les électrodes ;
- ◇ Un codeur optique qui détecte la position de l'électrode mobile.

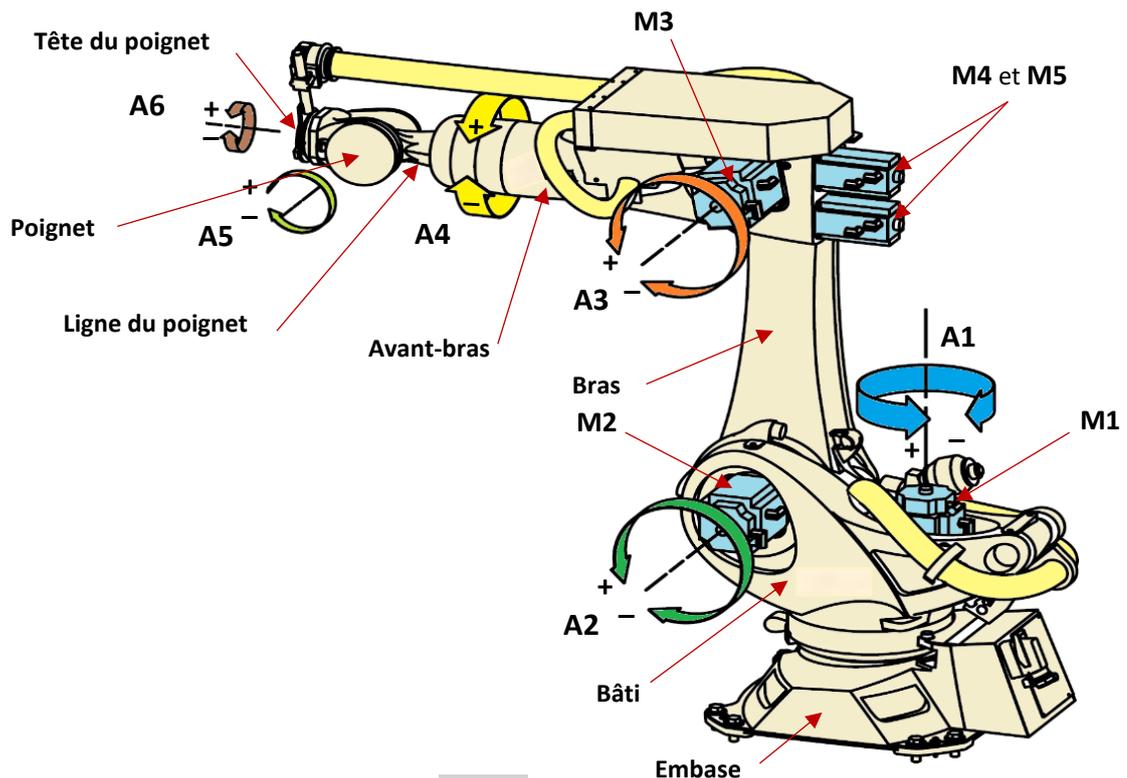


Figure 1

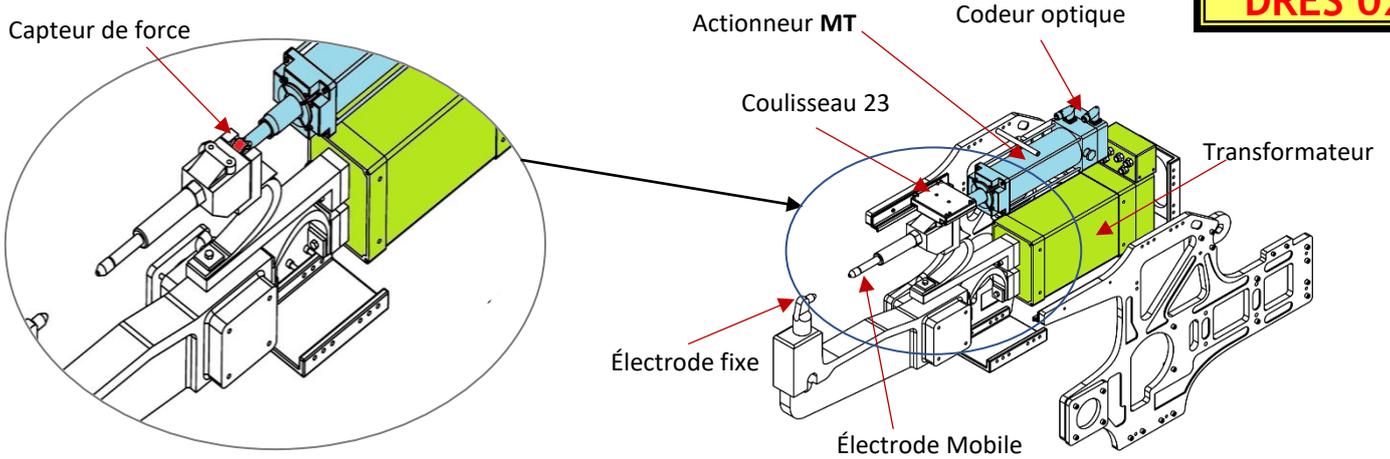
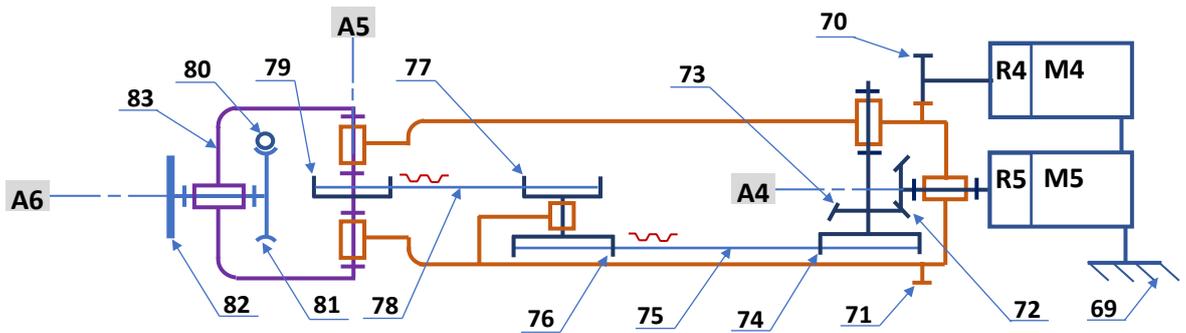


Figure 2

Schéma cinématique de la chaîne de transmission des mouvements suivant les axes A4, A5 et A6 (Moteur M6 non représenté)



Nomenclature

83	1	Poignet du robot		
82	1	Tête du poignet du robot		
81	1	Roue		
80	1	Vis sans fin motrice		
79	1	Poulie $D_{79} = 60 \text{ mm}$		
78	1	Courroie		
77	1	Poulie $D_{77} = 60 \text{ mm}$		
76	1	Poulie réceptrice $D_{76} = 70 \text{ mm}$		
75	1	Courroie		
74	1	Poulie motrice $D_{74} = 70 \text{ mm}$		
73	1	Roue conique $Z_{73} = 24 \text{ dents}$		
72	1	Pignon conique moteur $Z_{72} = 24 \text{ dents}$		Solidaire à la sortie du réducteur R5
71	1	Roue de la ligne du poignet $Z_{71} = 96 \text{ dents}$		
70	1	Pignon moteur $Z_{70} = 22 \text{ dents}$		Solidaire à la sortie du réducteur R4
69	1	Avant-bras du robot		
Rep.	Nb.	Désignation	Matière	Observation

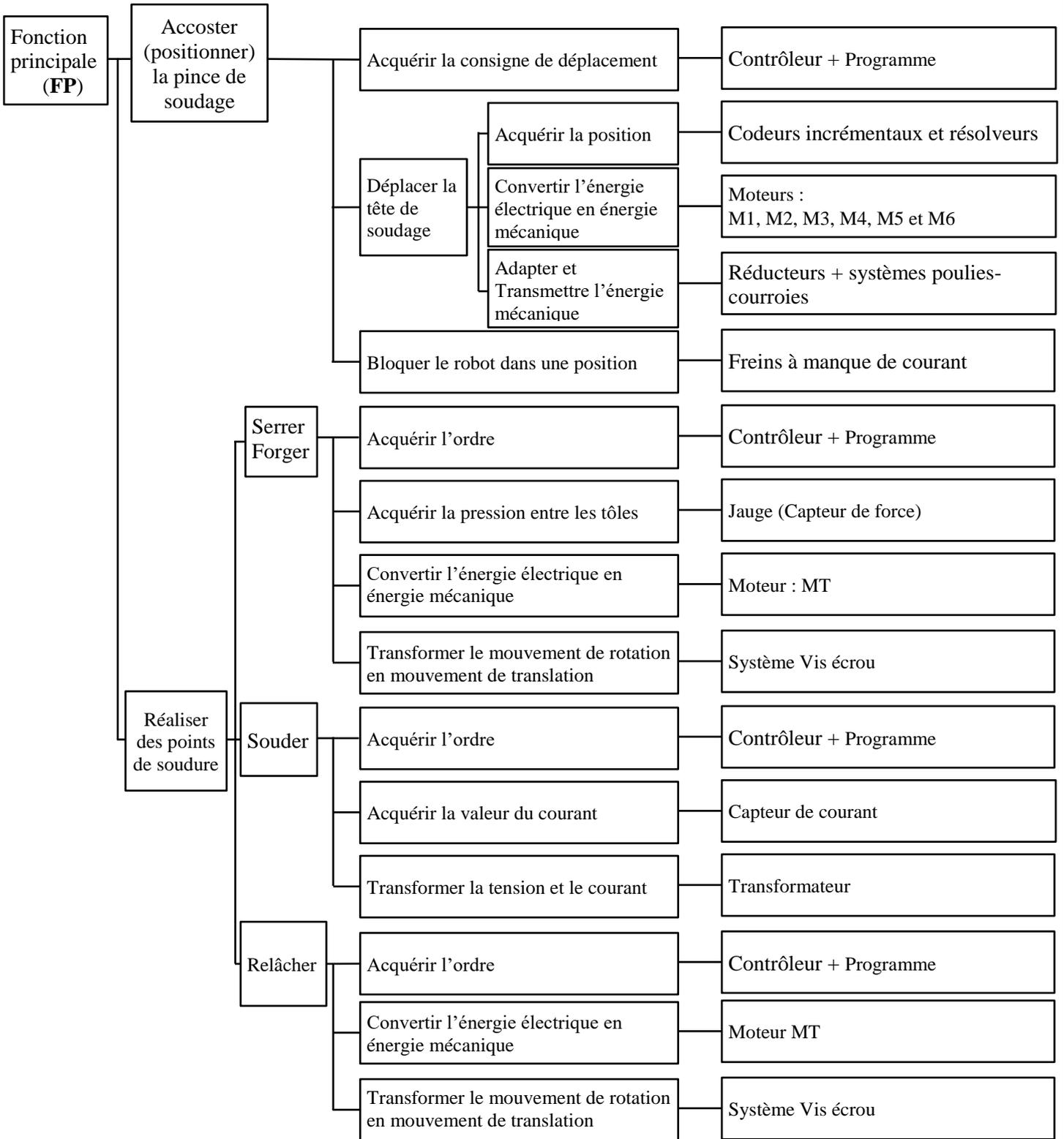
Schéma synoptique de la chaîne de transmission entre M5 et 79.



Réducteur R5	Rapport de transmission $K_1 = 0,02866$
Engrenage conique 72-73	Rapport de transmission K_2
Poulies-courroie 74-75-76	Rapport de transmission K_3
Poulies-courroie 77-78-79	Rapport de transmission K_4

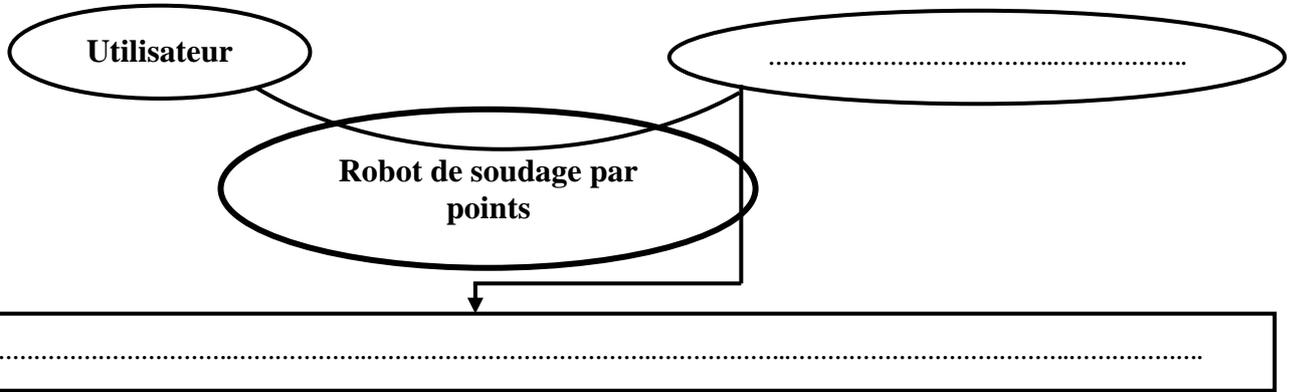
Diagramme FAST

DRES 03



SEV 1 : Analyse fonctionnelle et étude de la transmission de puissance.

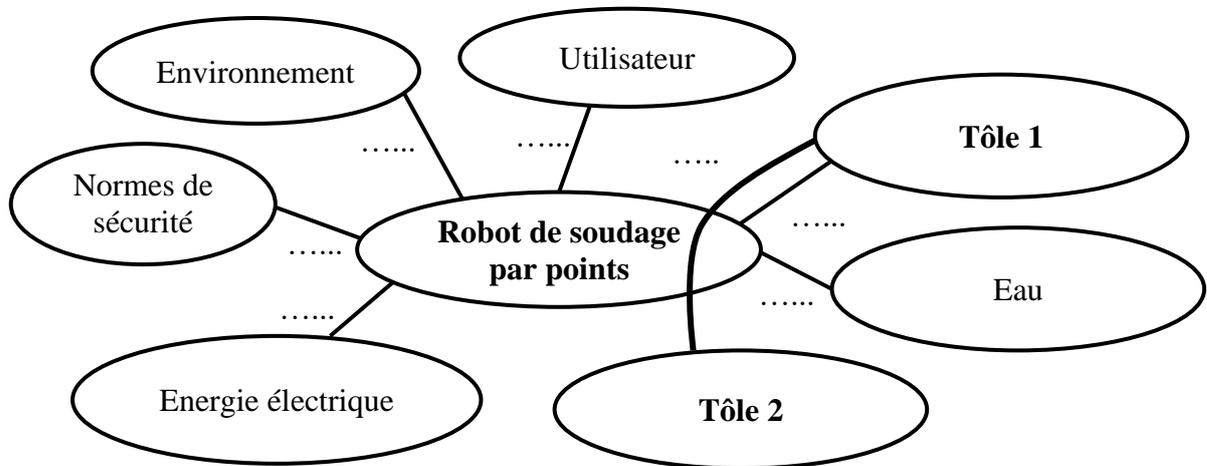
Question : 1. [1,5 pt]



Question : 2. [1pt]

Matière d'œuvre entrante	Matière d'œuvre sortante
.....

Question : 3. [3,5 pts]

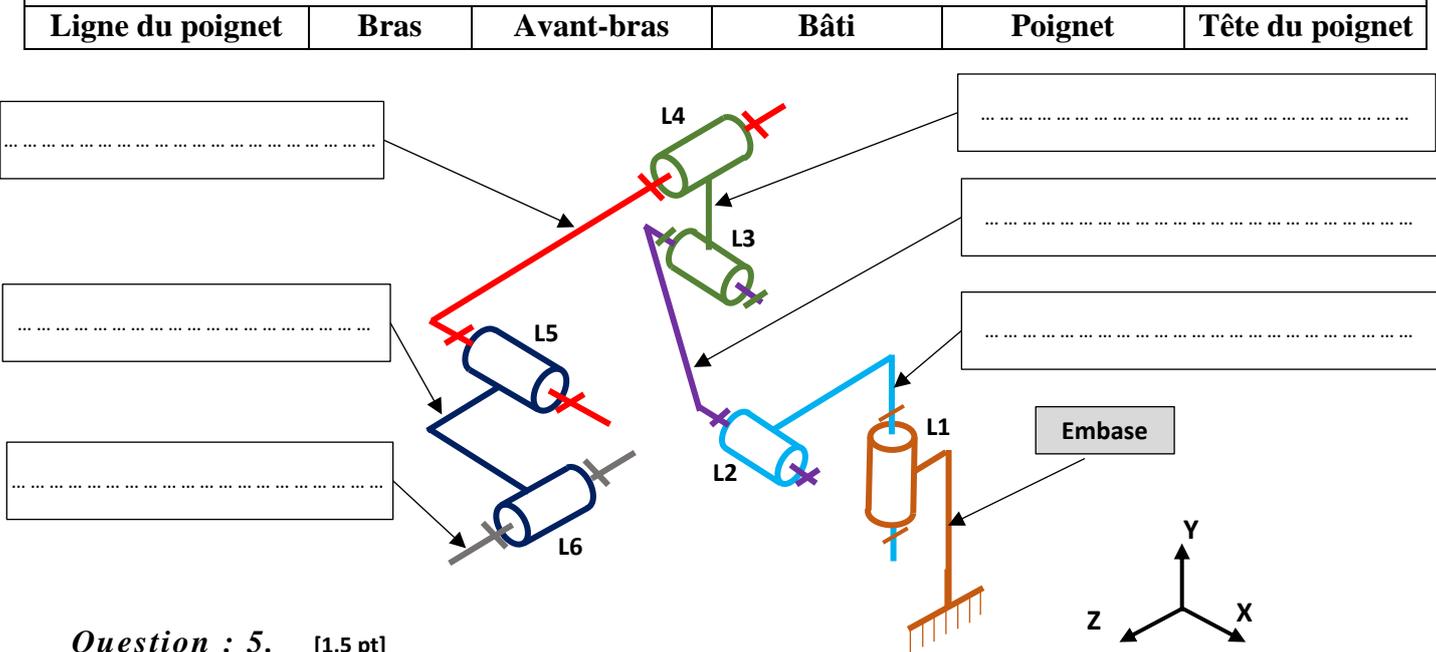


Liste des fonctions de service

FP	Assembler automatiquement des tôles par application de points de soudure
FC1	Respecter l'environnement.
FC2	Être facile à utiliser.
FC3	Respecter les normes de sécurité.
FC4	S'adapter à diverses dimensions des tôles.
FC5	Utiliser l'énergie électrique du réseau.
FC6	Être refroidi à l'eau.

Question : 4. [1,5 pt]

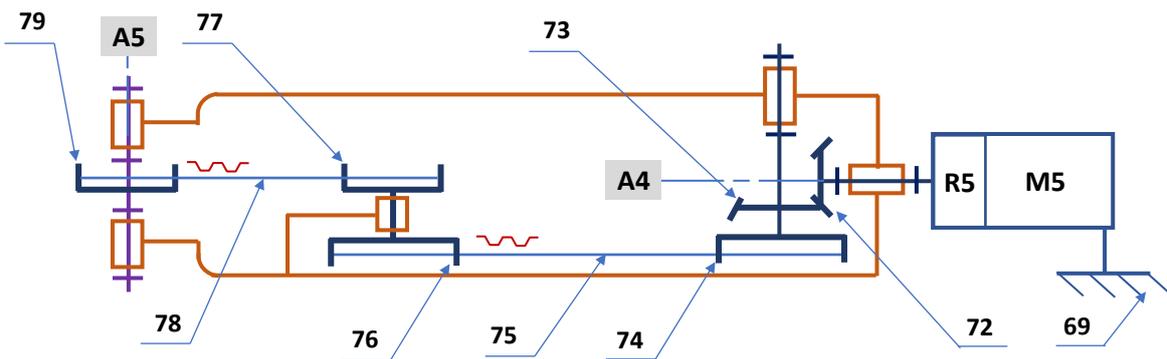
Liste fournie



Question : 5. [1,5 pt]

Liaison	Rotation			Translation		
	Rx	Ry	Rz	Tx	Ty	Tz
L1
L2
L3
L4
L5
L6

Question : 6. [1 pt]



Type des courroies 75 et 78	Justification
.....

Question : 7. [2pts]

Question : 8. [1pt]

Question : 9. [1,5 pt]

Question : 10. [1 pt]

Nature du mouvement de la vis :

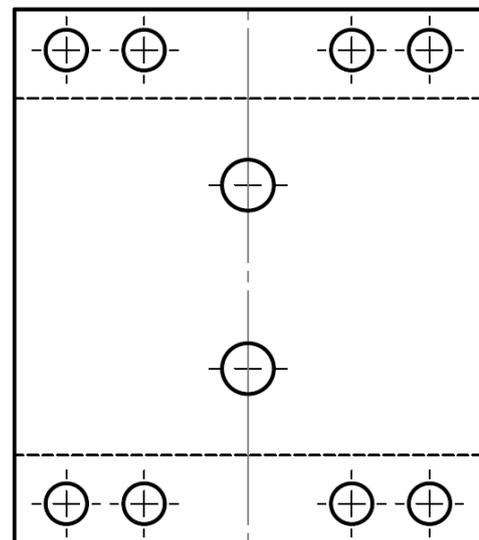
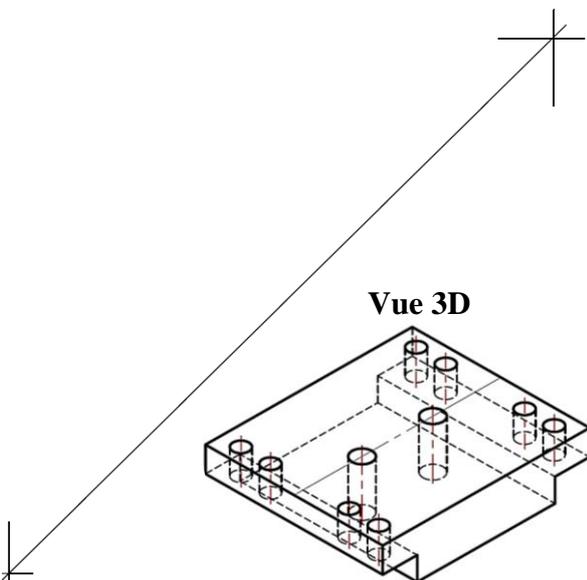
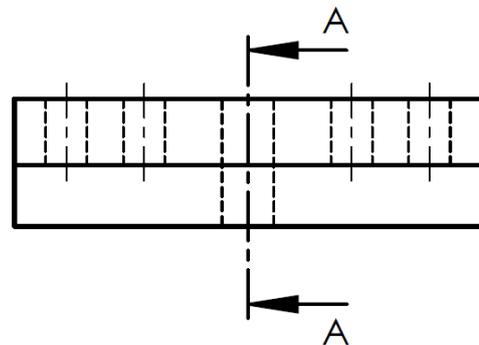
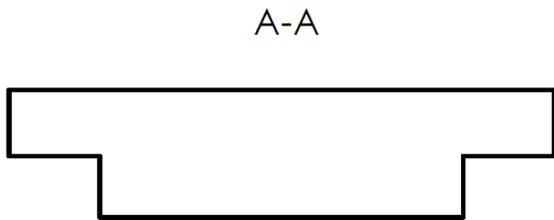
Nature du mouvement de l'écrou :

Question : 11. [2 pts]

Question : 12. [2 pts]

Question : 13. [1 pt]

Question : 14. [3,5 pts]



SEV 2 : Étude énergétique.

Question : 15. [2 pts]

Question : 16. [2 pts]

Question : 17. [2 pts]

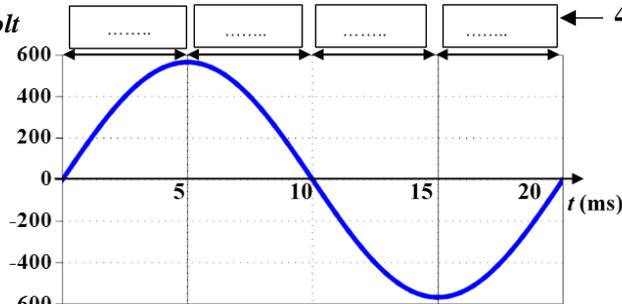
Question : 18. [1 pt]

Question : 19. [2 pts]

Question : 20. [2 pts]

Question : 21. [3 pts]

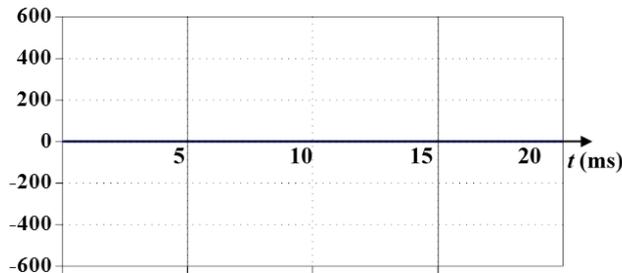
$u(t)$ en Volt



← 4 zones à compléter par :

- Th1,
- Th2,
- Th1 et Th2
- ou Aucun

$v_1(t)$ en Volt



Question : 22. [2 pts]

Question : 23. [2 pts]

Question : 24. [2 pts]

Question : 25. [2 pts]

Question : 26. [2 pts]

Question : 27. [2 pts]

SEV 3 : Etude de la chaîne d'information.

Question : 28. [2 pts]

Question : 29. [1 pt]

Question : 30. [1 pt]

Question : 31. [1 pt]

Question : 32. [1 pt]

Question : 33. [1 pt]

Question : 34. [4 pts]

Question : 35. [2 pts]

Question : 36. [3 pts]

Question : 37. [1 pt]

Question : 38. [2 pts]

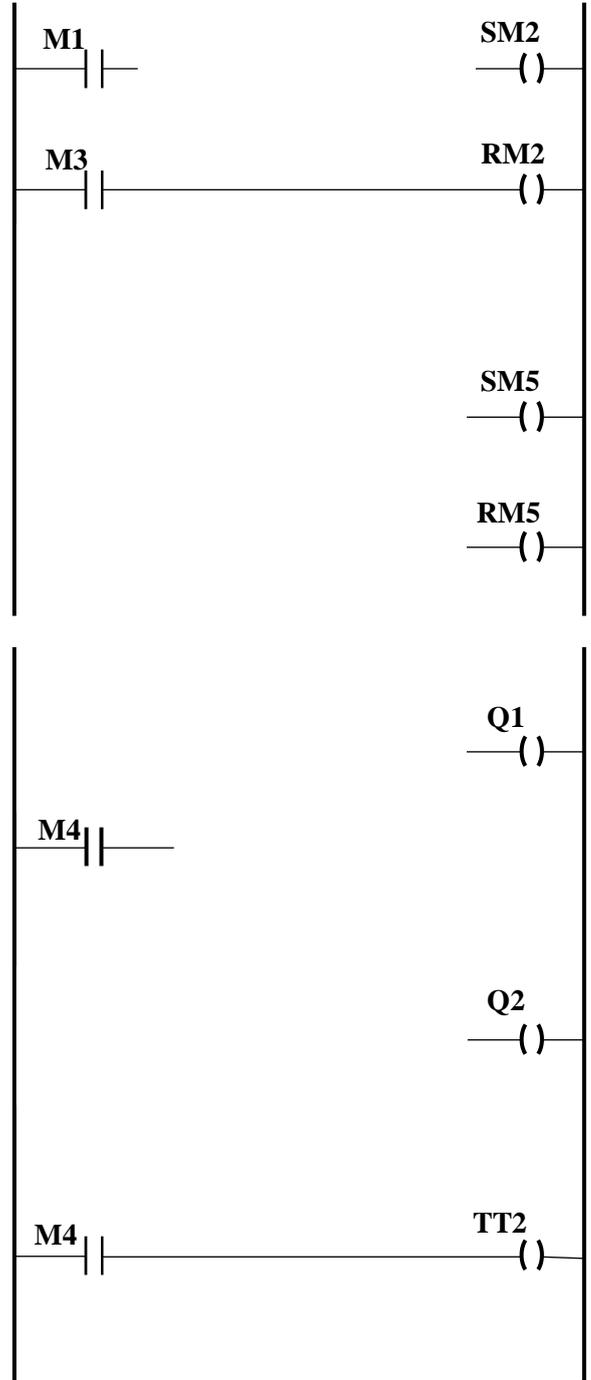
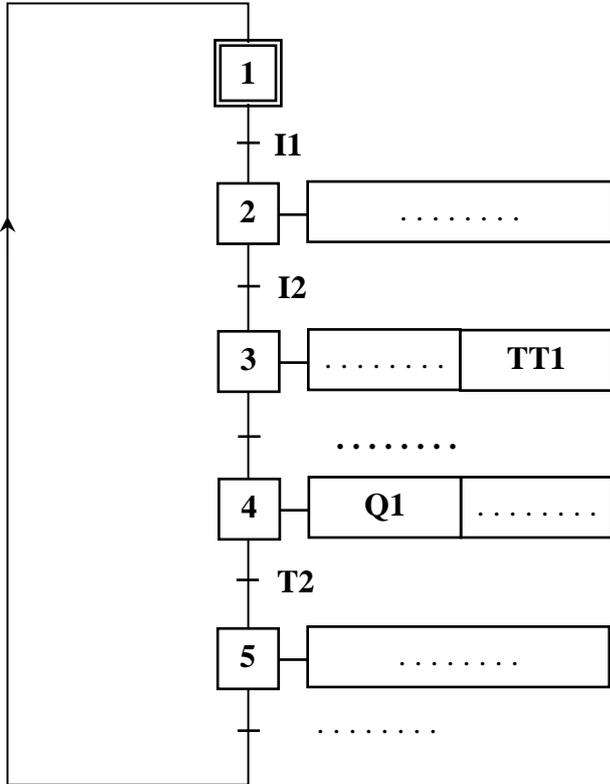
Question : 39. [1 pt]

Question : 40. [2 pts]

Question : 41. [2 pts]

Question : 42. [3 pts]

Question : 43 [3 pts]



Rappel :

À chaque temporisateur sont associés 2 bobines (TTx et RTx) et un contact Tx :

- bobine TTx : entrée de déclenchement de la temporisation numéro x (x =1,2 ou 3...);
- bobine RTx : entrée de remise à zéro ;
- Contact Tx : sortie de fin de temporisation.

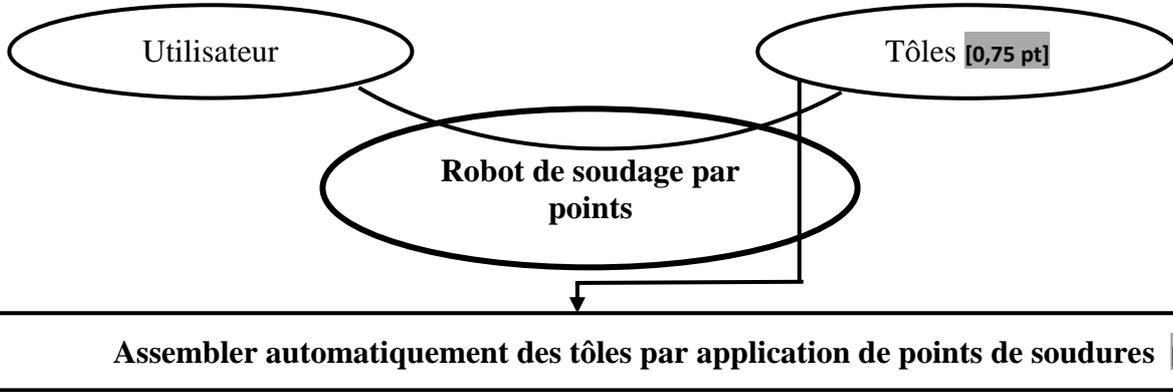
الامتحان الوطني الموحد للبكالوريا
الدورة العادية 2019
- عناصر الإجابة -



4	مدة الانجاز	علوم المهندس	المادة
8	المعامل	شعبة العلوم والتكنولوجيات: مسلك العلوم والتكنولوجيات الكهربائية	الشعبة أو المسلك

SEV 1 : Analyse fonctionnelle et étude de la transmission de puissance [24 pts].

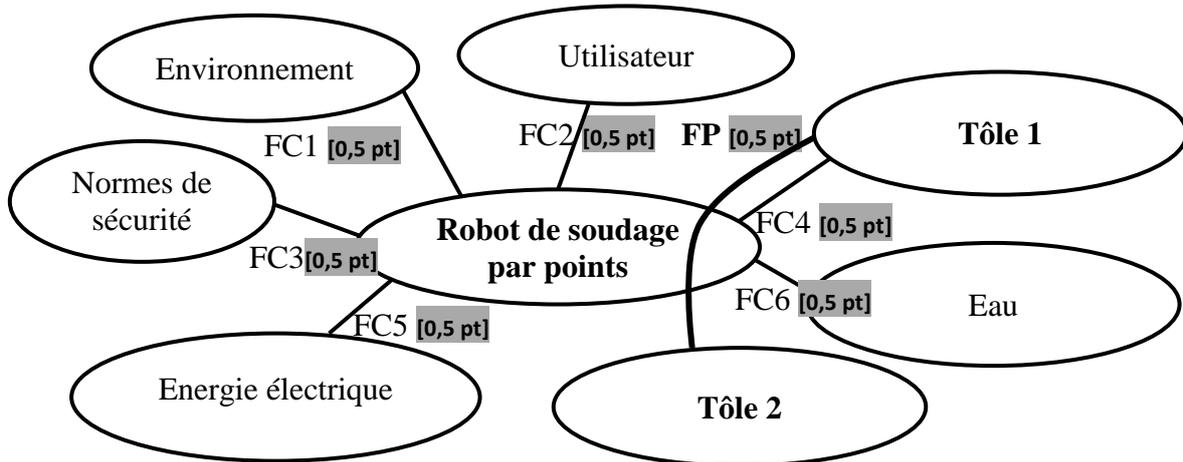
Question : 1.



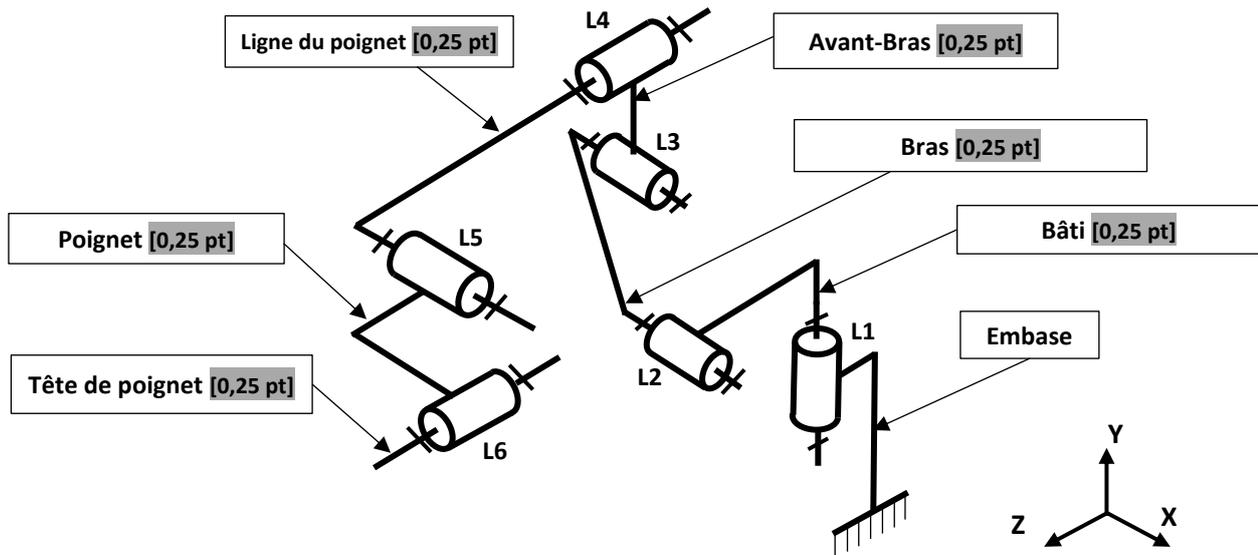
Question : 2.

Matière d'œuvre entrante	Matière d'œuvre sortante
Tôles non assemblées [0,5 pt]	Tôles assemblées [0,5 pt]

Question : 3.



Question : 4.



Question : 5.

Liaison	Rotation			Translation		
	Rx	Ry	Rz	Tx	Ty	Tz
L1		X [0,25 pt]				
L2	X [0,25 pt]					
L3	X [0,25 pt]					
L4			X [0,25 pt]			
L5	X [0,25 pt]					
L6			X [0,25 pt]			

Question : 6.

Type de courroies 75 et 78	Justification
Courroies crantées [0,5 pt]	Précision dans la transmission (pas de glissement) [0,5 pt]

Question : 7.

On a $k_1 = 0,02866$, $k_2 = 1$ ($Z_{72} = Z_{73} = 24$), $k_3 = 1$ ($D_{74} = D_{76} = 70$ mm), $k_4 = 1$ ($D_{77} = D_{79} = 60$ mm) [1,5 pt]

$$K_g = \frac{N_{79}}{N_{M5}} = k_1 \cdot k_2 \cdot k_3 \cdot k_4 = k_1 = 0,02866 \quad [0,5 \text{ pt}]$$

Question : 8.

$$N_{79} = K_g \cdot N_{M5} \quad [0,75 \text{ pt}]$$

$$= 0,02866 \cdot 1500 = 43 \text{ tr/min.} \quad [0,25 \text{ pt}]$$

Question : 9. Oui elle correspond bien à la valeur annoncée par le constructeur. [0,75 pt]

$$\text{Car } N_{79} = 43 \text{ tr/min} = 43 \cdot 360^\circ / 60 = 258^\circ/\text{s} \quad [0,75 \text{ pt}]$$

Question : 10. Nature du mouvement de la vis : **Translation** [0,5 pt]

Nature du mouvement de l'écrou : **Rotation** [0,5 pt]

Question : 11. .

$$dp = n \cdot p \text{ [1,5 pt]}$$

$$= 1 \text{ tour} \cdot 5 \text{ mm} = \mathbf{5 \text{ mm.}} \text{ [0,5 pt]}$$

Question : 12. .

$$dp' = n \cdot p \text{ [1,5 pt]}$$

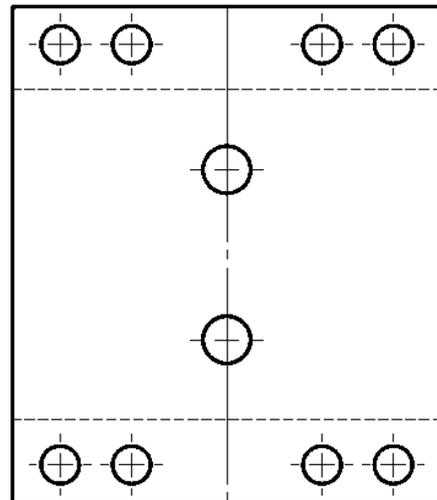
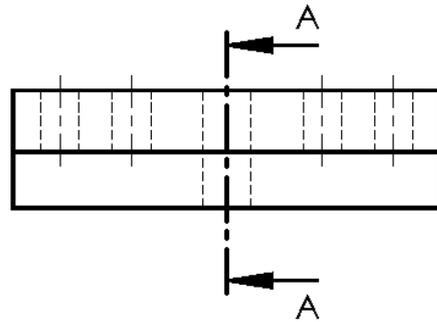
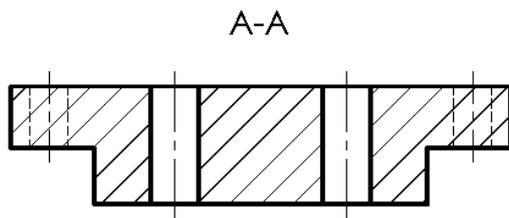
$$= 5/512 = \mathbf{0,0097 \text{ mm}} \text{ [0,5 pt]}$$

Question : 13. .

Oui [0,25 pt]

la valeur annoncée par le constructeur est vérifiée puisque $dp' < 0,01\text{mm.}$ [0,75 pt]

Question : 14.



- 2 trous cachés : [1 pt]
- 2 trous vus : [1 pt]
- Hachures : [0,5 pt]
- Les axes : [1 pt]

SEV 2 : Étude énergétique.

Question : 15.

$$r_3 = r_4 = \rho \cdot \frac{e}{\pi \cdot d^2} \quad [1,5 \text{ pt}]$$
$$= 9,9 \mu\Omega \quad [0,5 \text{ pt}]$$

Question : 16.

$$U = (r_1 + r_2 + r_3 + r_4 + r_5) \cdot I \quad [1,5 \text{ pt}]$$
$$= (40 + 20 + 200) \cdot 10^{-6} \cdot 10^4 = 2,6 \text{ V} \quad [0,5 \text{ pt}]$$

Question : 17.

$$E = r_5 \cdot I^2 \cdot t \quad [1,5 \text{ pt}]$$
$$= 200 \cdot 10^{-6} \cdot 10^8 \cdot 10^{-2} = 200 \text{ J} \quad [0,5 \text{ pt}]$$

Question : 18.

$$m = \frac{U_{20}}{U} \quad [0,75 \text{ pt}]$$
$$= \frac{13,5}{400} = 0,03375 \quad [0,25 \text{ pt}]$$

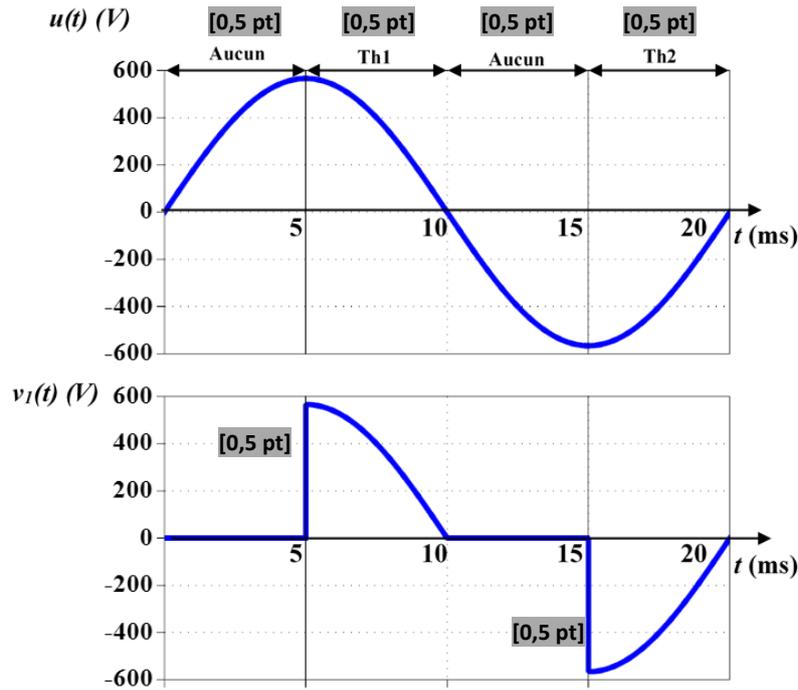
Question : 19.

$$Z_s = \frac{U_{20}}{I_{2cc}} \quad [1,5 \text{ pt}]$$
$$= \frac{13,5}{23 \cdot 10^3} = 0,587 \text{ m}\Omega \quad [0,5 \text{ pt}]$$

Question : 20.

$$Z_p = \frac{Z_s}{m^2} \quad [1,5 \text{ pt}]$$
$$= \frac{0,587 \cdot 10^{-3}}{(0,03375)^2} = 0,515 \Omega \quad [0,5 \text{ pt}]$$

Question : 21.



Question : 22.

$$V_{1\text{eff}} = 400 \sqrt{\left(1 - \frac{1}{2}\right)} = 282,84 \text{ V}, \quad [1 \text{ pt}]$$

$$I_{\text{eff}} = \frac{V_{1\text{eff}}}{R_{\text{pt}}} = \frac{282,84}{0,73} = 387,45 \text{ A} \quad [1 \text{ pt}]$$

Question : 23.

Mode de commande « pas entier » [1,5 pt]

Car on excite le même nombre de bobines (2 bobines dans ce cas) pendant chaque cycle de l'horloge. [0,5 pt]

Question : 24.

$$N_{PT} = \frac{360}{1,8} = 200 \text{ pas.} \quad [2 \text{ pts}]$$

Question : 25.

$$I = \frac{V}{r} \quad [1,5 \text{ pt}]$$

$$= \frac{12}{12} = 1 \text{ A} \quad [0,5 \text{ pt}]$$

Question : 26.

$$t = N_{PT} \cdot T = \frac{N_{PT}}{f_H} \quad [1,5 \text{ pt}]$$

$$= \frac{200}{300} = \frac{2}{3} = 0,67 \text{ s} \quad [0,5 \text{ pt}]$$

Question : 27.

$$n = \frac{60}{2} \cdot 3 = 90 \text{ tr. min}^{-1} \quad [2 \text{ pts}]$$

SEV 3 : Etude de la chaîne d'information. /30 points

Question : 28.

$$V_A = E \frac{R_3}{R_2 + R_3} = E \frac{R_0 + \Delta R}{2R_0} \quad [1 \text{ pt}]$$

$$V_B = E \frac{R_4}{R_1 + R_4} = E \frac{R_0 - \Delta R}{2R_0} \quad (\text{diviseur de tension}) \quad [1 \text{ pt}]$$

Question : 29.

$$\text{On a : } V = V_A - V_B \Rightarrow V = E \frac{R_0 + \Delta R}{2R_0} - E \frac{R_0 - \Delta R}{2R_0} \quad [0,5 \text{ pt}]$$

$$= E \frac{\Delta R}{R_0} \quad [0,5 \text{ pt}]$$

Question : 30.

$$\text{On a : } V = E \frac{\Delta R}{R_0} ; \quad \frac{\Delta R}{R_0} = 4 \cdot 10^{-7} \times F \quad \text{et } E = 10 \text{ V} \quad [0,5 \text{ pt}]$$

$$\text{Donc : } V = 4 \cdot 10^{-6} \times F \quad [0,5 \text{ pt}]$$

Question : 31.

$$\text{On a : } s = \frac{\Delta V}{\Delta F} \Rightarrow s = 4 \mu\text{V/N} \quad [1 \text{ pt}]$$

Question : 32.

$$F = 2500 \text{ N} \Rightarrow V_{\text{MAX}} = 10 \text{ mV} \quad [1 \text{ pt}]$$

Question : 33.

Les AOP A_1 et A_2 permettent l'adaptation d'impédances. [1 pt]

Question : 34.

$$V^+ = V_1 \frac{R_6}{R_5 + R_6} \quad \text{et} \quad V^- = \frac{R_6 V_2 + R_5 V_3}{R_5 + R_6} \quad [2 \text{ pts}]$$

$$V^+ = V^- \Rightarrow V_3 = \frac{R_6}{R_5} V \quad [2 \text{ pts}]$$

Question : 35.

$$\text{On a } V_3 = \frac{R_6}{R_5} V \quad \text{et} \quad V = 4 \cdot 10^{-6} \times F \Rightarrow R_1 = 4 \cdot 10^{-6} \frac{R_6}{V_3} F \quad [1 \text{ pt}]$$

$$\text{Or } V_3 = 0,5 \text{ V lorsque } F = 2500 \text{ N donc } R_5 = 2 \text{ k}\Omega. \quad [1 \text{ pt}]$$

Question : 36.

$$G_{\text{MAX}} = 20 \text{ dB}, \quad [1,5 \text{ pt}]$$

$$f_0 = 6 \text{ Hz} \quad [1,5 \text{ pt}]$$

Question : 37.

Filtre passe-bas [1 pt]

Question : 38.

$$G_{(f=0)} = 20 \log \frac{V_4}{V_3} = 20 \quad [1 \text{ pt}]$$

$$\Rightarrow A = \frac{V_4}{V_3} = 10 \quad [1 \text{ pt}]$$

Question : 39.

$$V_3 = 0,5 V \Rightarrow V_4 = 10 \cdot V_3 = 5 V \quad [1 \text{ pt}]$$

Question : 40.

On a: $N = \frac{V_4}{q}$ $q = \frac{V_4}{N}$, et $PE = q \cdot (N_{\max} + 1) \Rightarrow PE = \frac{V_4}{N} \cdot (N_{\max} + 1) \quad [1 \text{ pt}]$

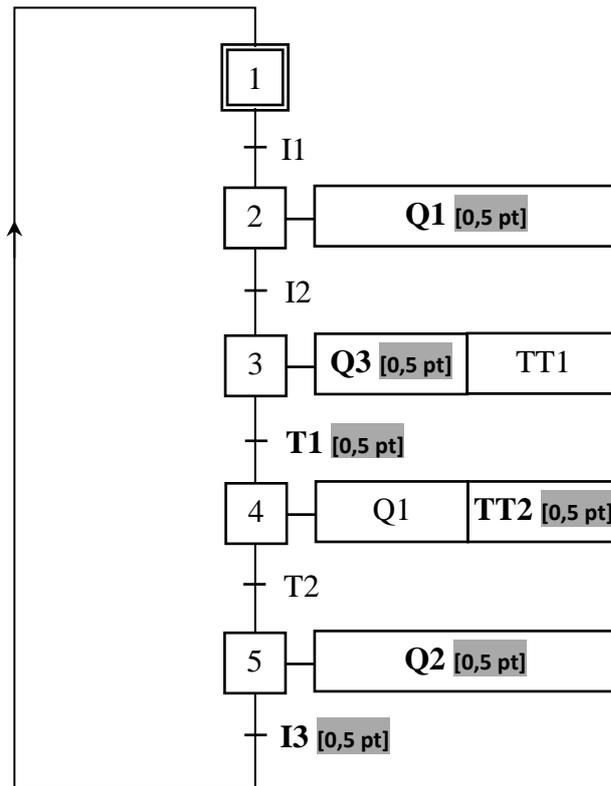
$$\Rightarrow PE = 5,12 V \quad [1 \text{ pt}]$$

Question : 41.

$$2^n = (N_{\max} + 1) \quad [1 \text{ pt}]$$

$$n = 10 \text{ bits} \quad [1 \text{ pt}]$$

Question : 42.



Question : 43.

