

**MINISTÈRE DE L'ÉDUCATION NATIONALE**

Académie : \_\_\_\_\_ Session : \_\_\_\_\_

Concours : \_\_\_\_\_

Spécialité/option : \_\_\_\_\_ Repère de l'épreuve : \_\_\_\_\_

Intitulé de l'épreuve : \_\_\_\_\_

NOM : \_\_\_\_\_

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

Prénoms : \_\_\_\_\_ N° du candidat

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

EAI GEB 1

**DR 1**

Δt et effort de serrage corrects	leff trop important	
	leff trop faible	
leff et effort de serrage corrects	Δt trop important	
	Δt trop faible	
leff et Δt corrects:	un effort de serrage trop important	
	un effort de serrage trop faible	

**DR 2**

U1 = 400 V	F%	H3%	H5%	H7%	H9%
Ψ = 60°					
Ψ = 70°					
Ψ = 80°					
Ψ = 90°					

**DR 3**

I1 = 405 A	IF	IH3	IH5	IH7	IH9
Ψ = 80°					

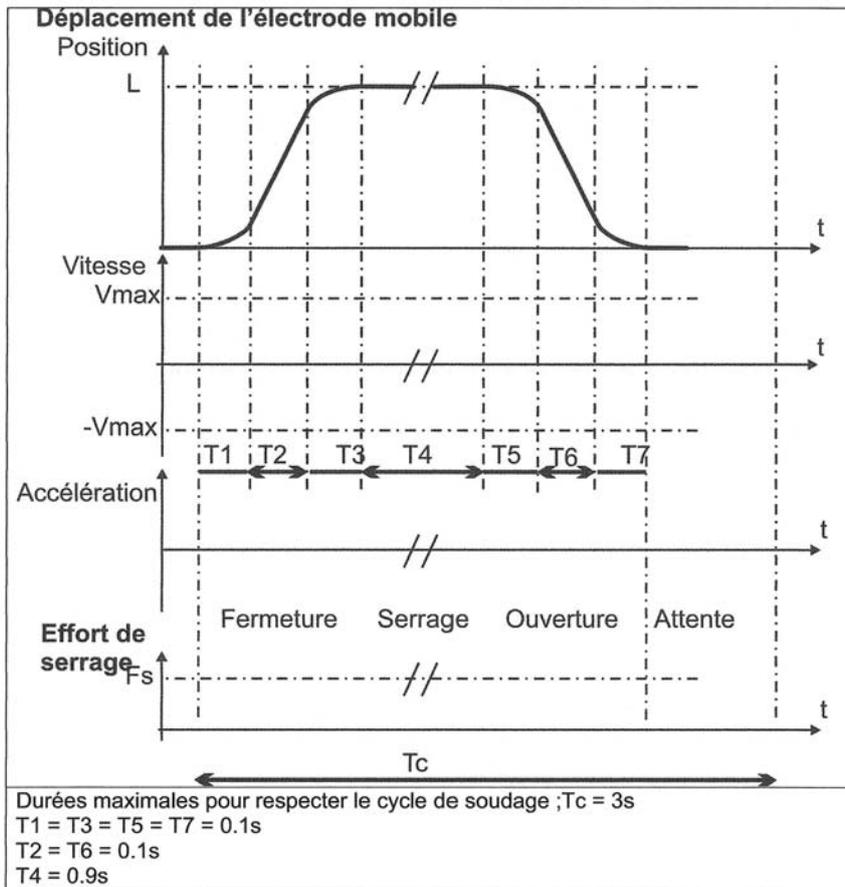
MINISTÈRE DE L'ÉDUCATION NATIONALE

Académie : \_\_\_\_\_ Session : \_\_\_\_\_  
 Concours : \_\_\_\_\_  
 Spécialité/option : \_\_\_\_\_ Repère de l'épreuve : \_\_\_\_\_  
 Intitulé de l'épreuve : \_\_\_\_\_  
 NOM : \_\_\_\_\_  
*(en majuscules, suivi s'il y a lieu, du nom d'épouse)*  
 Prénoms : \_\_\_\_\_ N° du candidat

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

EAI GEB 1

DR 4



MINISTÈRE DE L'ÉDUCATION NATIONALE

Académie : \_\_\_\_\_ Session : \_\_\_\_\_

Concours : \_\_\_\_\_

Spécialité/option : \_\_\_\_\_ Repère de l'épreuve : \_\_\_\_\_

Intitulé de l'épreuve : \_\_\_\_\_

NOM : \_\_\_\_\_

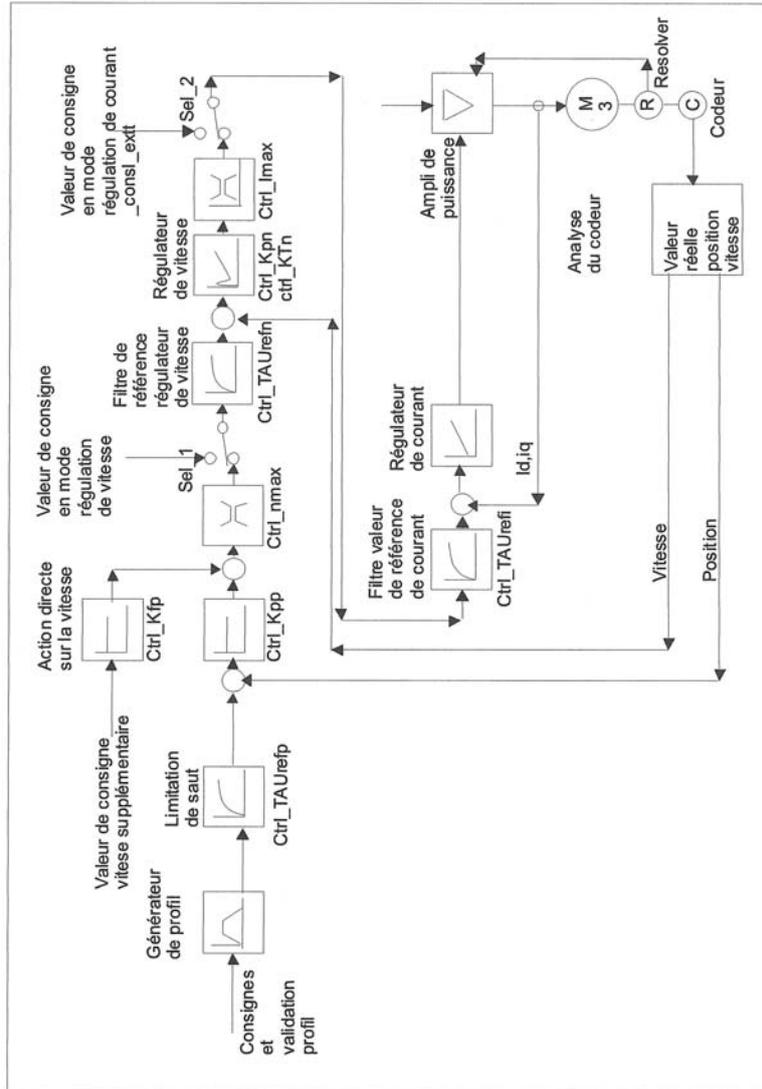
(en majuscules, suivi s'il y a lieu, du nom d'épouse)

Prénoms : \_\_\_\_\_ N° du candidat

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

EAI GEB 1

DR 5



MINISTÈRE DE L'ÉDUCATION NATIONALE

Académie : \_\_\_\_\_ Session : \_\_\_\_\_

Concours : \_\_\_\_\_

Spécialité/option : \_\_\_\_\_ Repère de l'épreuve : \_\_\_\_\_

Intitulé de l'épreuve : \_\_\_\_\_

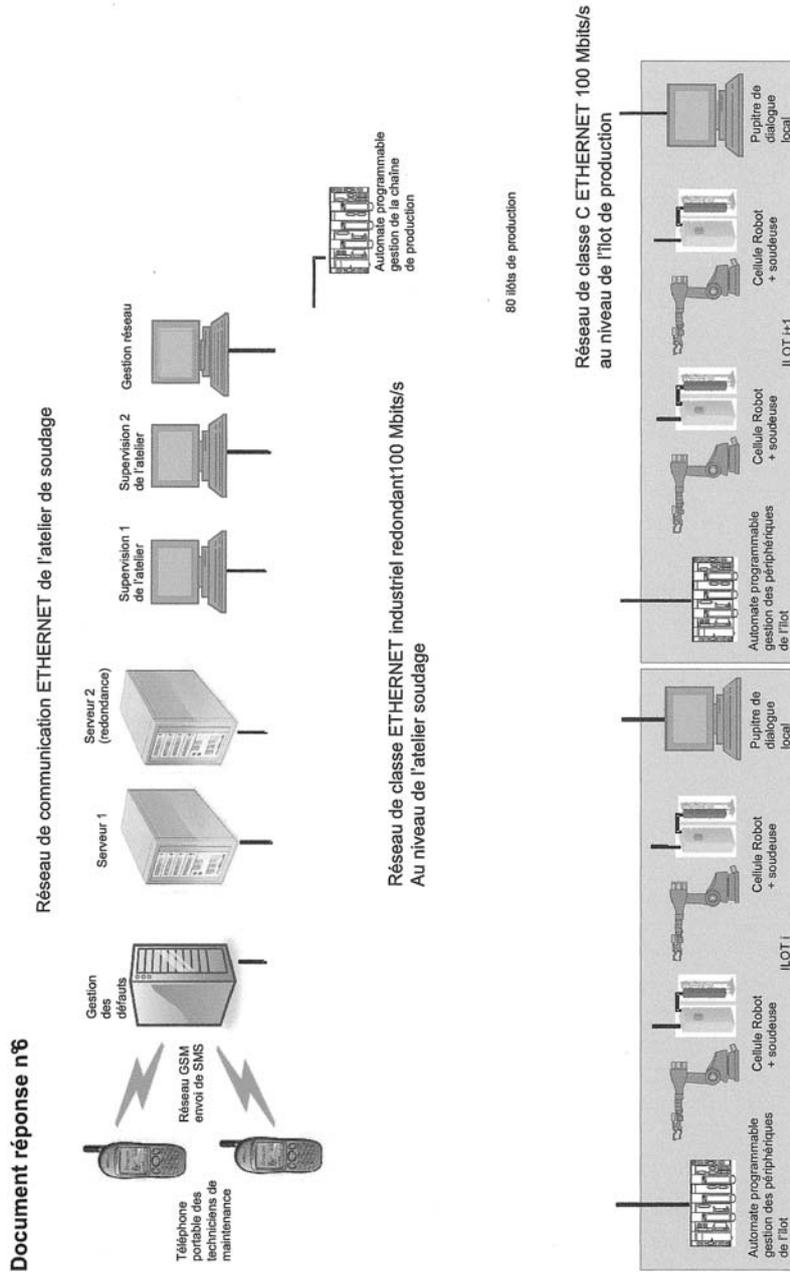
NOM : \_\_\_\_\_

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

Prénoms : \_\_\_\_\_ N° du candidat

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

EAI GEB 1



## DOSSIER TECHNIQUE DTA: LE SOUDAGE PAR POINTS

### I- Principe

En construction automobile, l'assemblage de deux ou plusieurs tôles se fait le plus souvent par soudage électrique par points (cf fig 1 et 2)

Cette technique consiste à

- presser les deux tôles à souder entre deux électrodes à l'endroit où doit être réalisée la soudure
- puis faire passer un courant électrique intense entre ces deux électrodes pendant un certain temps, ce qui provoque la fusion du métal des deux tôles
- puis maintenir l'effort pendant le refroidissement.

le point de soudure est alors terminé

la formation du point de soudure nécessite donc de produire un effort mécanique (force  $F_s$ ) et une énergie électrique suffisante pour produire la fusion du métal

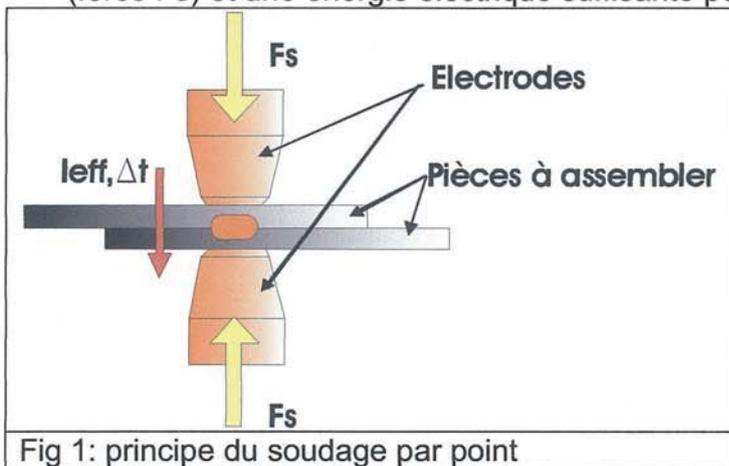


Fig 1: principe du soudage par point

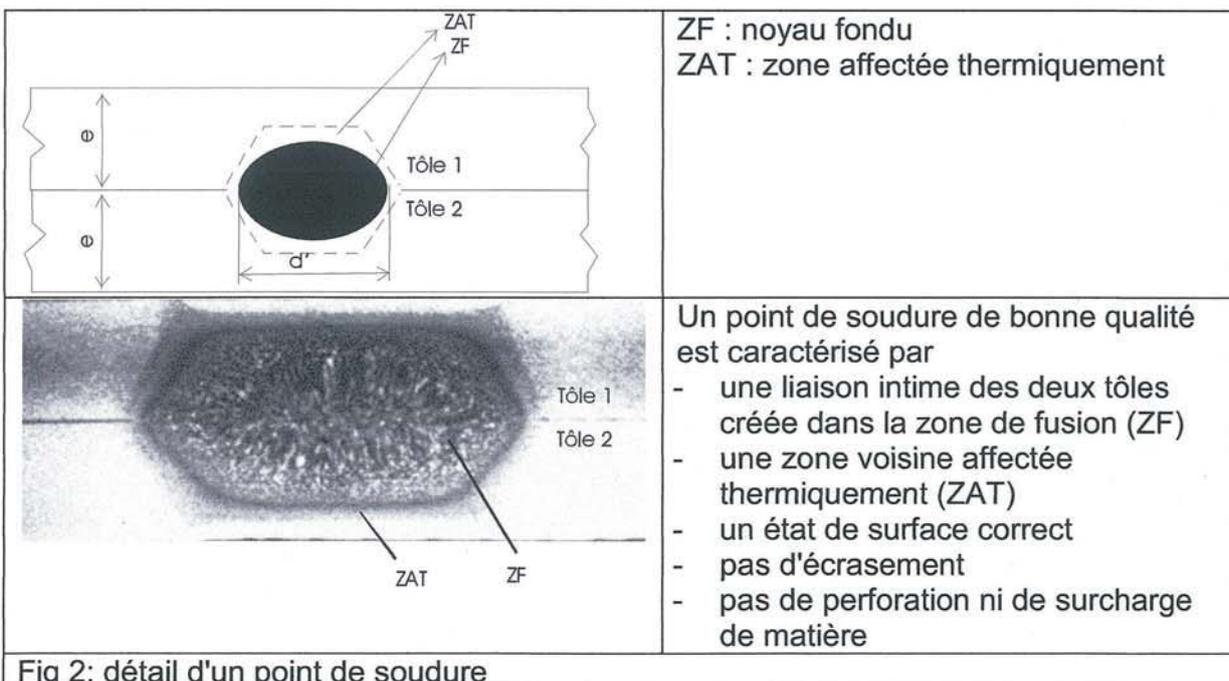


Fig 2: détail d'un point de soudure

## II- Modélisation et étude

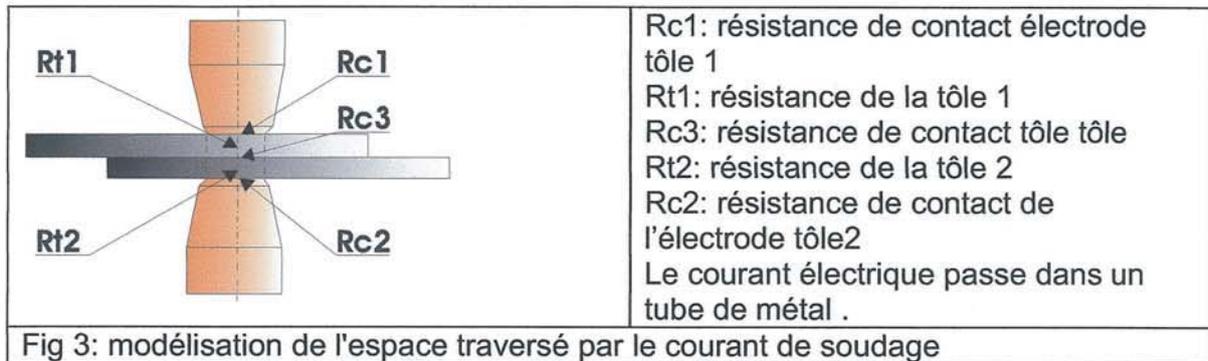


Fig 3: modélisation de l'espace traversé par le courant de soudage

Les valeurs des résistances varient suivant

- l'épaisseur des tôles
- la nature des matériaux
- l'état de surface
- l'effort de serrage
- la température

### Exemple considéré:

Les données suivantes sont des valeurs moyennes qui ne tiennent pas compte des variations de température ni de structure de la matière mais qui suffisent pour la compréhension des phénomènes macroscopiques

- tôles	- électrodes:
o composition: acier recouvert de zinc	o composition: cuivre
o épaisseur de la tôle: 1 mm	o diamètre utile: 6 mm
o épaisseur du revêtement: 3 microns	o surface de contact: plane

- effort de soudage maximum: 650 daN
- résistances de contacts:
  - o  $R_{c1} = R_{c2} = 20 \mu\Omega$
  - o  $R_{c3} = 200 \mu\Omega$

matériau			Fer	Cuivre	Zinc	laiton
						Cu+Zn
Résistivité à 20°C	$\mu\Omega.cm$	$\rho$	11	1.7		6
Température de fusion	°C	$T_{fusion}$	1530	1083	418	
Température de vaporisation	°C	$T_{vap}$			906	
Chaleur massique	J/°C/kg	$c$	470			
Chaleur latente de fusion	J/kg	$Q_{fusion}$	272			
Masse volumique	Kg/m <sup>3</sup>	$\varpi$	7800			

### III- Procédé

Réaliser un point de soudure sur des tôles d'épaisseur inférieure à 2 mm nécessite de respecter un cycle de soudage qui comporte 5 phases (cf figure 4)

- Accostage
- Serrage
- Soudage
- Forgeage
- Temps mort

Pour des tôles plus épaisses, 2 phases supplémentaires sont nécessaires:

- Préchauffage (avant le serrage)
- Recuit (après le forgeage).

#### ACCOSTAGE

Fermeture des électrodes: superposition des 2 pièces à souder

#### SERRAGE

Etablissement de l'effort de serrage  $F_s$

L'effort de serrage a pour objectifs:

- 1- Vaincre la rigidité des pièces et les défauts d'accostage (assurer un contact convenable entre les pièces).
- 2- Assurer un bon contact électrique entre les électrodes et les tôles (localisation du passage du courant),
- 3- Maintenir le contact entre les tôles durant les phases de fusion et de solidification.

#### SOUDAGE

Etablissement d'un courant de valeur efficace  $I_{eff}$  pendant un temps  $\Delta t$ :

Développement de l'effet joule et création noyau fondu

#### FORGEAGE

Refroidissement

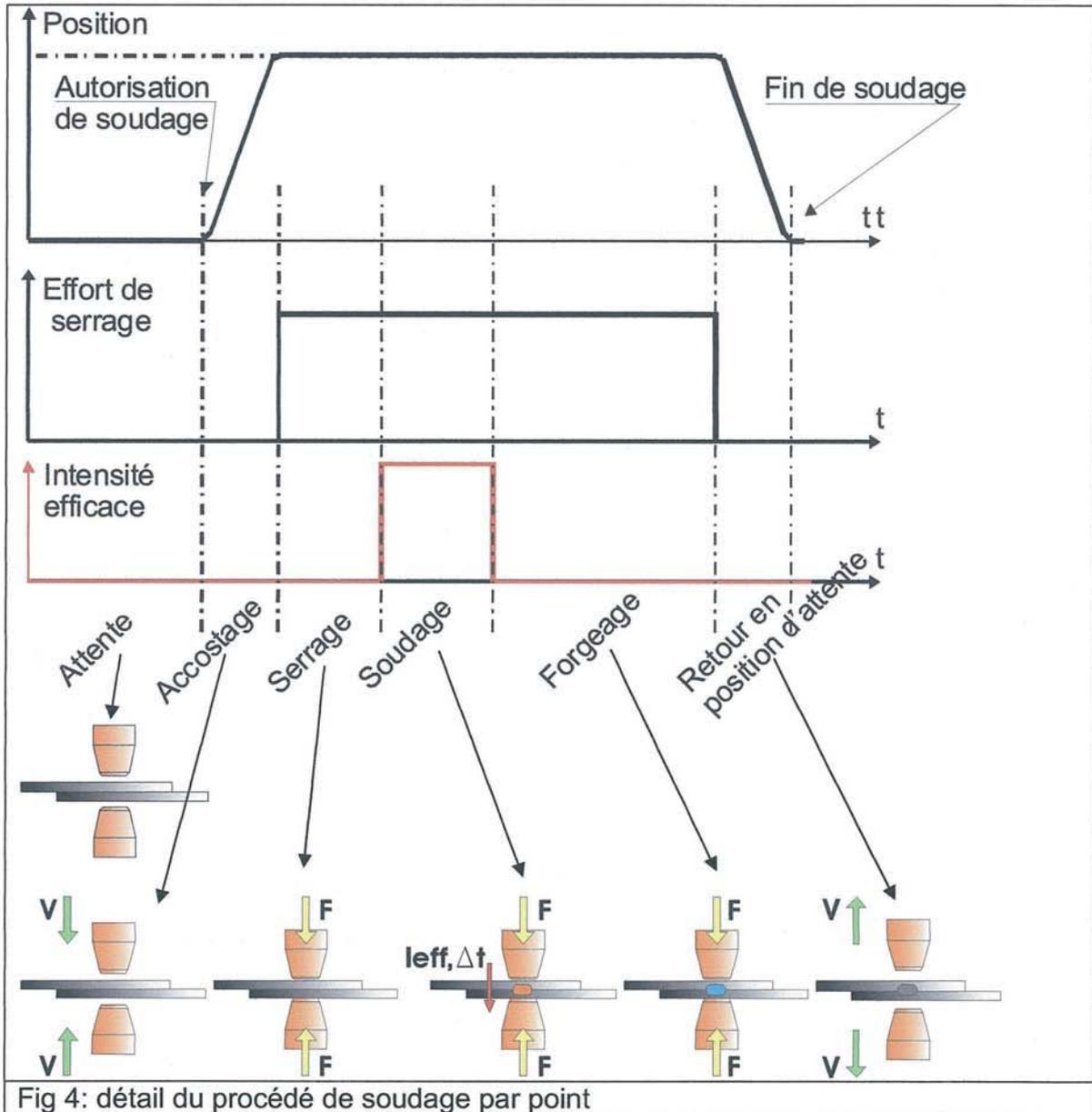
L'effort de serrage est maintenu, il permet d'avoir une bonne compacité du noyau.

### IV- Fonctionnalités d'une soudeuse par points:

Une soudeuse par points doit donc

- se déplacer pour souder les tôles de forme complexe :  
c'est le robot sur lequel elle est installée qui la déplace au bon endroit
- produire un effort de serrage des électrodes constant
- produire un courant de valeur efficace constante pendant une durée déterminée constante
- respecter un cycle de soudage programmé :  
ce cycle de soudage commence quand la soudeuse reçoit une information du robot: "autorisation de soudage" (quand le robot a fini de positionner la soudeuse).  
Quand le cycle de soudage est terminé, la soudeuse renvoie au robot un compte rendu indiquant
  - la fin de l'exécution
  - les paramètres du point de soudure exécuté (pour traçabilité)
  - l'état de la soudeuse :

- identité du défaut si défaut
- demande de rodage des électrodes
- demande de changement des électrodes



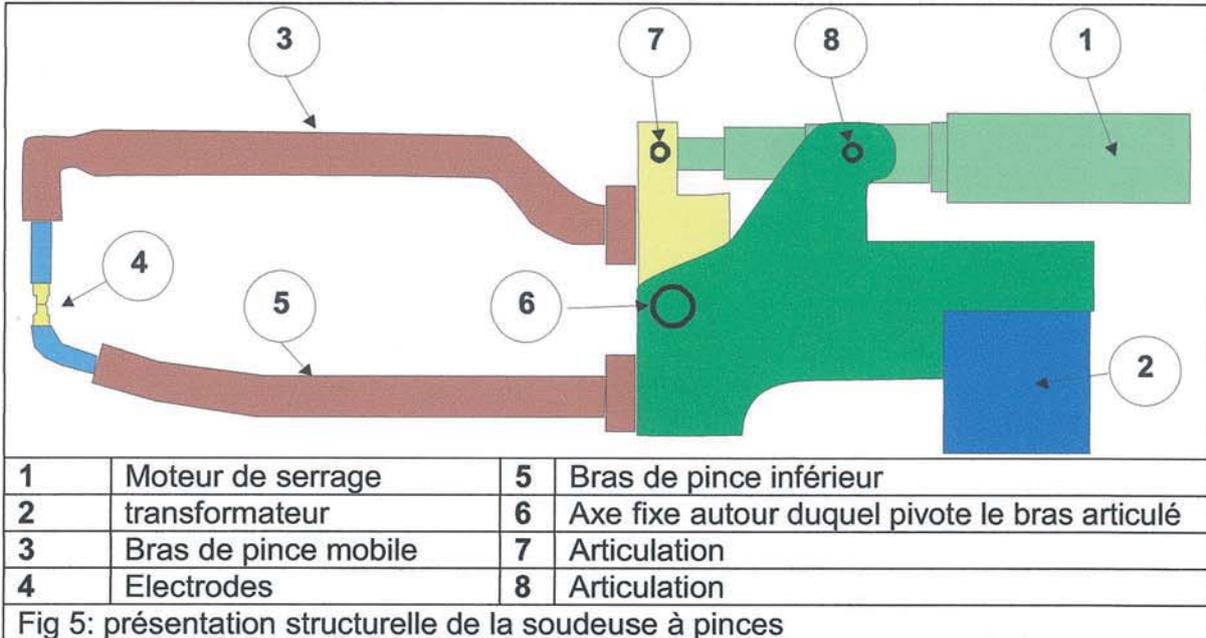
**V- Approche structurelle: la soudeuse cf figure 5**

La soudeuse par points est constituée d'un ensemble de 2 électrodes montées à l'extrémité de bras de pince, l'un fixe, l'autre articulé.

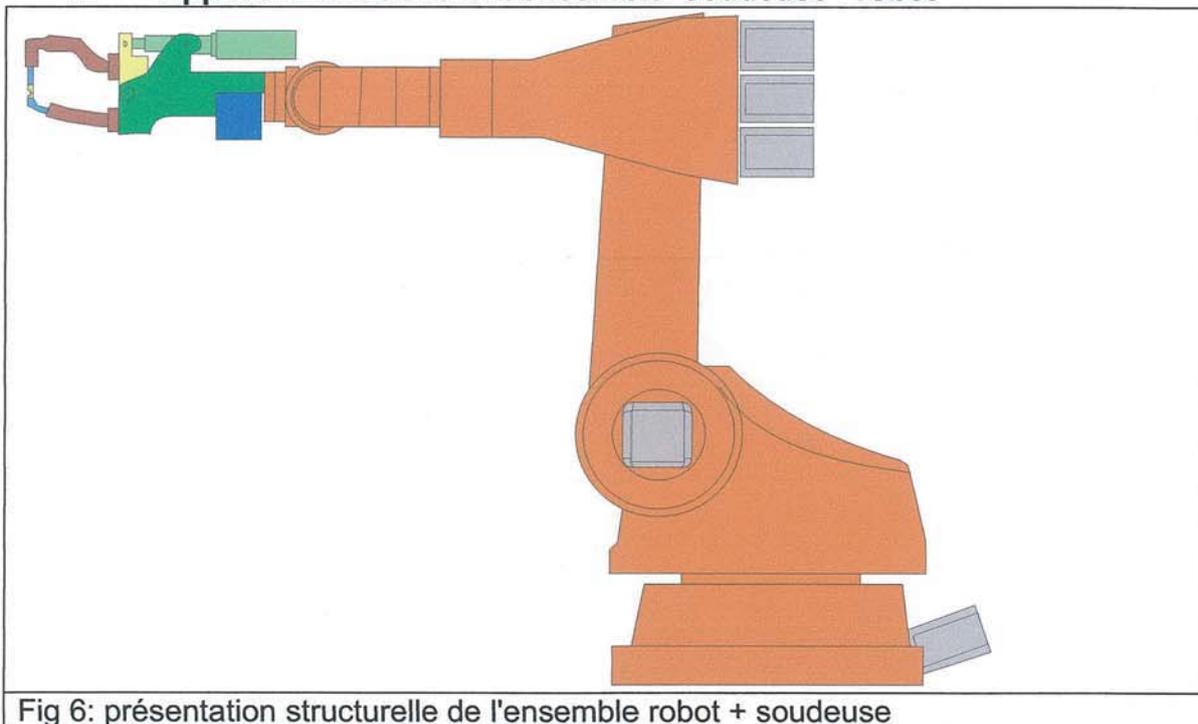
Un moteur (pneumatique ou électrique) associé à une chaîne cinématique de transformation de mouvement assure le déplacement de l'électrode mobile et produit l'effort de serrage.

Un transformateur associé à un modulateur d'énergie produit le courant de soudage élevé sous faible tension.

Un système de refroidissement à eau maintient l'ensemble à une température de fonctionnement raisonnable.



**VI- Approche structurelle: l'ensemble soudeuse - robot**



## VII- Schéma fonctionnel de raccordement puissance de l'ensemble pince - robot

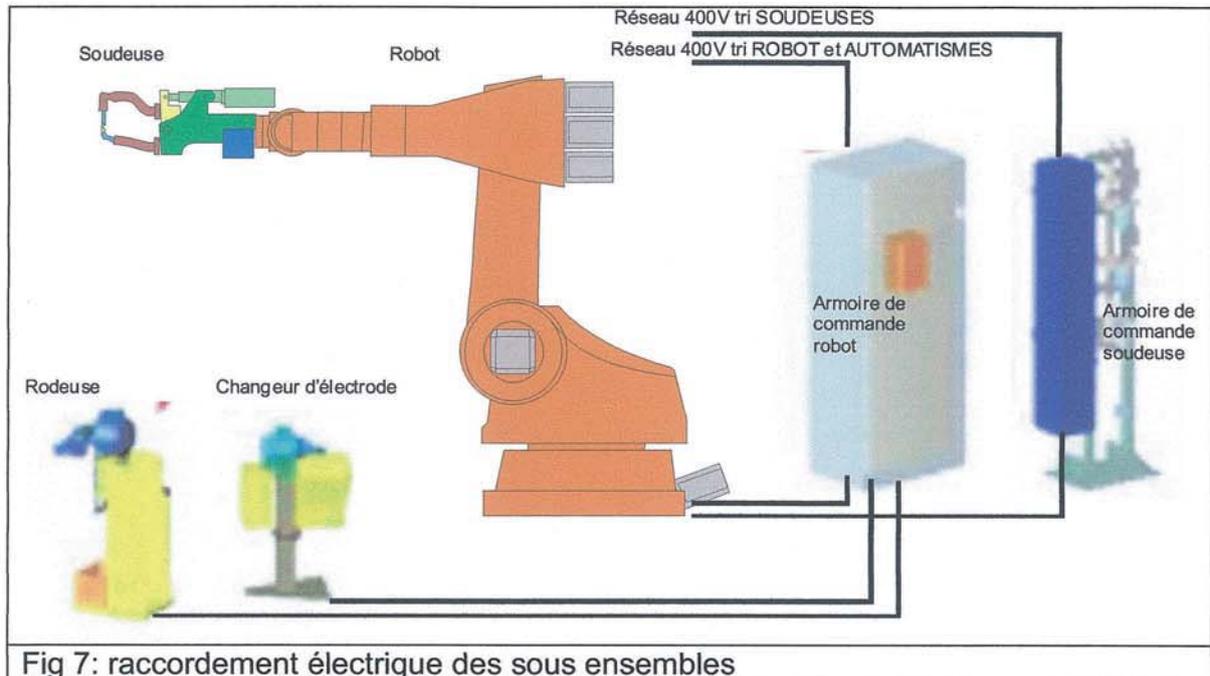


Fig 7: raccordement électrique des sous ensembles

## VIII- Le transformateur d'alimentation de la soudeuse

Le transformateur cuirassé fournit le courant de soudage.

Le primaire est en fil émaillé, le secondaire est constitué de tube en cuivre, le transformateur est imprégné de résine époxy.

Une protection thermique est assurée par deux thermostats à contacts libres de potentiel normalement fermés intégrés au circuit primaire et secondaire.

## IX- la modulation de l'énergie de soudage

L'alimentation du transformateur de soudage est réalisée avec un modulateur d'énergie qui permet de régler le courant de soudage pendant un temps déterminé.

## X- Le système de serrage ds pinces de la soudeuse

Il est constitué d'un système à 3 points d'articulation,

Le moteur peut être un vérin pneumatique ou un moteur électrique avec vis sans fin.

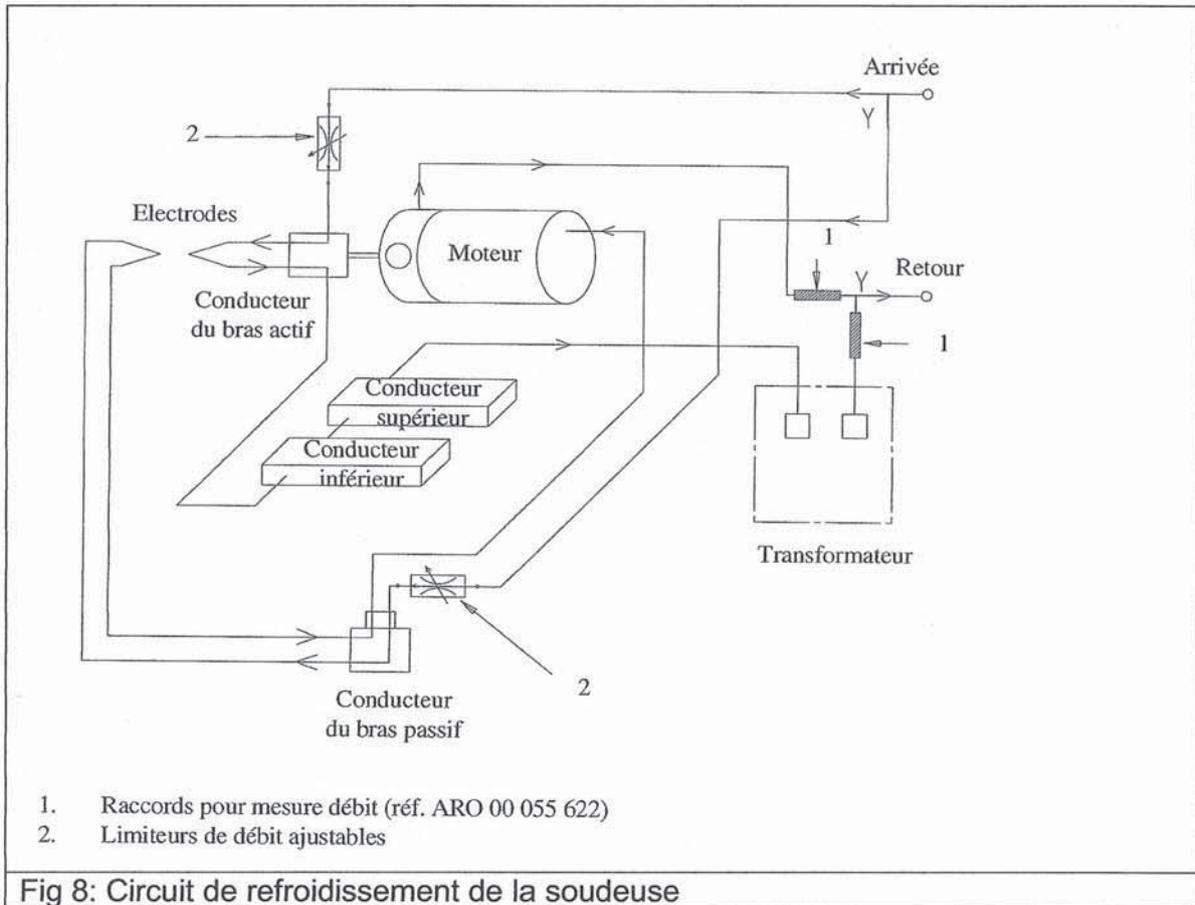
## XI- Le refroidissement de la soudeuse (cf figure 8)

Le refroidissement est assuré par la circulation d'eau dans les parties sujettes à l'échauffement.

Il est décomposé en deux circuits.

Une centrale d'alimentation fournit une eau déminéralisée à toutes les soudeuses de l'atelier à une pression de 4 bars et à une température de 20°C, elle est évacuée à une température d'environ 30°C par un réseau collecteur vers une station de refroidissement et de recyclage.

Le débit est d'environ 12 l / min pour chaque soudeuse



### XII- Contrôle-commande de la soudeuse

Un automate programmable (microcontrôleur) dédié à la commande de la soudeuse

- commande le modulateur d'énergie
- gère la valeur efficace du courant de soudage
- fixe la durée du soudage
- gère le déplacement de l'électrode mobile
- gère la force de serrage.

Il assure également la fonction de gestion des défauts

### XIII- Interface homme machine de la soudeuse

Un pupitre de contrôle permet de :

- configurer la soudeuse
- lire les paramètres
- lire les signalisations de défaut en "local"
- faire une commande locale d'essai, ce qui facilite les opérations de dépannage.

**Fiche de poste:**

Elaboré par le service « qualité soudure » pour chaque robot soudeur, elle précise

- les programmes que peut réaliser la soudeuse (séquences)
- les différents points de soudure à faire (n° de point)
- les coordonnées X,Y et Z du point de soudure par rapport à la position initiale du robot (position absolue).

Cette fiche sert à programmer les automates de la soudeuse et du robot.

<b>Nom du poste de soudage BR_770N4</b>					
<b>FICHE DE PARAMETRAGE SOUDAGE</b>					
	<b>Effort de serrage</b>	<b>Epaisseur totale à souder</b>	<b>I soudage</b>	<b>durée de soudage</b>	<b>durée de maintien</b>
	<i>en daN</i>	<i>en mm</i>	<i>en kA</i>	<i>en périodes</i>	<i>en périodes</i>
<b>tolérances</b>	+/- 25 daN	-0/+0.2	+/- 300A		+/- 3
<b>N° Séquence</b>					
<b>28 (rodage)</b>	130	8,0	0	30	
<b>29 (rodage)</b>	130	8,0	0	25	
<b>32</b>	260	1,7	11,8	11	11
<b>33</b>	260	1,7	11,8	11	11
<b>34</b>	260	1,9	11,8	12	12
<b>36</b>	525	4,5	13,5	8	24
<b>38</b>	475	4,0	13,5	6	18
<b>Paramètres de rodage:</b> Fréquence: tous les 300 points de soudure N° de séquence de rodage: 29					
<b>Paramètres de changement d'électrodes:</b> tous les 1200 points					
<b>Paramètres de compensation d'usure:</b> correction linéaire de la consigne d'intensité de soudage: de 100% de la consigne initiale au premier point à 110% pour le 300° point					
<b>Durée du cycle de soudage :</b> 3s					
<b>Cadence:</b> 20 points de soudure par minute					
<b>Durée maxi de soudage:</b> 15 périodes de 20 ms					
<b>Durée maxi du maintien:</b> 30 périodes					

## DOSSIER TECHNIQUE DTB: LE CIRCUIT DE PUISSANCE

### PARTIE B1: LA SOUDEUSE "50Hz"

Figure 1 : SCHEMA STRUCTUREL D'UNE SOUDEUSE 50 Hz

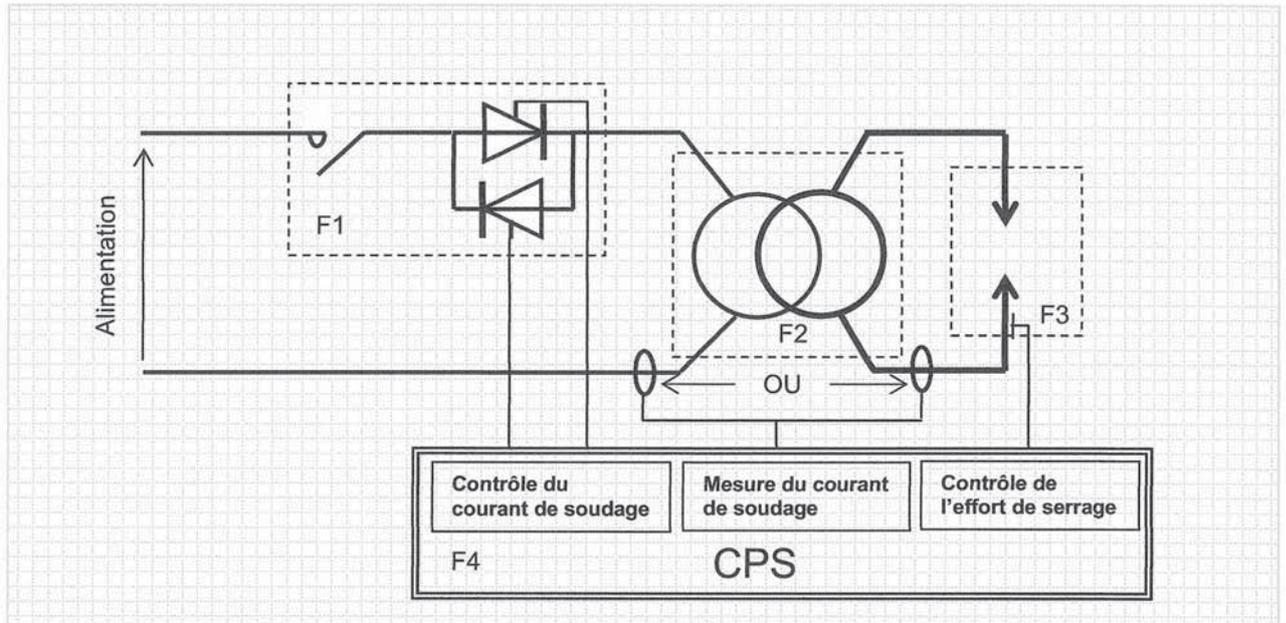
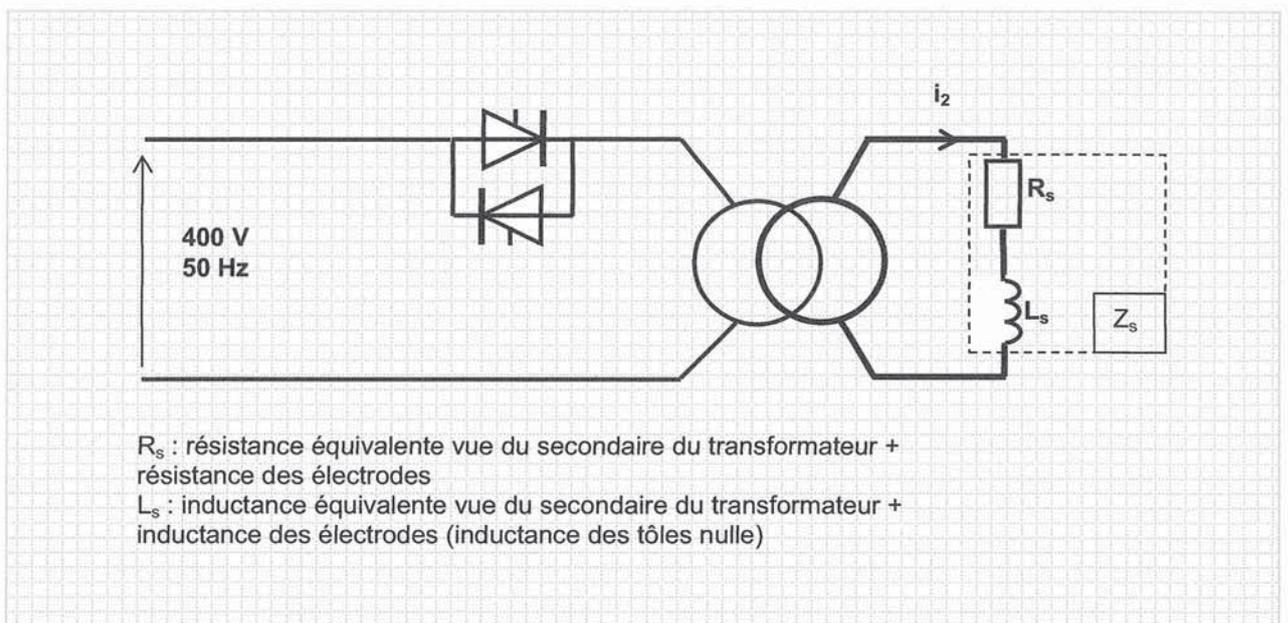
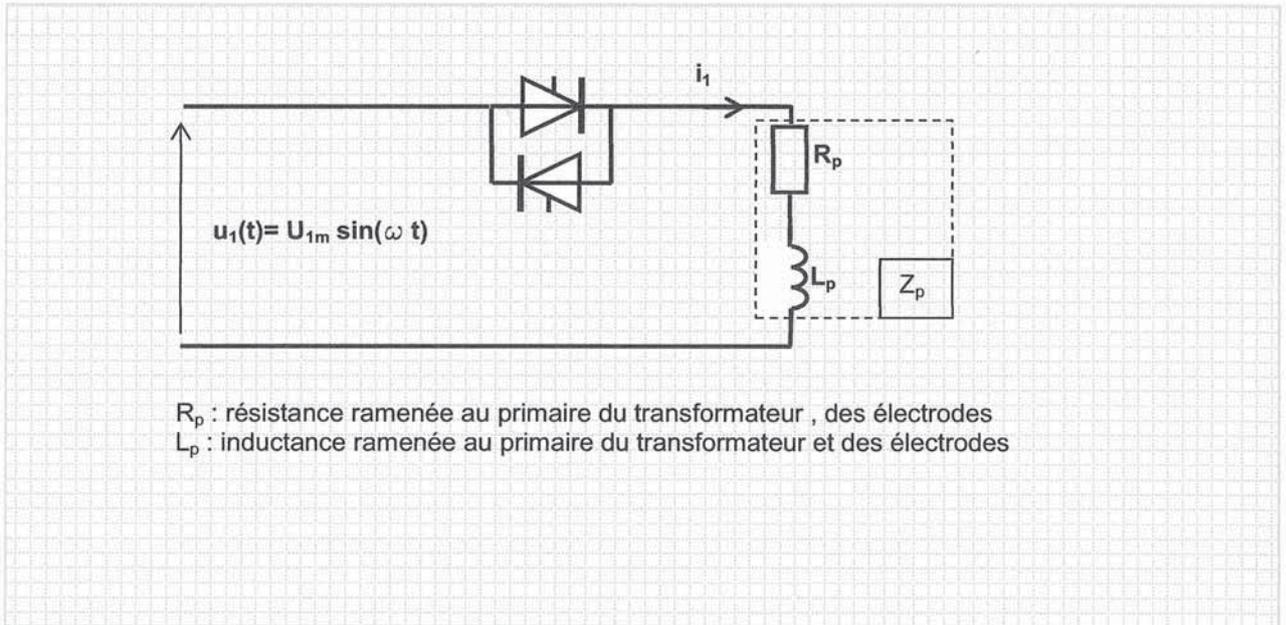


Figure 2 : SCHEMA EQUIVALENT D'UNE SOUDEUSE 50 Hz  
Essai électrodes serrées à l'effort nominal, en court-circuit, impédance vue du secondaire



**Figure 3 : SCHEMA EQUIVALENT D'UNE SOUDEUSE 50 Hz  
impédance ramenée au primaire**



### RESULTATS DES ESSAIS d'IDENTIFICATION

**1<sup>er</sup> essai:** essai à vide

Valeur efficace de la tension primaire $U_1$	400 V
Valeur efficace de la tension secondaire à vide	13,5 V

**2<sup>e</sup> essai :** essai en court circuit pinces serrées

Conditions d'essai	Valeur efficace du courant secondaire $I_2$ réglé
- $U_1 = 400$ V - Pleine conduction des thyristors	23 kA

## COMMANDE PROGRAMMABLE DE SOUDAGE

### 1-Choix du mode de contrôle du courant

#### **11-Fonctionnement à taux de conduction constant (ou %)**

L'angle  $\Psi$  de retard à l'amorçage des thyristors est imposé par la CPS:

il varie entre  $\varphi$ , valeur minimale dépendant de l'installation et théoriquement  $180^\circ$  correspondant à la conduction nulle.

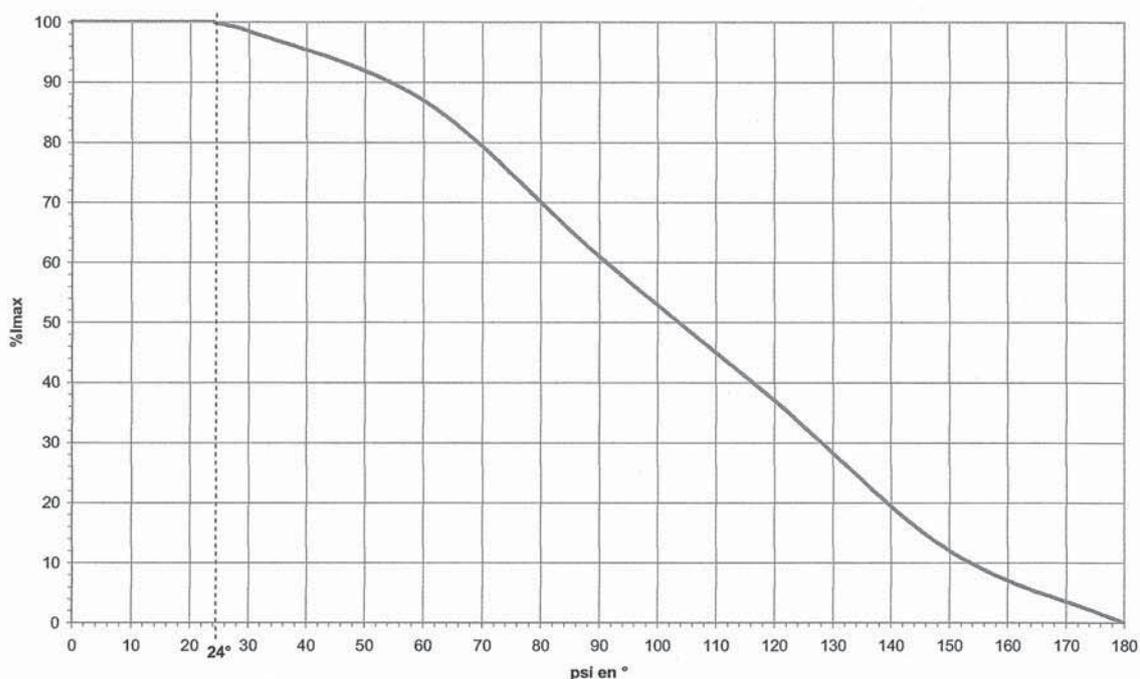
Les butées de réglage permises par la CPS sont :

Valeur maximale de l'angle:  $153^\circ$  (8,5 ms).

Valeur minimale de l'angle :  $\varphi$

Cette programmation se fait en % de la valeur maximale du courant de soudage.

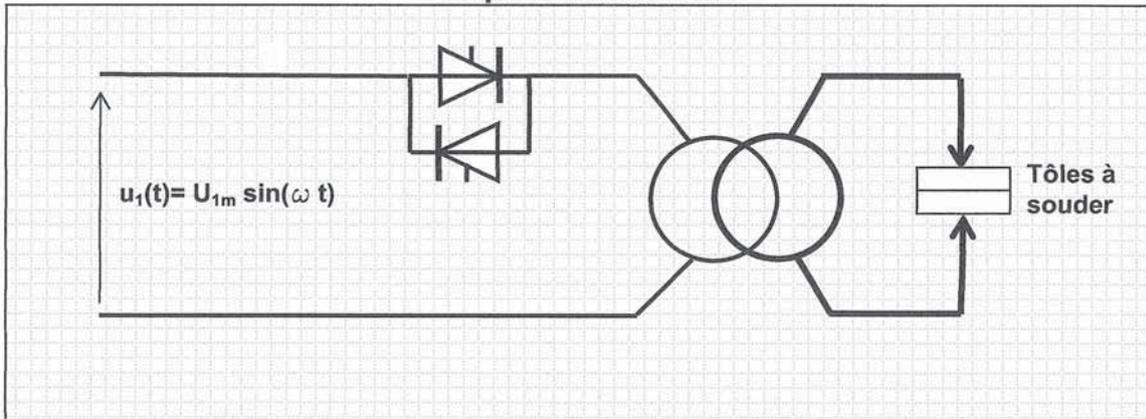
Un essai « électrodes serrées » sous tension nominale de la soudeuse étudiée a permis d'obtenir la courbe  $\%I_{max} = f(\Psi)$  suivante :



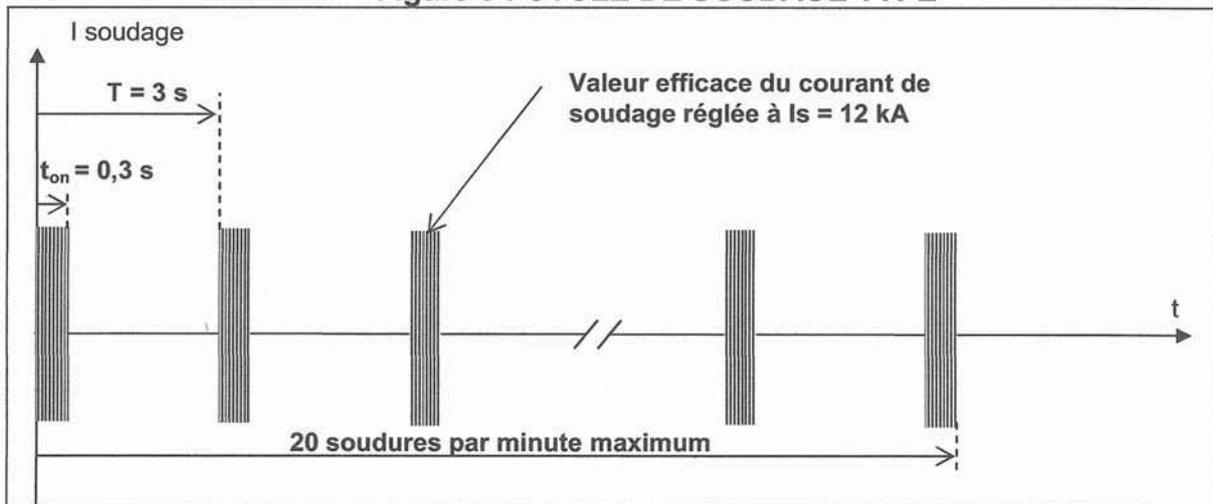
#### **12-Fonctionnement à intensité constante**

L'angle  $\Psi$  est adapté pour obtenir et maintenir une intensité programmée par l'utilisateur afin de garantir une qualité de soudure constante indépendamment des fluctuations de tension du réseau ou de l'impédance de la soudeuse (état des électrodes, échauffement des circuits, état de surface des tôles ...).

**Figure 4: SCHEMA EQUIVALENT D'UNE SOUDEUSE 50 Hz en présence de tôles**



**Figure 5 : CYCLE DE SOUDAGE TYPE**



**Figure 6 : ALLURES de  $u_T(\omega t)$  et  $i_1(\omega t)$**

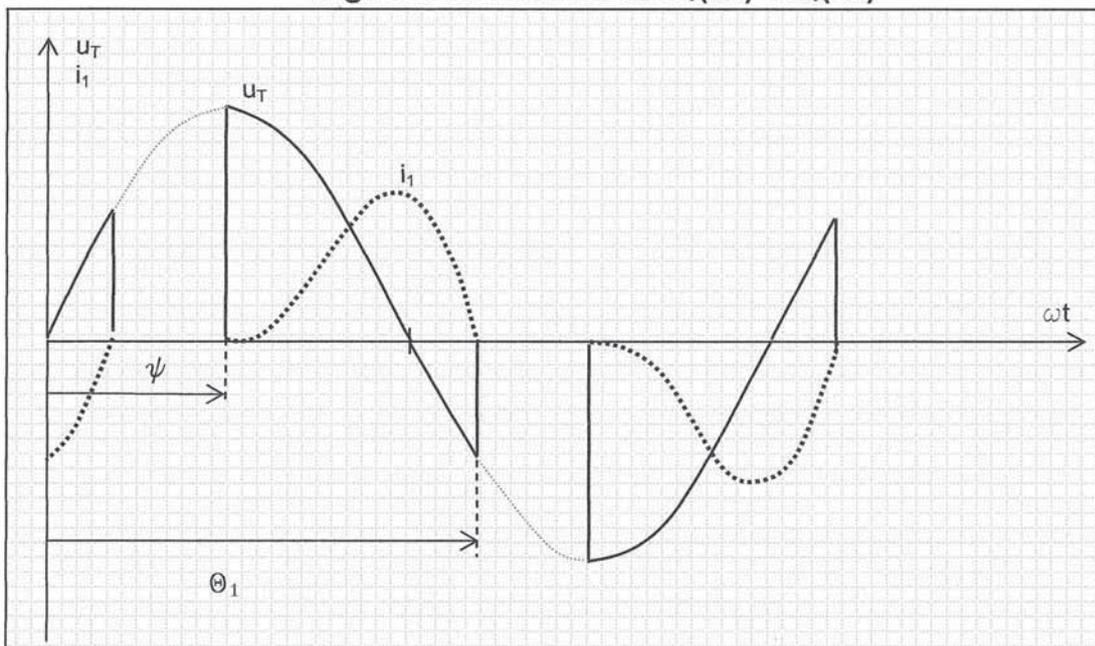


Figure 7 : EVOLUTION RELATIVE à  $U_1$  de  $U_T$

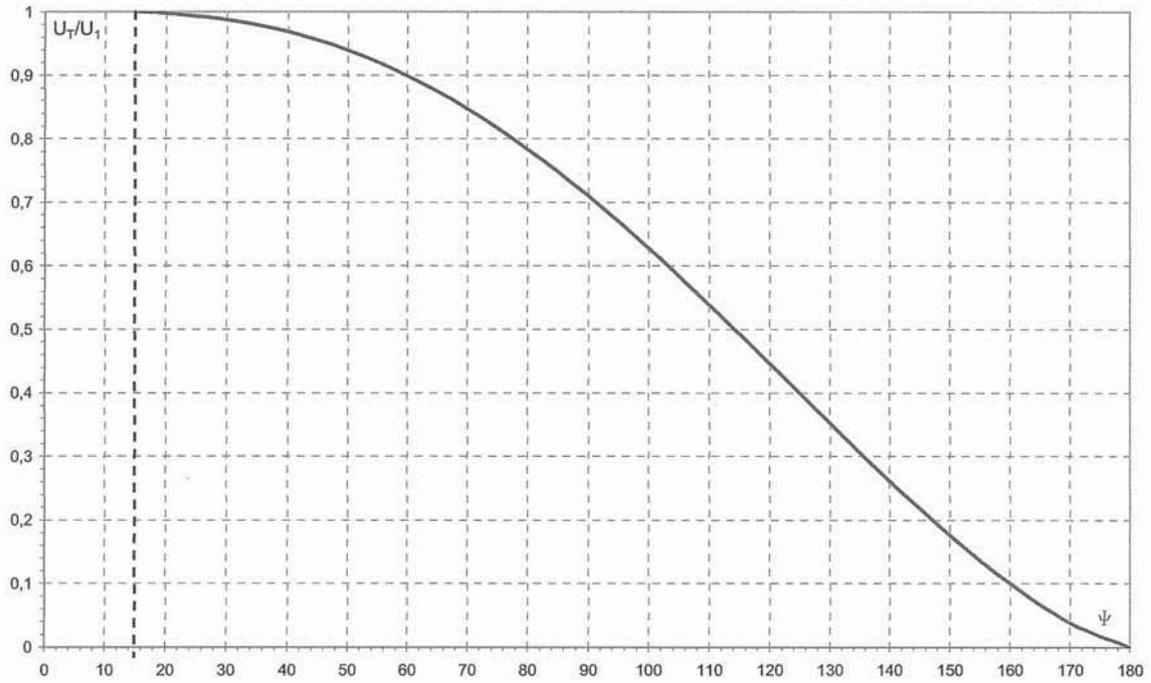
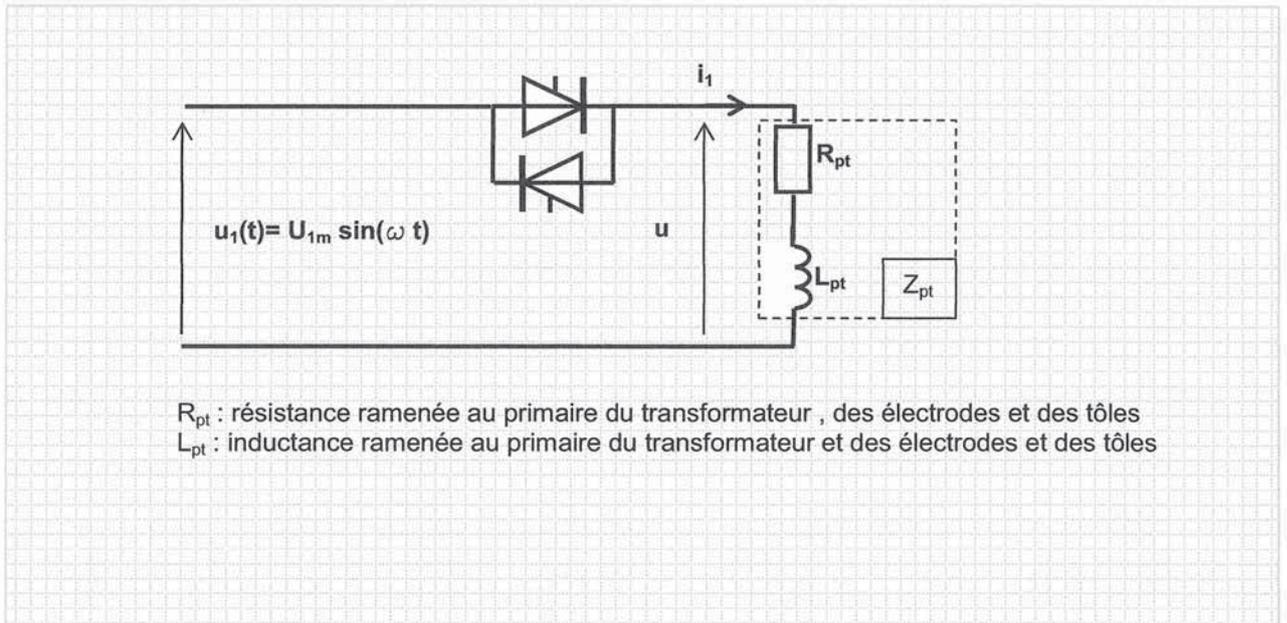


Figure 8 : SCHEMA EQUIVALENT de l'ensemble « TRANSFORMATEUR+ELECTRODES+TOLES »



## COMPENSATION d'USURE

Lorsque des électrodes travaillent, leurs caractéristiques se dégradent suivant deux processus principaux :

- modification de la géométrie.
- modification des caractéristiques du matériau de l'électrode.

Pour conserver une qualité de soudure constante, il faut donc:

- garder une densité de courant constante dans l'électrode
- décaper périodiquement l'électrode par rodage
- changer l'électrode usée.

### **Loi de compensation d'usure :**

La CPS permet de programmer la loi suivante fonction du nombre de points de soudure réalisés par l'électrode :

$$Ic1 = Ic0 (1 + 0.1*n/300)$$

Où

- Ic1 est la consigne corrigée
- Ic0 est la consigne initiale
- n : le nombre de points de soudure

### **Rodage :**

Les rodages d'électrode ont lieu tous les 300 points de soudure.

Le robot positionne la soudeuse sur une fraiseuse qui usine la partie superficielle des électrodes afin de supprimer la couche de métal polluée

Après chaque rodage, la valeur n est remise à zéro.

### **Changement d'électrodes :**

Il a lieu tous les 3 rodages par opération manuelle ce qui provoque un arrêt de production et une mise en position "repli" de la soudeuse par le robot

## FACTEUR DE MARCHE et INTENSITE EQUIVALENTE THERMIQUE

Le facteur de marche de la soudeuse **FM** est donné par la relation suivante :

$$FM = \frac{\text{Somme des temps de passage du courant de soudage}}{\text{Durée totale du cycle}}$$

Temps de cycle: base de temps à choisir suivant le procédé de fabrication:

- machine assurant une production régulière de longue durée (1000 pièces/heure par ex.) : temps de cycle = 3000 périodes secteur.
- machine assurant une production discontinue avec des périodes de travail et des périodes de repos pour le transport des pièces (ex : pince montée sur un robot.) :  
temps de cycle = temps s'écoulant entre deux "départs de cycle" pièce.

Le contrôle du facteur de marche par la CPS consiste à vérifier que le courant permanent maximum que la soudeuse peut supporter n'est pas dépassé.

### Principe de calcul du courant permanent (ou thermique) $I_{th}$

Après chaque point de soudure, la CPS calcule le facteur de marche établi sur les dernières 60 secondes de fonctionnement de la soudeuse en appliquant la formule suivante:

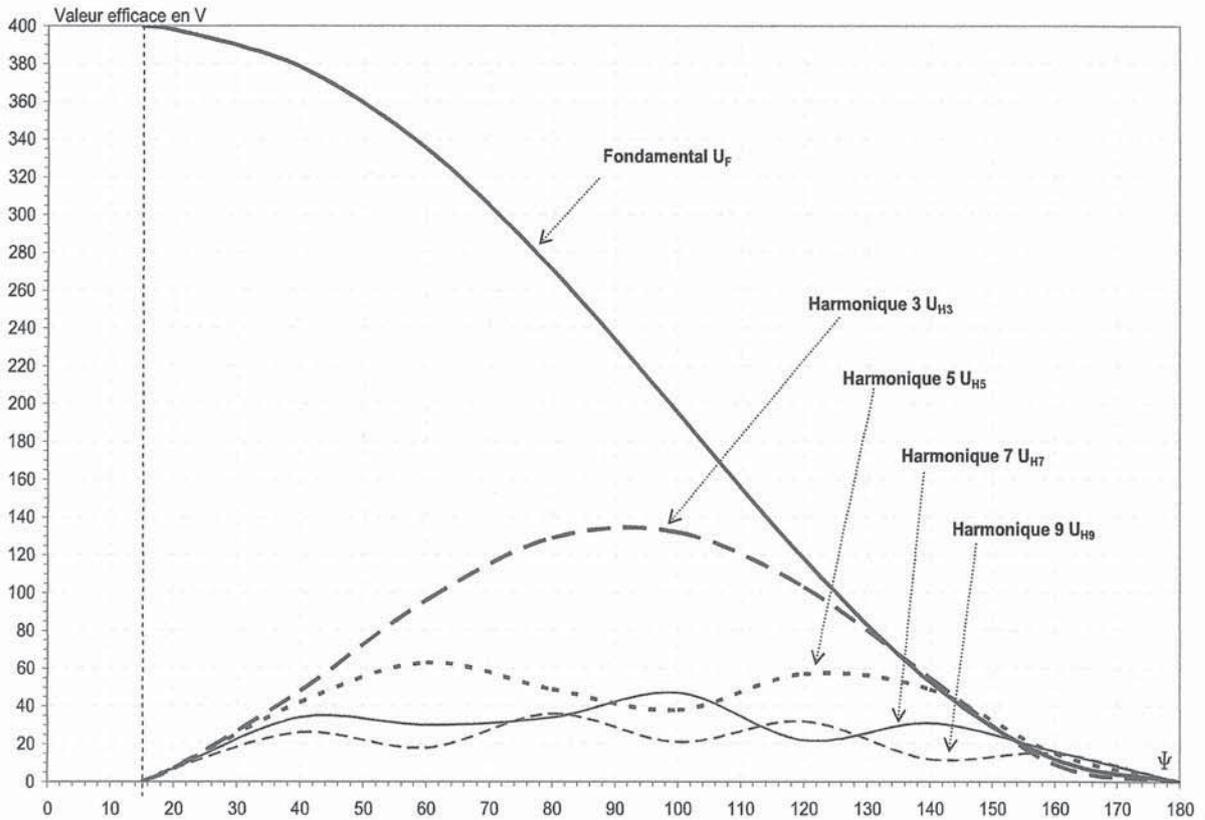
$$I_{th} = \sqrt{\frac{I_{S1}^2 t_{S1} + I_{S2}^2 t_{S2} + \dots + I_{Sn}^2 t_{Sn}}{60}}$$

Où

- $I_{S1}$ ,  $I_{S2}$ , .....  $I_{Sn}$  intensités efficaces moyennes mesurées au cours des n points effectués pendant les 60 dernières secondes (en kA).
- $t_{S1}$ ,  $t_{S2}$ , .....  $t_{Sn}$  temps de soudage réalisés à chacun des n points effectués pendant les 60 dernières secondes (en s).

Ensuite la CPS compare la valeur calculée à la limite thermique programmée et génère un défaut s'il y a dépassement.

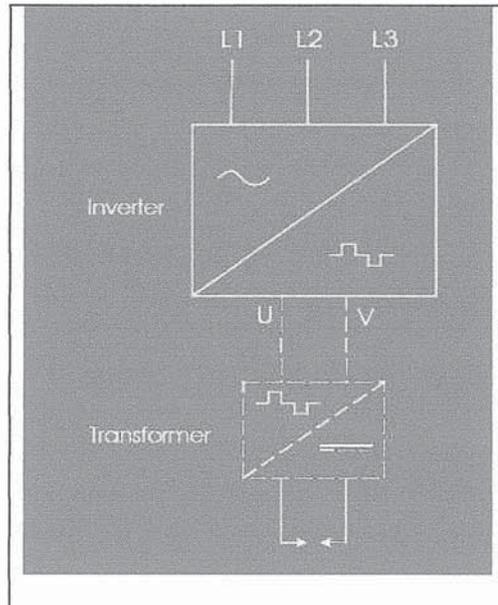
**Figure 9 : EVOLUTION de la VALEUR EFFICACE du FONDAMENTAL et des HARMONIQUES H3, H5, H7 et H9 DE LA TENSION  $u_T$  en fonction de  $\psi$**   
**Les courbes sont tracées pour une tension d'alimentation du gradateur de valeur efficace 400V**



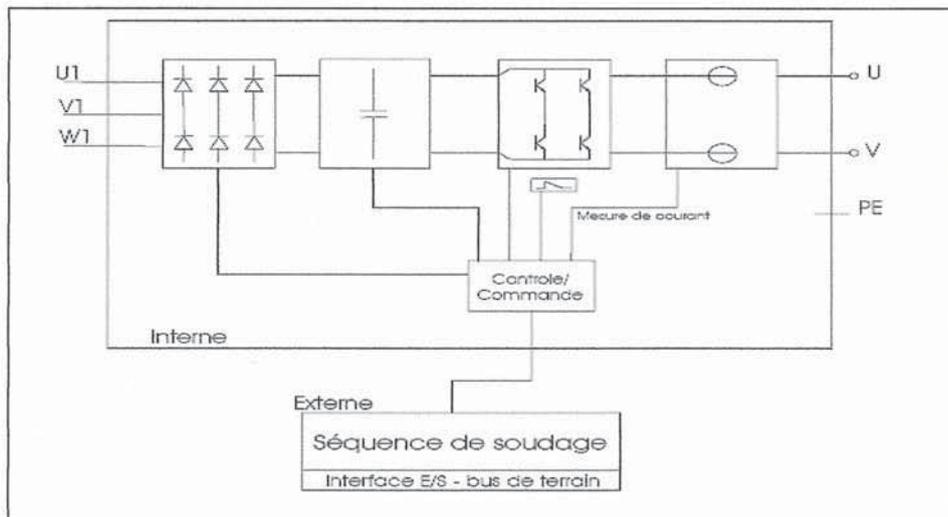
## PARTIE B2 : Soudage Moyenne Fréquence 1000 Hz

### 1. STRUCTURE GENERALE DES SOUDEUSES 1000 Hz

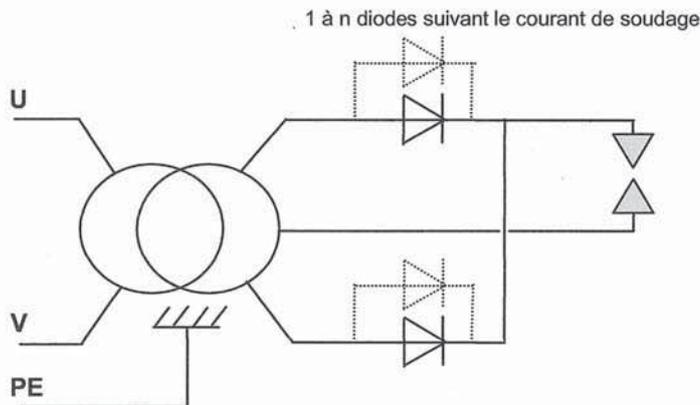
#### 1.1. Sérigraphie face avant



#### 1.2. Schéma de principe du convertisseur (inverter)



### 1.3. Schéma de principe de l'ensemble « transformateur-redresseur secondaire »



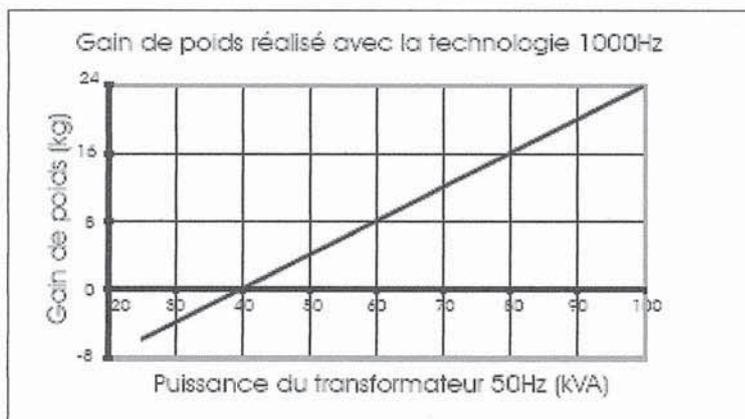
## 2. AVANTAGES DE LA MOYENNE FREQUENCE

### 2.1. Avantages liés au redressement secondaire (courant continu)

- Suppression de la composante inductive de l'impédance du circuit secondaire
- Le courant de soudage n'est plus limité par la taille de la fenêtre de soudage. Le corps de pince devient beaucoup plus capacitair.

### 2.2. Avantages liés au transformateur 1000 Hz

- Gain de poids lié au transformateur au-delà d'une puissance apparente de 40 kVA



#### - Applications directes :

- \* pince à grand débattement (soudage plancher...)
- \* limitation du poids de la pince et de la taille du robot.

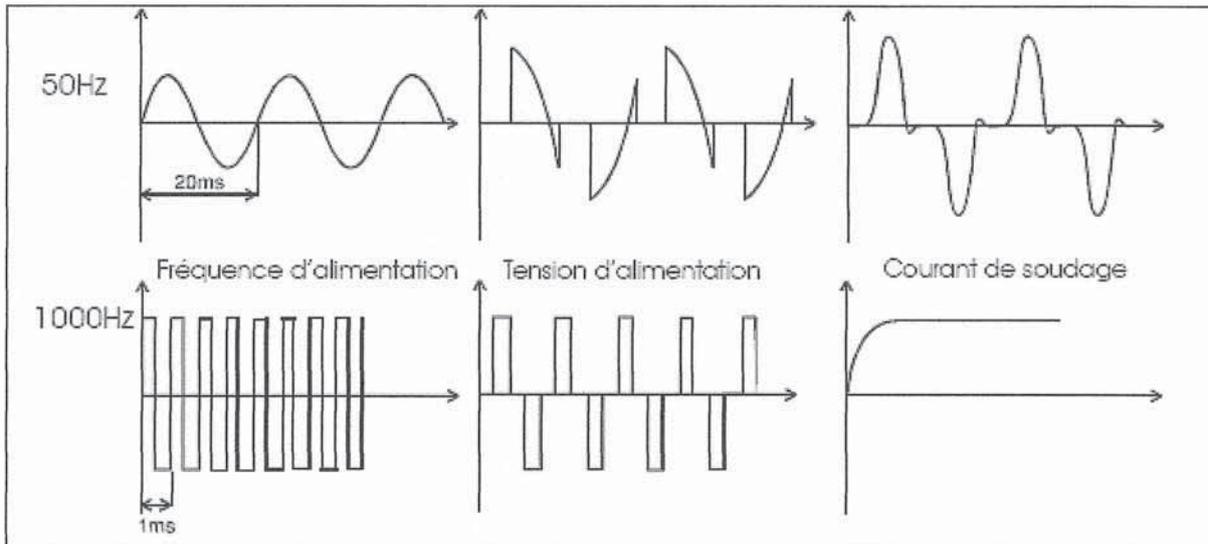
### 2.3. Avantages liés à l'alimentation par le réseau triphasé

- L'onduleur 50/1000 Hz alimentant le transformateur est branché directement sur le réseau triphasé d'où :
  - \* un meilleur équilibrage de la charge du réseau
  - \* un redimensionnement plus faible des câbles et organes de protection (contacteurs, disjoncteurs...)

- Faible déphasage courant-tension permettant une faible consommation d'énergie réactive

#### 2.4. Avantages liés à la haute fréquence

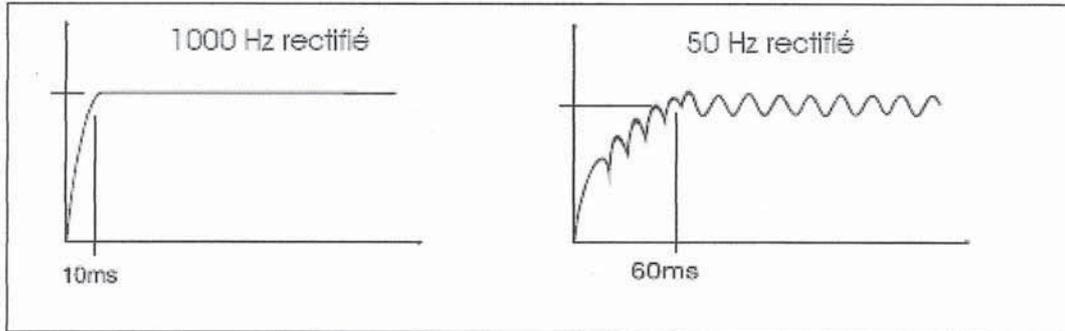
- L'effet selfique de la boucle secondaire permet de lisser l'allure du courant de soudage.
- L'absence de pics de courant évite la formation de micro-arcs électriques entre les électrodes et les tôles et réduit les interférences électromagnétiques avec le métal en fusion.



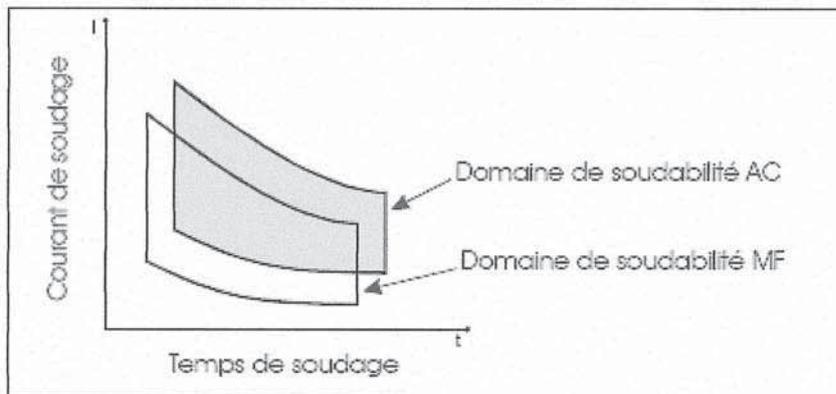
Ceci a pour conséquences :

- \* d'éviter la destruction du revêtement à la surface des points soudés
- \* d'augmenter la durée de vie des électrodes
- \* de limiter les risques de projection de matière lors de la formation du noyau

- La fréquence de 1000 Hz permet une montée en courant très rapide contrairement à une solution 50 Hz redressée. Aussi, la technologie de soudage moyenne fréquence redressée permet la réalisation de points d'assemblage de haute qualité à un coût économiquement rentable (soudage de bossage, points de sécurité, points d'aspect...)



-A puissance de soudage équivalente, un courant continu permet d'abaisser le domaine de soudabilité en diminuant soit la valeur de courant nominal nécessaire soit la durée du temps de soudage.



## EXTRAITS DU REFERENTIEL DU BTS ELECTROTECHNIQUE

### 1-Compétences mobilisées dans les tâches professionnelles

T1.3 <i>Concevoir des solutions techniques et des processus de fabrication dans le respect du cahier des charges et des contraintes imposées par le procédé</i>		
Données	Compétences mises en oeuvre	Indicateurs de performance
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cahier des charges fonctionnel</li> <li>• Contraintes techniques et technologiques</li> <li>• Données techniques des fournisseurs</li> <li>• Normes et réglementations à respecter</li> </ul>	<p><b>C02</b> : Choisir une solution technique  <b>C03</b> : Analyser une solution technique  <b>C07</b> : Argumenter sur la solution technique retenue  <b>C08</b> : Concevoir une solution technique</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• La solution technique conçue et retenue est conforme au cahier des charges fonctionnel</li> <li>• L'argumentation présentée est recevable</li> <li>• Les dossiers d'étude fournis sont complets et correctement rédigés</li> </ul>

T2.4 <i>Proposer des améliorations de procédé et d'organisation</i>		
Données	Compétences mises en oeuvre	Indicateurs de performance
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Résultats et historiques de production</li> <li>• Dossier technique de l'installation</li> <li>• Rapport d'incident</li> </ul>	<p><b>C01</b> : Analyser un dossier  <b>C02</b> : Choisir une solution technique  <b>C03</b> : Analyser une solution technique  <b>C07</b> : Argumenter sur la solution technique retenue  <b>C14</b> : Analyser les causes de dysfonctionnement</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Les causes de dysfonctionnement sont répertoriées</li> <li>• La solution technique proposée permet d'améliorer la sécurité et les performances</li> <li>• L'argumentation présentée est recevable</li> </ul>

### 2-Récapitulatif des différentes compétences

<b>C01</b> Analyser un dossier	<b>C18</b> Interpréter des indicateurs, des résultats de mesure et d'essais
<b>C02</b> Choisir une solution technique	<b>C19</b> Identifier les paramètres de réglage
<b>C03</b> Analyser une solution technique	<b>C20</b> Régler les paramètres
<b>C04</b> Rédiger un document de synthèse	<b>C21</b> Réaliser un ouvrage, un équipement ou un produit
<b>C05</b> Déterminer les ressources et les contraintes	<b>C22</b> Déterminer les différentes tâches
<b>C06</b> Respecter une procédure	<b>C23</b> Planifier les tâches
<b>C07</b> Argumenter sur la solution technique retenue	<b>C24</b> Suivre la réalisation
<b>C08</b> Concevoir une solution technique	<b>C25</b> Analyser un planning
<b>C09</b> Élaborer les dossiers techniques	<b>C26</b> Contrôler la conformité d'un produit
<b>C10</b> Réaliser les représentations graphiques nécessaires	<b>C27</b> Estimer les délais d'approvisionnement
<b>C11</b> Estimer les coûts prévisionnels	<b>C28</b> Communiquer de façon adaptée à la situation
<b>C12</b> Concevoir une procédure	<b>C29</b> Exercer une responsabilité hiérarchique
<b>C13</b> Appliquer les normes	<b>C30</b> Ordonnancer des opérations de maintenance
<b>C14</b> Analyser les causes de dysfonctionnement	<b>C31</b> Intervenir sur une installation
<b>C15</b> Estimer les délais de réalisation	<b>C32</b> Interpréter la demande du client
<b>C16</b> Élaborer un support de formation	<b>C33</b> Animer une réunion
<b>C17</b> Mettre en oeuvre des moyens de mesurage	

### **3-Niveaux taxonomiques**

#### **Niveau 1 : niveau de l'information**

Le candidat a reçu une information minimale sur le concept abordé et il sait, de manière globale, de quoi il s'agit. Il peut donc par exemple identifier, reconnaître, citer, éventuellement désigner un élément, un composant au sein d'un système, citer une méthode de travail ou d'organisation, citer globalement le rôle et la fonction du concept appréhendé.

#### **Niveau 2 : niveau de l'expression**

Ce niveau est relatif à l'acquisition des moyens d'expression et de communication en utilisant le langage de la discipline. Il s'agit à ce niveau de maîtriser un savoir relatif à l'expression orale (discours, réponses orales, explications) et écrite (textes, croquis, schémas, représentations graphiques et symboliques en vigueur). Le candidat doit être capable de justifier l'objet de l'étude en expliquant par exemple un fonctionnement, une structure, une méthodologie, etc. Ce niveau englobe le précédent.

#### **Niveau 3 : niveau de la maîtrise d'outils**

Cette maîtrise porte sur la mise en oeuvre de techniques, d'outils, de règles et de principes en vue d'un résultat à atteindre. C'est le niveau d'acquisition de savoir-faire cognitifs (méthode, stratégie). Ce niveau permet donc de simuler, de mettre en oeuvre un équipement, de réaliser des représentations, de faire un choix argumenté, etc. Ce niveau englobe, de fait, les deux niveaux précédents.

#### **Niveau 4 : niveau de la maîtrise méthodologique**

Ce niveau vise à poser puis à résoudre les problèmes dans un contexte global industriel. Il correspond à une maîtrise totale de la mise en oeuvre d'une démarche en vue d'un but à atteindre. Il intègre des compétences élargies, une autonomie minimale et le respect des règles de fonctionnement de type industriel (respect des normes, de procédures garantissant la qualité des produits et des services). Ce niveau englobe, de fait, les trois niveaux précédents.

## **4-Contenus d'enseignement en génie électrique**

### **1 La conversion de l'énergie électrique dans les applications :**

#### **1.1 L'entraînement électrique :**

1.1.1 Couplage d'une charge à une source par rapport à la charge (réversibilité) ou par rapport à l'environnement<sup>16</sup> ;

1.1.2 Outils méthodologiques associés à l'étude d'une chaîne cinématique.

#### **1.2 Les différents types d'actionneurs électromécaniques :**

1.2.1 Actionneurs électromécaniques dédiés au déplacement de produit ;

1.2.2 Actionneurs électromécaniques dédiés à la transformation de produit.

#### **1.3 Les différents types de récepteurs en électrothermie :**

1.3.1 Différents procédés de conversion de l'énergie électrique en électrothermie.

#### **1.4 Les différents types de récepteurs en électrochimie :**

1.4.1 Différents procédés de conversion en électrochimie.

#### **1.5 La chaîne de commande des moteurs :**

1.5.1 Différents principes et choix des matériels :

1.5.1.1 Représentations graphiques utilisées dans le domaine de la conversion d'énergie électrique

1.5.1.2 Logiciel de conception assisté par ordinateur (C.A.O.) pour les représentations graphiques normalisées des installations de motorisation ;

1.5.1.3 Appareillage des départs moteurs selon les normes en vigueur (coordination type 1 & 2)

1.5.1.4 Appareillage des départs moteurs progressifs (électromécaniques et électroniques) ;

1.5.1.5 Appareillage de variation de vitesse.

1.5.2 Réalisation des équipements

1.5.2.1 Règles de conception et réalisation des armoires électriques de commande de machine automatisée selon les règles de l'art et les normes en vigueur

#### **1.6 La régulation industrielle et les fonctions spéciales :**

1.6.1 Différents principes de régulation

1.6.1.1 Constituants d'un procédé de régulation

1.6.1.2 Boucle de régulation

1.6.2 Boucle de régulation d'un procédé

1.6.2.1 Outils adaptés pour programmer une application de régulation

1.6.2.2 Paramètres d'une boucle de régulation

#### **1.7 La sécurité machine et la mise en conformité :**

1.7.1 Mise en sécurité des machines en accord avec la réglementation en vigueur

1.7.1.1 Normes régissant la sécurité des machines

1.7.1.2 Démarche de réception d'une machine neuve ou reconditionnée vis à vis de la réglementation

1.7.1.3 Constituants de sécurité

## **2 La production, le transport et la distribution de l'énergie électrique :**

### **2.1 Les différentes sources d'énergie et leurs exploitations dans les applications électriques :**

#### **2.1.1 Production de l'énergie électrique :**

- 2.1.1.1 Principales sources de production de l'énergie (nucléaire, hydraulique et fossile) ;
- 2.1.1.2 Principes et matériels mis en oeuvre dans les autres sources d'énergie électrique (nouvelles énergies renouvelables) ;
- 2.1.1.3 Classement des différentes sources de production en fonction de leurs applications.

#### **2.1.2 Transport de l'énergie électrique :**

- 2.1.2.1 Architectures des réseaux de transport et d'interconnexion ;
- 2.1.2.2 Caractéristiques de l'appareillage HT ;
- 2.1.2.3 Normes relatives aux équipements mis en oeuvre.

#### **2.1.3 Distribution de l'énergie électrique :**

- 2.1.3.1 Vision globale d'une installation électrique et de son environnement ;
- 2.1.3.2 Matériels permettant de générer des économies d'énergie et d'optimiser les investissements (HTA et BT) ;
- 2.1.3.3 Définition graphique d'une architecture de réseau d'alimentation (HTA et BT) ;
- 2.1.3.4 Dimensionnement, par les calculs et les outils logiciels, des différents éléments qui composent une installation électrique (transformateurs, appareils, câbles...) ;
- 2.1.3.5 Contrôle des modifications d'une installation électrique (compensation réactif normal, ...) en toute sécurité ;
- 2.1.3.6 Normes NFC15-100 et UTE 15-105 ;
- 2.1.3.7 Sources de remplacement (groupes électrogènes, onduleurs,...) et équipements assurant la disponibilité de l'énergie électrique en toute sécurité ;
- 2.1.3.8 Représentations graphiques utilisées dans le domaine de la distribution électrique ;
- 2.1.3.9 Maîtrise d'un logiciel de CAO pour les représentations graphiques normalisées des installations électriques.

### **2.2 La qualité de l'énergie électrique en environnement perturbé :**

#### **2.2.1 Connaissance des protections contre la foudre, conformément aux normes régissant la basse tension :**

- 2.2.1.1 Éléments qui contribuent à la sûreté des installations ;
- 2.2.1.2 Dimensionnement des sources de remplacement (ASI, ADI17 ...) ;
- 2.2.1.3 Protections contre la foudre nécessaires à la bonne marche d'une l'installation ;
- 2.2.1.4 Architecture des protections contre la foudre d'une installation ;
- 2.2.1.5 Normes et réglementations.

#### **2.2.2 La compatibilité électromagnétique : faire coexister courants forts et courants faibles**

- 2.2.2.1 Mise en évidence des phénomènes CEM au travers d'expériences simples ;
- 2.2.2.2 Exigences normatives de la directive CEM ;
- 2.2.2.3 Effets des perturbations sur une installation électrique ;
- 2.2.2.4 Modifications nécessaires sur une installation électrique pour éliminer les perturbations dans le domaine de la CEM.

#### **2.2.3 Compréhension et minimisation des harmoniques**

- 2.2.3.1 Observation par des manipulations des perturbations dues aux harmoniques et leurs effets sur les équipements, analyser les relevés de mesure ;
- 2.2.3.2 Dysfonctionnements d'une installation électrique dus à la présence de perturbations harmoniques ;
- 2.2.3.3 Modifications nécessaires à une installation électrique pour minimiser les perturbations harmoniques.

#### **2.2.4 Détermination et mise en oeuvre d'une compensation d'énergie réactive en milieu perturbé**

- 2.2.4.1 Choix des condensateurs adéquats permettant de réduire la facture énergétique sur une installation, en milieu perturbé ;
- 2.2.4.2 Choix de la protection des condensateurs contre les phénomènes harmoniques pour éviter leur surcharge.

## 5-Horaires de formation

	Horaire de 1 <sup>ère</sup> année			Horaire de 2 <sup>ème</sup> année		
	Heures /Semaine	a + b + c	Heures /Année	Heures /Semaine	a + b + c	Heures /Année
1. Culture générale et expression	3	2 + 1 + 0	96	3	2 + 1 + 0	84
2. Langue vivante étrangère : anglais	2	0 + 2 + 0	64	2	0 + 2 + 0	56
3. Mathématiques	4	3 + 1 + 0	128	3	2 + 1 + 0	84
4. Construction des structures matérielles appliquée à l'électrotechnique	3	1 + 2 + 0	96	2	0 + 2 + 0	56
5. Sciences appliquées	9	6 + 0 + 3	288	9	6 + 0 + 3	252
6. Essais de systèmes	4	0 + 0 + 4	128	6	0 + 0 + 6	168
7. Génie électrique	8	1 + 0 + 7	256	8	1 + 0 + 7	224
8. Suivi du stage ouvrier		2 semaines				
9. Suivi du stage de technicien					4 semaines	
<b>Total</b>	33	13 + 6 + 14	1056	33	11 + 6 + 16	924
10. Langue vivante facultative (autre que l'anglais)	1	1 + 0 + 0	32	1	1 + 0 + 0	28

a : cours en division entière, b : travaux dirigés, c : travaux pratiques d'atelier

**Pour les travaux pratiques d'atelier, des groupes sont constitués dès lors que l'effectif de la division est supérieur à 15 élèves.**

L'horaire annuel est donné à titre indicatif.