

**SOUDEGE A L'ARC ELECTRIQUE
ELECTRODE ENROBEE.
Technique: Assemblage par soudage.**

S5.7: LES ASSEMBLAGES.

C1.2 : Décoder les gammes de fabrication, les modes opératoires.

C3.3: Réaliser le montage et la finition de tout ou partie d'un ouvrage à l'atelier.



1 -) DEFINITION:

Le soudage électrique à l'arc électrode enrobée est un procédé utilisé **comme moyen de chauffage**, l'énergie d'un **arc électrique** qui jaillit entre **une électrode fusible** constituant le métal d'apport et les pièces à assembler.

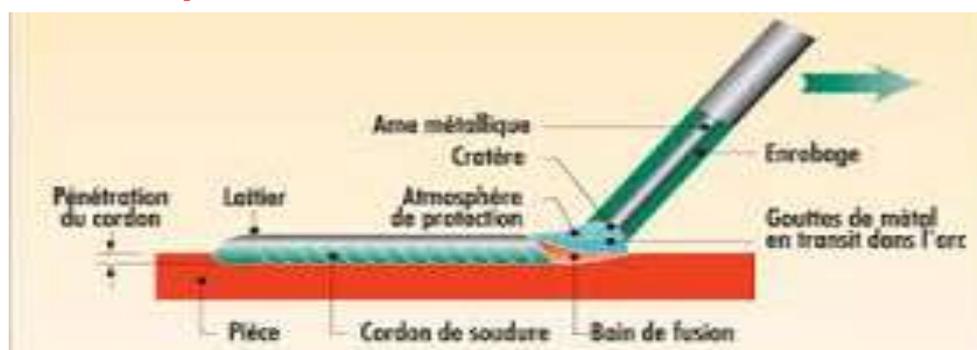
2 -) PRINCIPE:

A l'aide d'un générateur fournissant un courant **alternatif ou continu** d'intensité variable (20 à 500A), la rupture brusque d'un fil conducteur traversé par un courant électrique produit un arc qui tend à maintenir le passage du courant.

Le courant de soudage est de nature, de tension, d'intensité bien définie, l'atmosphère de l'arc est **ionisante et conductrice**.

La chaleur dégagée par l'arc fait fondre simultanément l'extrémité de l'électrode et très localement la pièce.

La fusion de l'électrode et de la pièce constituent après refroidissement **un cordon de soudure (environ 4000°)**.



**SOUDEGE A L'ARC ELECTRIQUE
ELECTRODE ENROBEE.
Technique: Assemblage par soudage.**

S5.7: LES ASSEMBLAGES.

C1.2 : Décoder les gammes de fabrication, les modes opératoires.

C3.3: Réaliser le montage et la finition de tout ou partie d'un ouvrage à l'atelier.



1 -) DEFINITION:

Le soudage électrique à l'arc électrode enrobée est un procédé utilisé _____, l'énergie d'un _____ qui jaillit entre une _____ constituant le métal d'apport et les pièces à assembler.

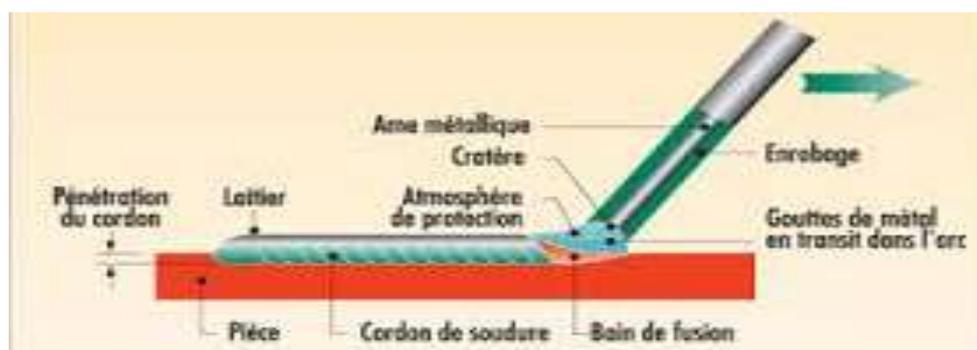
2 -) PRINCIPE:

A l'aide d'un générateur fournissant un courant _____ d'intensité variable (20 à 500A), la rupture brusque d'un fil conducteur traversé par un courant électrique produit un arc qui tend à maintenir le passage du courant.

Le courant de soudage est de nature, de tension, d'intensité bien définie, l'atmosphère de l'arc est _____.

La chaleur dégagée par l'arc fait fondre simultanément l'extrémité de l'électrode et très localement la pièce.

La fusion de l'électrode et de la pièce constituent après refroidissement _____



3-) LE MATERIEL:

a) Les appareils de soudage:

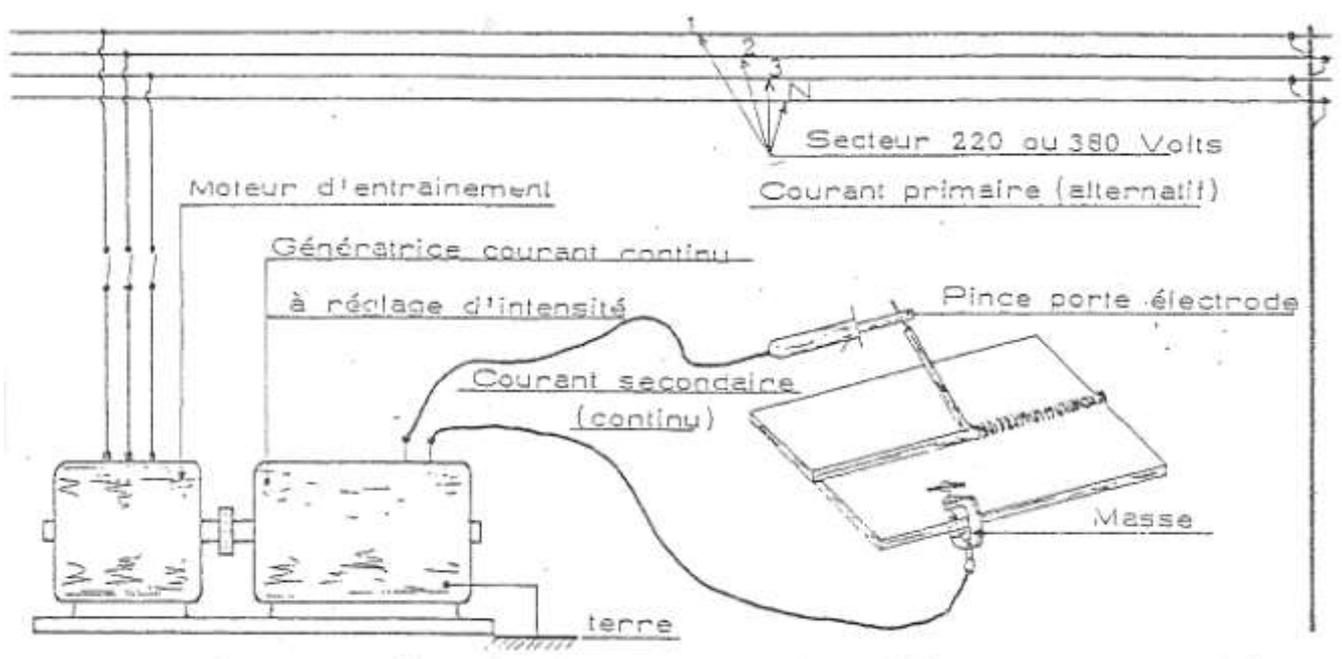
1) descriptif:



2) Type d'appareil de soudage:

a- Les postes rotatifs: fournissent un courant continu nécessaire au soudage des aciers spéciaux.

Ils se composent d'une génératrice à courant continu entraînée par un moteur électrique triphasé, ou un moteur diesel pour les chantiers afin d'éviter les problèmes d'alimentation en électricité. En plus du courant continu, intéressant en soudure, les postes rotatifs ont un deuxième grand avantage : ils permettent tous soudage en très longues durées sans risque d'échauffement.



3-) LE MATERIEL:

a) Les appareils de soudage:

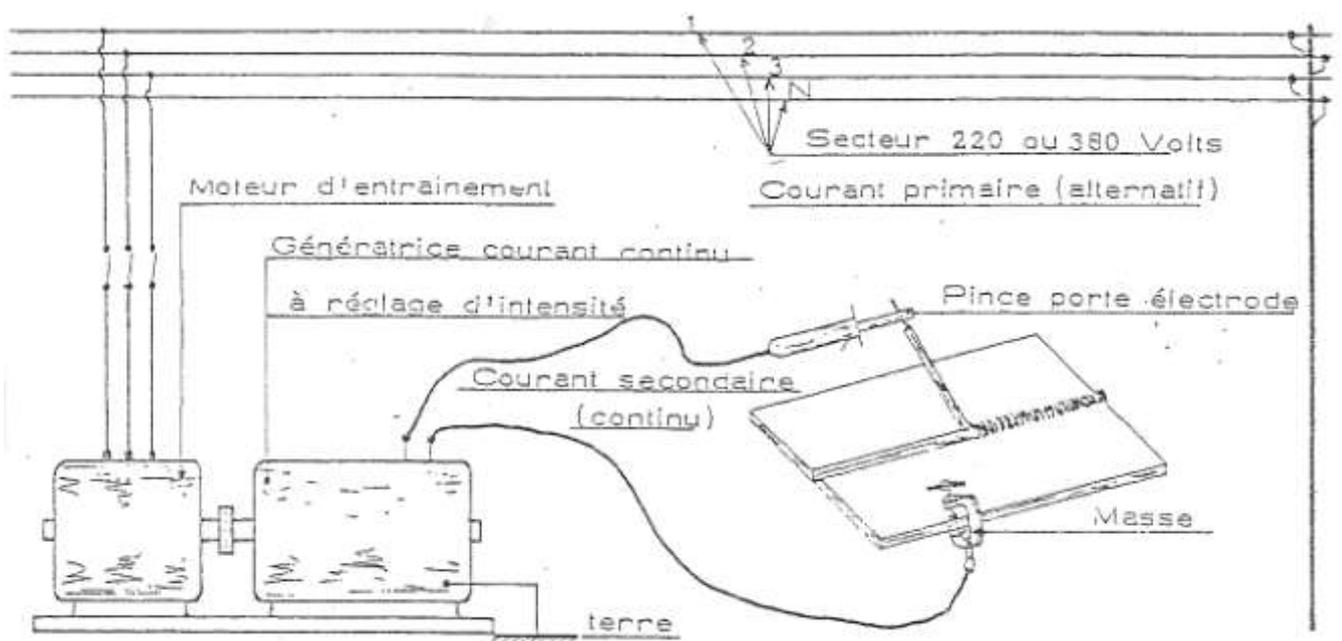
1) descriptif:



2) Type d'appareil de soudage:

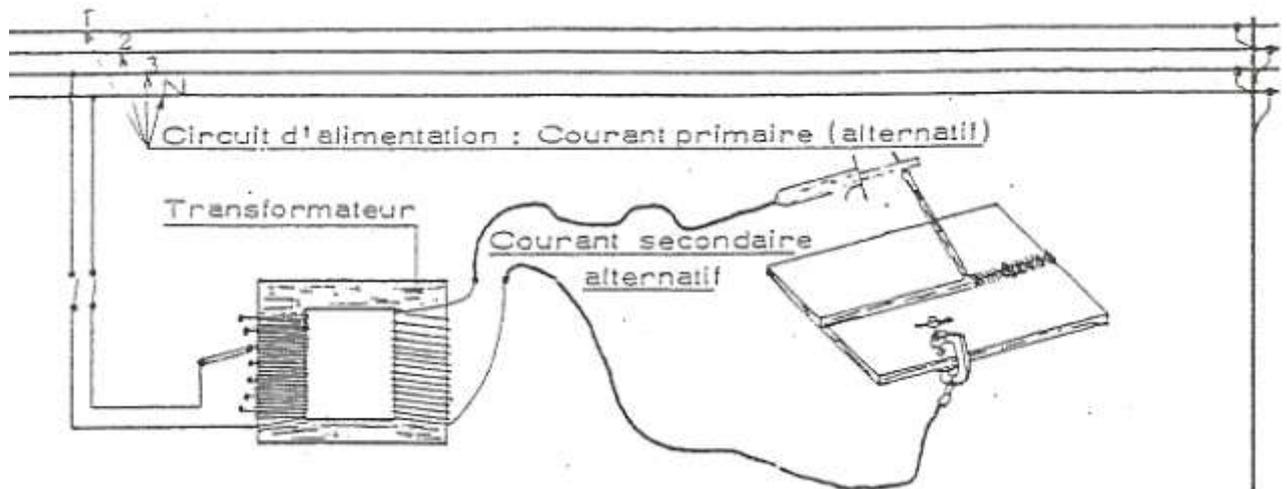
a- Les postes rotatifs: fournissent un courant continu nécessaire au soudage des aciers spéciaux.

Ils se composent d'une génératrice à courant continu entraînée par un moteur électrique triphasé, ou un moteur diesel pour les chantiers afin d'éviter les problèmes d'alimentation en électricité. En plus du courant continu, intéressant en soudure, les postes rotatifs ont un deuxième grand avantage : ils permettent tous soudage en très longues durées sans risque d'échauffement.



b- Les postes statiques: fournissent un courant alternatif, ils se composent essentiellement d'un transformateur qui abaisse la tension et augmente l'intensité du courant d'alimentation.

L'alimentation est prise sur le réseau monophasé du secteur électrique. Le défaut de ces postes est l'échauffement en soudage prolongé. Certains postes statiques comportant un redresseur de courant, fournissent un courant « redressé » qui a pratiquement les caractéristiques du courant continu.

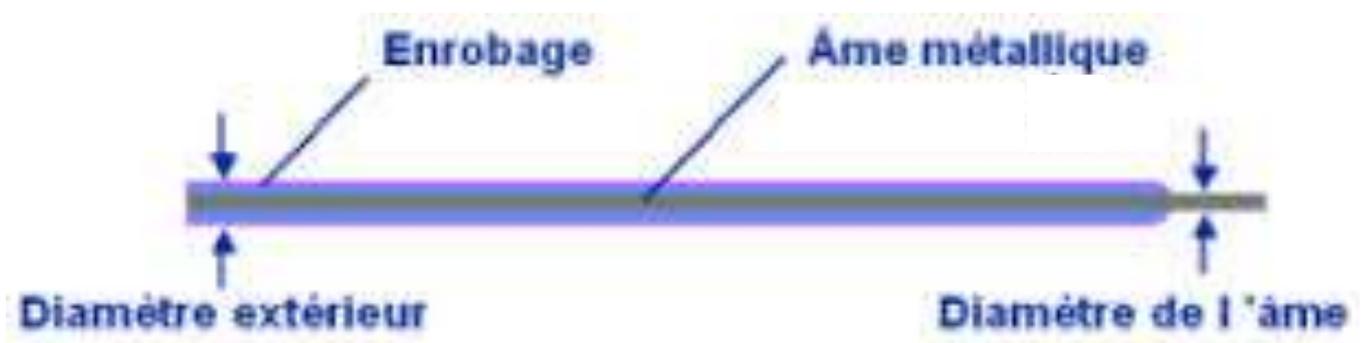


b) Les électrodes enrobées:

1) *Définition :*

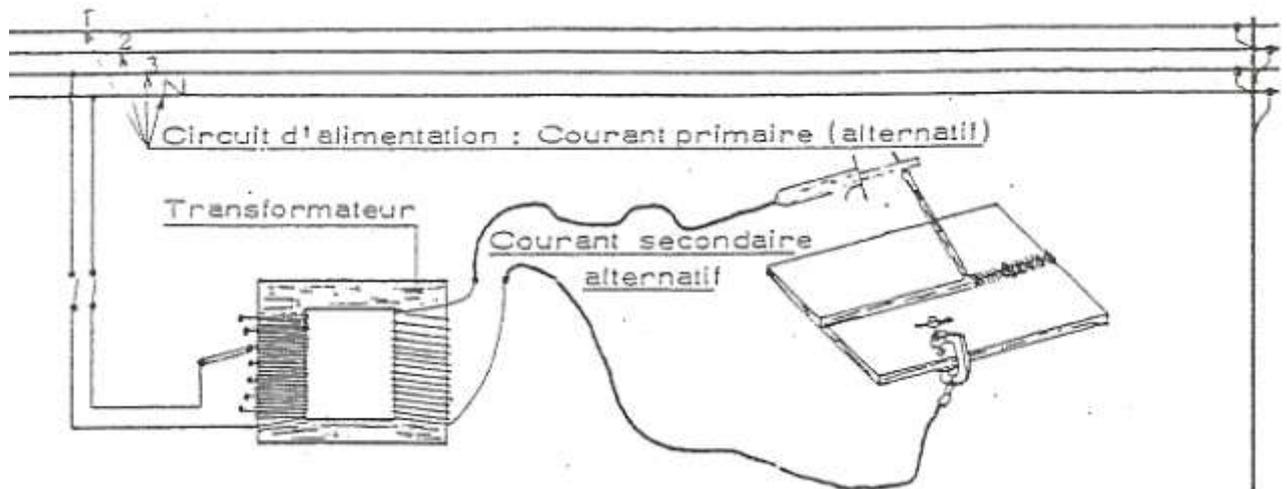
L'électrode enrobée **est un conducteur fusible**, composée **d'une âme métallique et d'un enrobage**.

2) *Description :*



b- Les postes statiques: fournissent un courant alternatif, ils se composent essentiellement d'un transformateur qui abaisse la tension et augmente l'intensité du courant d'alimentation.

L'alimentation est prise sur le réseau monophasé du secteur électrique. Le défaut de ces postes est l'échauffement en soudage prolongé. Certains postes statiques comportant un redresseur de courant, fournissent un courant « redressé » qui a pratiquement les caractéristiques du courant continu.

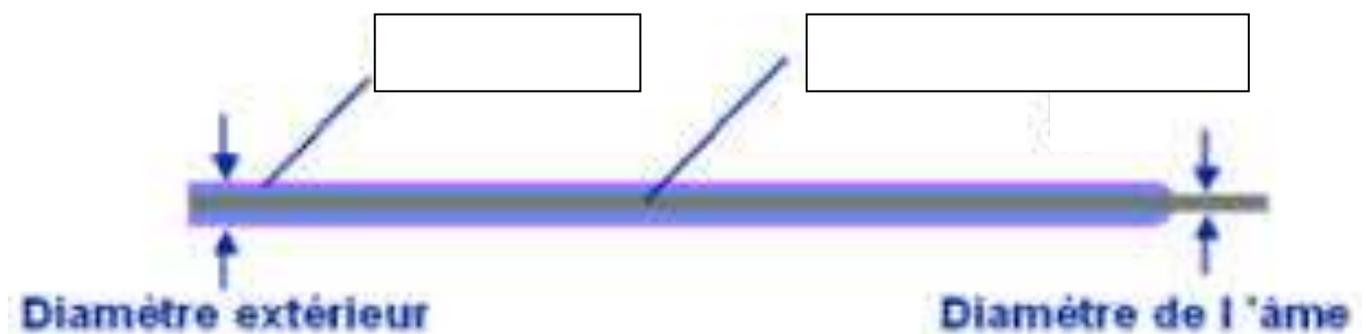


b) Les électrodes enrobées:

1) *Définition :*

L'électrode enrobée _____ , composée _____

2) *Description :*



- a- L'âme métallique est de **même nature** que le **métal** à souder. Sa teneur en produits d'addition permet d'améliorer les caractéristiques mécaniques du joint de soudure et de compenser les pertes dues à la volatilisation **des métaux** au cours de **la fusion**.
- b- L'enrobage **a une influence** capitale sur les caractéristiques du **métal déposé**.

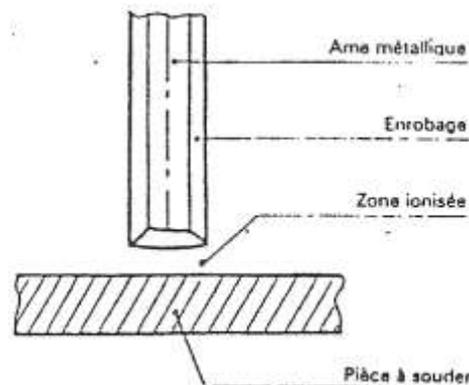
Diamètre Electrode	1,25	1,6	2- 2,5	3,15 - 4 - 5 - 6,3 - 10
Longueur Electrode	140 ou 200	200 ou 250	350	350 ou 400

3) Caractéristiques :

L'électrode a trois rôles fondamentaux.

a- Rôle électrique :

Il ionise l'air enrobant le bout de l'électrode et assure la stabilité de l'arc.



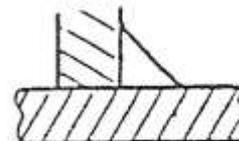
b- Rôle mécanique :

Il canalise le métal et guide l'arc. Il influe sur la forme du cordon.

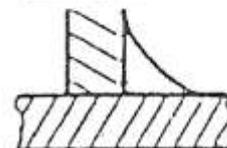
Enrobage mince donne un cordon **bombé**



Enrobage semi-épais donne un cordon **étalé**



Enrobage épais donne un cordon **très étalé**



REMARQUE :

Si l'épaisseur de l'enrobage joue un rôle important sur la forme du cordon, il faut noter que l'intensité et la vitesse jouent un rôle non négligeable.

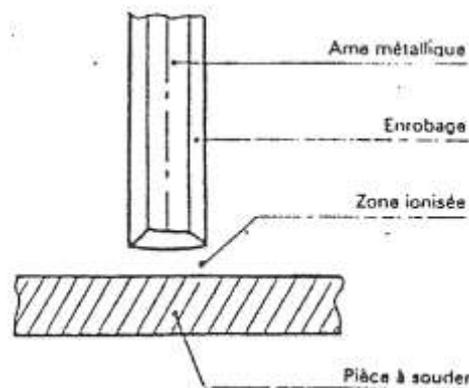
- a- L'âme métallique est de _____ que le _____ à souder. Sa teneur en produits d'addition permet d'améliorer les caractéristiques mécaniques du joint de soudure et de compenser les pertes dues à la volatilisation _____ au cours de _____
- b- L'enrobage _____ capitale sur les caractéristiques du _____

Diamètre Electrode	1,25	1,6	2- 2,5	3,15 - 4 - 5 - 6,3 - 10
Longueur Electrode	140 ou 200	200 ou 250	350	350 ou 400

3) Caractéristiques :

a- Rôle électrique :

Il ionise l'air enrobant le bout de l'électrode et assure la stabilité de l'arc.



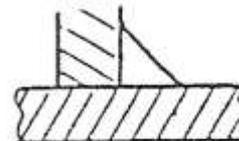
b- Rôle mécanique :

Il canalise le métal et guide l'arc. Il influe sur la forme du cordon.

Enrobage mince donne un cordon _____



Enrobage semi-épais donne un cordon _____



Enrobage épais donne un cordon _____



REMARQUE :

Si l'épaisseur de l'enrobage joue un rôle important sur la forme du cordon, il faut noter que l'intensité et la vitesse jouent un rôle non négligeable.

c- Rôle métallurgique :

La combustion gazeuse de l'enrobage constitue un écran isolant le métal en fusion du contact oxydant de l'air. Par des éléments introduits dans l'enrobage, on améliore le métal de la soudure. Les résidus de la fusion de l'enrobage constituent le « LAITIER » protégeant la soudure d'un refroidissement trop rapide au contact de l'air ambiant.

4) *Types d'électrodes:*

a- Rutile:

Le constituant principal est le bioxyde de titane. Ces électrodes sont utilisables facilement en courant alternatif avec de basses tensions à vide et en continu. Elles permettent d'obtenir en toutes positions des joints de bel aspect et de bonnes caractéristiques. Le laitier s'enlève facilement. Elles sont employées pour les aciers d'usages courants dans l'industrie et l'artisanat.

b- Basique:

Les principaux constituants sont le carbonate de chaux et des spath-fluors. Ces électrodes sont toujours utilisables en courant continu (pôle+), beaucoup le sont en courant alternatif avec des tensions à vide de l'ordre de 70 V. Elles nécessitent une formation particulière : l'arc est très court. Elles sont employées pour les aciers à haute résistance et les aciers spéciaux en toutes positions, le métal déposé est très résistant à la fissuration. Les joints sont de moins bel aspect qu'avec des électrodes rutiles et le laitier s'enlève difficilement. Ces électrodes doivent être stockées à l'abri de l'humidité. Elles sont recommandées pour les travaux de très grande sécurité, sur pièce de forte épaisseur et très sollicitées, avec des aciers alliés ou faiblement alliés.

c- Cellulosique:

L'enrobage contient beaucoup de produits organiques produisant un gaz protecteur.

En courant continu ou alternatif, ces électrodes sont surtout utilisées pour le soudage d'oléoducs par la méthode descendante.

Il existe aussi des électrodes « à haut rendement » avec poudre métallique (fer, chrome, nickel etc...) dans l'enrobage des électrodes rutiles ou basiques.

5) *Classification des électrodes:*

Elles sont classées selon leurs caractéristiques mécaniques et dans la généralité, on les distingue par :

- a- Les électrodes de soudage des aciers courants non alliés et faiblement alliés.
- b- Les électrodes de soudage des aciers spéciaux inoxydables et alliages non ferreux.
- c- Les électrodes de soudage de la fonte.
- d- Les électrodes de travaux de rechargement.

Au sein de ces quatre classes d'électrodes on trouve les types d'électrodes suivantes :

- Soudage toutes positions en travaux divers et artisanat.
- Soudage vertical montant.
- Soudage vertical descendant.
- Soudage de bel aspect.
- Soudage à fusion rapide (économie de temps).
- Soudage à laitier auto-détachable.
- Soudage forte pénétration sans chanfrein.

6) Les accessoires:

a- La masse:

Elle permet de relier le générateur (poste) à la pièce pour le passage du courant.



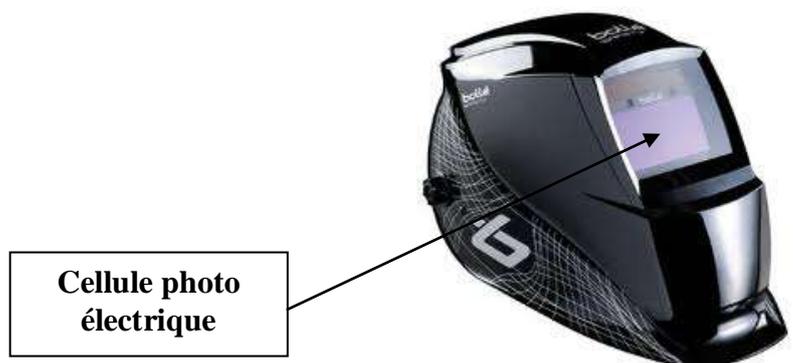
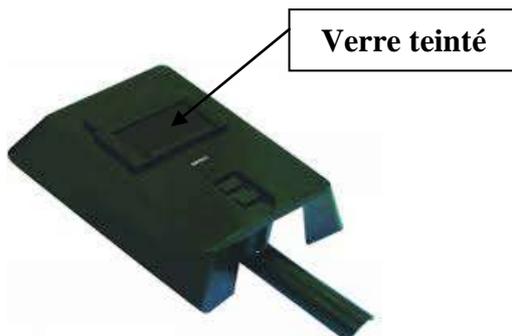
b- Le porte électrode:

Il permet de tenir l'électrode sans la toucher.



c- Masque de soudage:

Il permet de se protéger des rayons et de voir le travail pendant le soudage.



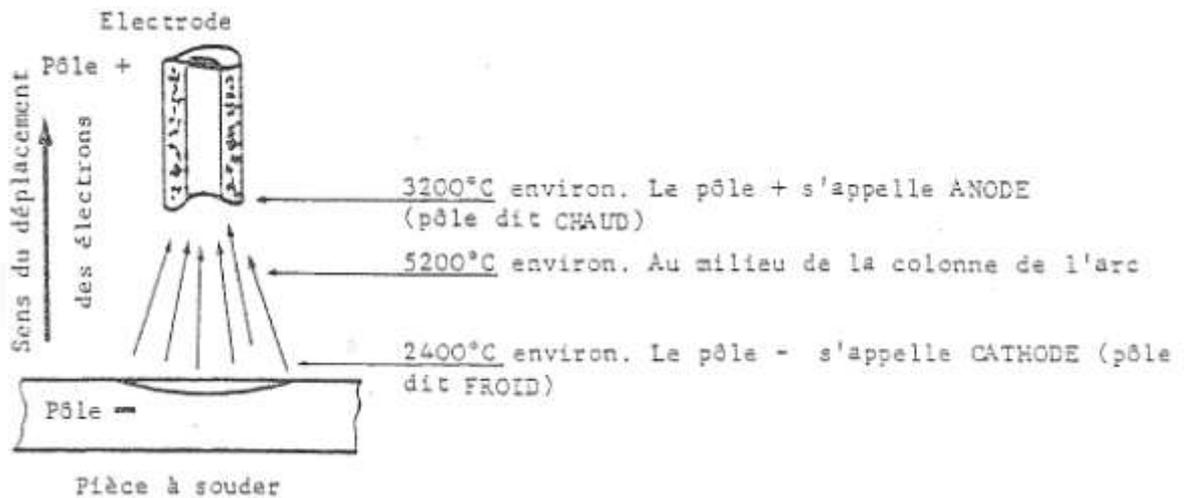
5-) LES PARAMETRES DE SOUDAGE:

a) Représentation symbolique de la soudure:



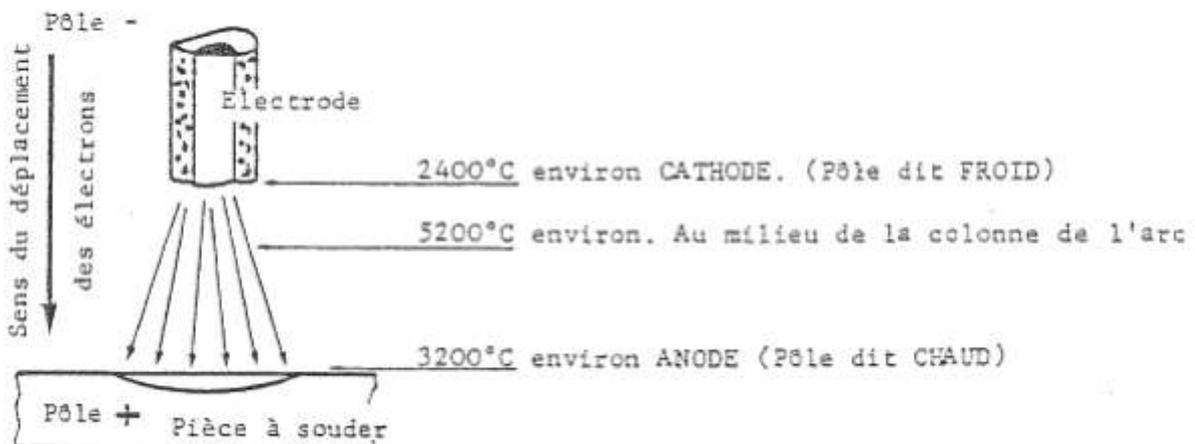
b) La polarité:

- La polarité positive : (Inverse ou indirecte)



L'anode(+) est « bombardée » par les électrons émis par la cathode. La température à l'anode est supérieure à celle de la cathode. Cette polarité est utilisée pour la fusion des électrodes à enrobage **BASIQUE**. L'électrode est le pôle dit **CHAUD**.

- La polarité négative : (Directe)



Les électrons émis par l'électrode (Cathode) « bombardent » la pièce à souder (Anode). Cette polarité est utilisée pour la fusion des électrodes à enrobage **RUTILE**. Elle est utilisée pour réaliser la passe de pénétration avec des électrodes **BASIQUES**.

6 -) LES PARAMETRES DE REGLAGE:

a) Choix du type d'électrode:

- La nature et l'épaisseur des pièces à souder,
- La nature et les possibilités du courant de soudage,
- La résistance requise du cordon de soudure,
- Du profil du cordon,
- De la position de la soudure,
- Des facilités d'emploi,
- De la vitesse d'exécution,
- De l'importance du dépôt,
- Du jeu entre les pièces.

b) Choix du diamètre de l'électrode:

Le choix s'effectue en fonction **de l'épaisseur** et **la position de soudage** et par rapport au tableau ci-dessous :

Intensité moyenne de soudage pour la position à plat						
Épaisseur	Ø 1,6 mm	Ø 2,0 mm	Ø 2,5 mm	Ø 3,2 mm	Ø 4,0 mm	Ø 5,0 mm
3 mm		60 A	70 A	90 A		
4 mm			80 A	100 A	120 A	
5 mm			90 A	110 A	130 A	160 A
6 mm			90 A	120 A	140 A	160 A
8 mm			90 A	125 A	150 A	170 A
10 mm				130 A	160 A	190 A

6 -) LES PARAMETRES DE REGLAGE:

a) Choix du type d'électrode:

- _____
- _____
- _____
- _____
- _____
- _____
- _____
- _____
- _____
- _____

b) Choix du diamètre de l'électrode:

Le choix s'effectue en fonction _____ et _____
 et par rapport au tableau ci-dessous :

Intensité moyenne de soudage pour la position à plat						
Épaisseur	Ø 1,6 mm	Ø 2,0 mm	Ø 2,5 mm	Ø 3,2 mm	Ø 4,0 mm	Ø 5,0 mm
3 mm		60 A	70 A	90 A		
4 mm			80 A	100 A	120 A	
5 mm			90 A	110 A	130 A	160 A
6 mm			90 A	120 A	140 A	160 A
8 mm			90 A	125 A	150 A	170 A
10 mm				130 A	160 A	190 A

c) Réglage de l'intensité de soudage:

1) Les intensités moyennes :

Sur chaque paquets d'électrodes figure un tableau d'intensité (comme précédemment) moyenne des électrodes pour le soudage à plat bout à bout.

Ces intensités de soudage sont des moyennes qui varient selon le cas de soudage :

- Soudage de tôles minces : à diamètre égal, le réglage sera plus faible.
- Soudage vertical montant : **diminuer l'intensité de 10 à 20%.**
- Soudage en corniche et au plafond : **diminuer l'intensité de 5 à 15%.**
- Soudage vertical descendant avec électrodes courantes types « toutes position » :
 - a. **Augmenter l'intensité de 20%** pour une meilleure pénétration de même que pour repousser le laitier qui tend à couler vers l'arc.
- Soudage des aciers à forte teneur en carbone et aciers alliés :
 - a. Eviter l'excès d'intensité car le surchauffement dénature ces aciers.

2) Formules de réglage :

Soudage à plat bout à bout (bords à bords) :

a. Intensité de soudage :

$I = 30 \text{ à } 40$ fois le diamètre de l'électrode.

b. Intensité de soudage :

INTENSITE DE SOUDAGE :

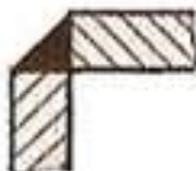
$$I = 50 \times (\text{Diamètre électrode} - 1)$$

c. Pour une soudure d'angle intérieur :



$$I = \text{FORMULE} + 20\%$$

d. Pour une soudure d'angle extérieur :



$$I = \text{FORMULE} - 20\%$$

d) Réglage de l'intensité de soudage:

1) Les intensités moyennes :

Sur chaque paquets d'électrodes figure un tableau d'intensité (comme précédemment) moyenne des électrodes pour le soudage à plat bout à bout.

Ces intensités de soudage sont des moyennes qui varient selon le cas de soudage :

- Soudage de tôles minces : à diamètre égal, le réglage sera plus faible.
- Soudage vertical montant : _____
- Soudage en corniche et au plafond : _____
- Soudage vertical descendant avec électrodes courantes types « toutes position » :
 - a. _____ pour une meilleure pénétration de même que pour repousser le laitier qui tend à couler vers l'arc.
- Soudage des aciers à forte teneur en carbone et aciers alliés :
 - a. Eviter l'excès d'intensité car le surchauffement dénature ces aciers.

2) Formules de réglage :

Soudage à plat bout à bout (bords à bords) :

a. Intensité de soudage :

I = _____

b. Intensité de soudage :

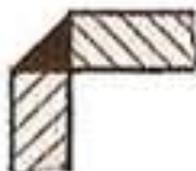
INTENSITE DE SOUDAGE :

c. Pour une soudure d'angle intérieur :



I = _____

d. Pour une soudure d'angle extérieur :



I = _____

7 -) LE MATERIEL DE PROTECTION:

a) Equipements protection individuel:

- Bleu de travail.
- Chaussures de sécurité.
- Lunettes de protection.
- Gants de manutention.
- Casque anti-bruit.



Tablier



Gants de soudage



Guêtres



Cagoule de soudage



Manchettes

b) Equipements protection collectif:



Rideaux de protection



Aspirateur de fumée

7 -) LE MATERIEL DE PROTECTION:

b) Equipements protection individuel:

- Bleu de travail.
- Chaussures de sécurité.
- Lunettes de protection.
- Gants de manutention.
- Casque anti-bruit.

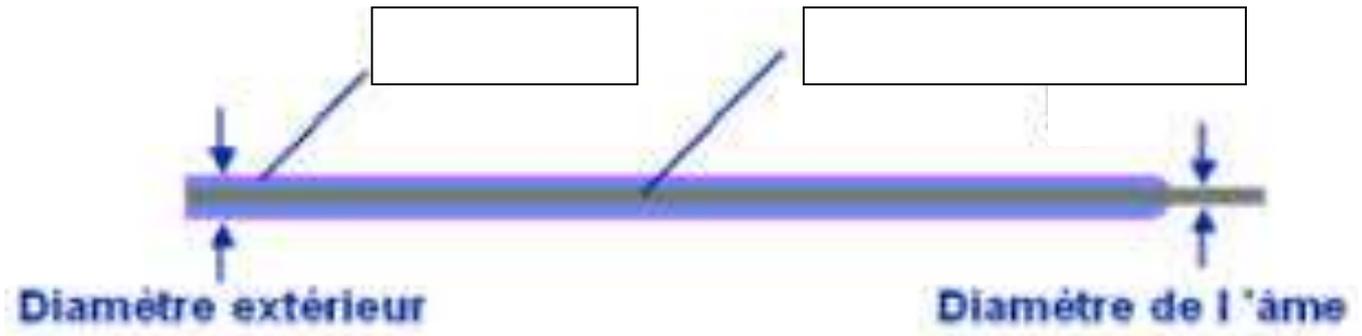


c) Equipements protection collectif:



4 -) Définir et décrire l'électrode enrobée ci-dessous

/ 03

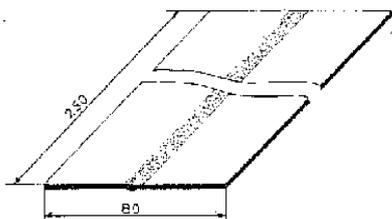


5 -) Quelles sont les caractéristiques d'une électrode enrobée?

/ 01,5

6 -) A l'aide du schéma et du tableau ci-dessous :

/ 06



Tôle Epaisseur : 4 mm
Soudage bords à bords

Intensité moyenne de soudage pour la position à plat						
Epaisseur	Ø 1,6 mm	Ø 2,0 mm	Ø 2,5 mm	Ø 3,2 mm	Ø 4,0 mm	Ø 5,0 mm
3 mm		60 A	70 A	90 A		
4 mm			80 A	100 A	120 A	
5 mm			90 A	110 A	130 A	160 A
6 mm			90 A	120 A	140 A	160 A
8 mm			90 A	125 A	150 A	170 A
10 mm				130 A	160 A	190 A

a- Déterminer le diamètre de l'électrode :

Ø électrode =

b- Déterminer l'intensité de soudage par calcul :

Intensité de soudage I=