

**DEFINITION DE PROCESSUS**

**EPREUVE U52  
Partie 2**

**OPTMISATION D'UN PROCEDE**

**Partie d'épreuve notée sur 20 points**

**Durée conseillée : 2 heures**

**Ce dossier contient :**

**1. Métallurgie du soudage.**

**Mise en situation, travail demandé  
Données de l'étude  
Documents réponses à rendre**

**page 1  
pages 2 à 4  
pages 5 à 9**

**2. Calcul des coûts en soudage**

**Mise en situation, travail demandé  
Données de l'étude  
Documents réponses à rendre**

**page 10  
page 11  
pages 12 et 13**

**Mise en situation :**

Il est demandé d'étudier le renforcement du pont supérieur en B 235 d'une frégate de la Marine Nationale afin d'y intégrer un carlingage sur lequel sera monté un treuil. L'opération consiste à découper une brèche et d'y encastrier une tôle en DH 36, assemblée selon le descriptif de mode opératoire de soudage joint.

L'étude porte sur l'assemblage d'une tôle acier B 235 et d'une tôle en acier DH 36. Le joint sera réalisé en bout à bout en position à plat ( PA ) avec le procédé électrode enrobée ( 111 ) suivant les paramètres joints, aucun traitement thermique ne sera réalisé après soudage.

**Travail demandé :**

Vous devez étudier la soudabilité des matériaux B235 et DH36 en utilisant les documents réponse et :

**Les documents réponses page 5, 6, 7, 8, 9 seront ramassés à l'issue de l'épreuve  
Tout autre document est strictement interdit.**

1. Calculer l'énergie linéaire de soudage pour chacune des passes
- 2.1. Détailler le calcul du carbone équivalent compensé selon IIS pour chacun des matériaux.
- 2.2. Nommer le facteur métallurgique à risque conséquence du traitement thermique de soudage
3. Nommer le facteur mécanique à risque lié à l'ordre de soudage selon le schéma ?
- 4.1. Justifier le choix de l'électrode utilisée dans sa désignation dans le DMOS.
- 4.2. Nommer le facteur chimique à risque lié au procédé utilisé.
- 5.1. Citer le risque à redouter pour ce type de soudage découlant des trois facteurs précédents.
- 5.2. Quel est le matériau le plus affecté par ce risque ?
- 6.1. Calculer le carbone équivalent compensé  $C_c$  selon Sférian pour chacun des matériaux.
- 6.2. Calculer la température de préchauffage (  $T_p$  ) préconisée.
- 7.1. Déterminer le temps de refroidissement  $\Delta t_{800^\circ / 500^\circ C}$  par graphique à l'aide de l'abaque de l'IRSID pour la première passe.
- 7.2. Indiquer sur le document réponse le niveau de dureté obtenu pour chacun des aciers.
- 8 : Indiquer, pour une dureté de 380 HV10 sur le DH36, le temps de refroidissement  $\Delta t_{800^\circ / 500^\circ C}$
- 9.1. Enoncer les critères relatifs à chacune des méthodes.
- 9.2. Expliquer les différences constatées entre les deux méthodes de détermination de la température de préchauffage.

**Données de l'étude :**

**B 235**

Composition chimique :

C	Mn	Si	Al	S	P
0,13	0,71	0,22	0,037	0,032	0,036

Caractéristiques mécaniques :

Grade d'acier	Résistance élastique Re ( MPa )	Résistance maximum Rm ( MPa )	Allongement %	Energie de flexion par choc ( j/cm <sup>2</sup> ) Ep ≤ 50 mm		
				Temp ( °C )	KVL	KVT
B	235	461	34	0	27	20

**DH 36**

Composition chimique :

C	Mn	Si	Al	S	P
0,17	1,40	0,45	0,06	0,026	0,027

Caractéristiques mécaniques :

Grade d'acier	Résistance élastique Re ( MPa )	Résistance maximum Rm ( MPa )	Allongement %	Energie de flexion par choc ( j/cm <sup>2</sup> ) Ep ≤ 50 mm		
				Temp ( °C )	KVL	KVT
DH 36	355	533	31,8	-20	34	24

**Carbone équivalent compensé selon IIS ( CeC ):**

$$Ce = C + Mn/6 + ( Cr + Mo + V )/5 + ( Cu + Ni )/15$$

Carbone équivalent compensé : Cc

$$CeC = Ce + 0.0254 \text{ ép} \quad \text{ép : épaisseur en cm}$$

**Température de préchauffage : Tp**

$$CeC < 0.45$$

Tp à discrétion

$$0.45 < CeC < 0.6$$

Tp de 100 à 200°C

$$CeC > 0.6$$

Tp de 200 à 300°C

**Descriptif de mode opératoire de soudage (DMOS)**

Descriptif de mode opératoire de soudage : DMOS N°: RG 2543 PV 3349LS

Fabricant : DCN

Désignation du matériau de base : Groupe 1.1 / 1.2

Méthode de préparation et de nettoyage : oxycoupage, meulage

Épaisseur du matériau (mm) : 12

Type d'assemblage et type de soudure : P BW bs nb gg

Position de soudage : PA-PE

Détails de préparation de la soudure : Schéma

Schéma de préparation	Disposition des passes

Détails relatifs au soudage

Passé	Procédé de soudage	Diamètre du métal d'apport ( mm )	Intensité A	Tension V	Type de Courant / Polarité	vitesse de soudage ( cm/min )
1	111	3,15	110	24,4	CC+	15
2	111	4	155	26,2	CC+	12
3	111	3,15	130	25,2	CC+	15,5
4	111	4	155	26,2	CC+	10

Marque du métal d'apport : SAFDRY 510 A

Désignation du matériau d'apport : ( EN 499 ) E 423 B 32 H5

Séchage : 350°C / 1 h

Stockage : sachets sous vide

En = 60 x U x I / 1000 x V

En : Kj / cm

U : v

I : A

V : cm / min



Académie : \_\_\_\_\_ Session : \_\_\_\_\_  
 Examen ou concours : \_\_\_\_\_ Série : \_\_\_\_\_  
 Spécialité / option : \_\_\_\_\_  
 Epreuve / sous-épreuve : \_\_\_\_\_  
 NOM ( majuscules ) : \_\_\_\_\_  
 Prénoms : \_\_\_\_\_ N° du candidat :   
 Né(e) le : \_\_\_\_\_ N° de convocation ou la liste d'appel

**Document réponses**

**Question 6**

**Formule de Sférian**

**Données :**

Carbone équivalent chimiquement total : Cq

$$Cq = \frac{360 C + 40 ( Mn + Cr ) + 20 Ni + 28 Mo}{360}$$

Carbone équivalent selon l'épaisseur : Cép

$$Cép = Cq \times ép \times 0.005$$

Equivalent total en carbone : Cc

$$Cc = Cq + Cép \quad \text{ép en mm}$$

Température de préchauffage : Tp ( °C )

$$Tp = 350 \sqrt{ Cc - 0.25 }$$

**Réponses :**

**6.1. Carbone équivalent compensé selon Sférian ( Cc ):**

B235.....  
 .....  
 .....

DH36.....  
 .....  
 .....

**6.2. Température de préchauffage préconisée selon Sférian ( Tp ):**

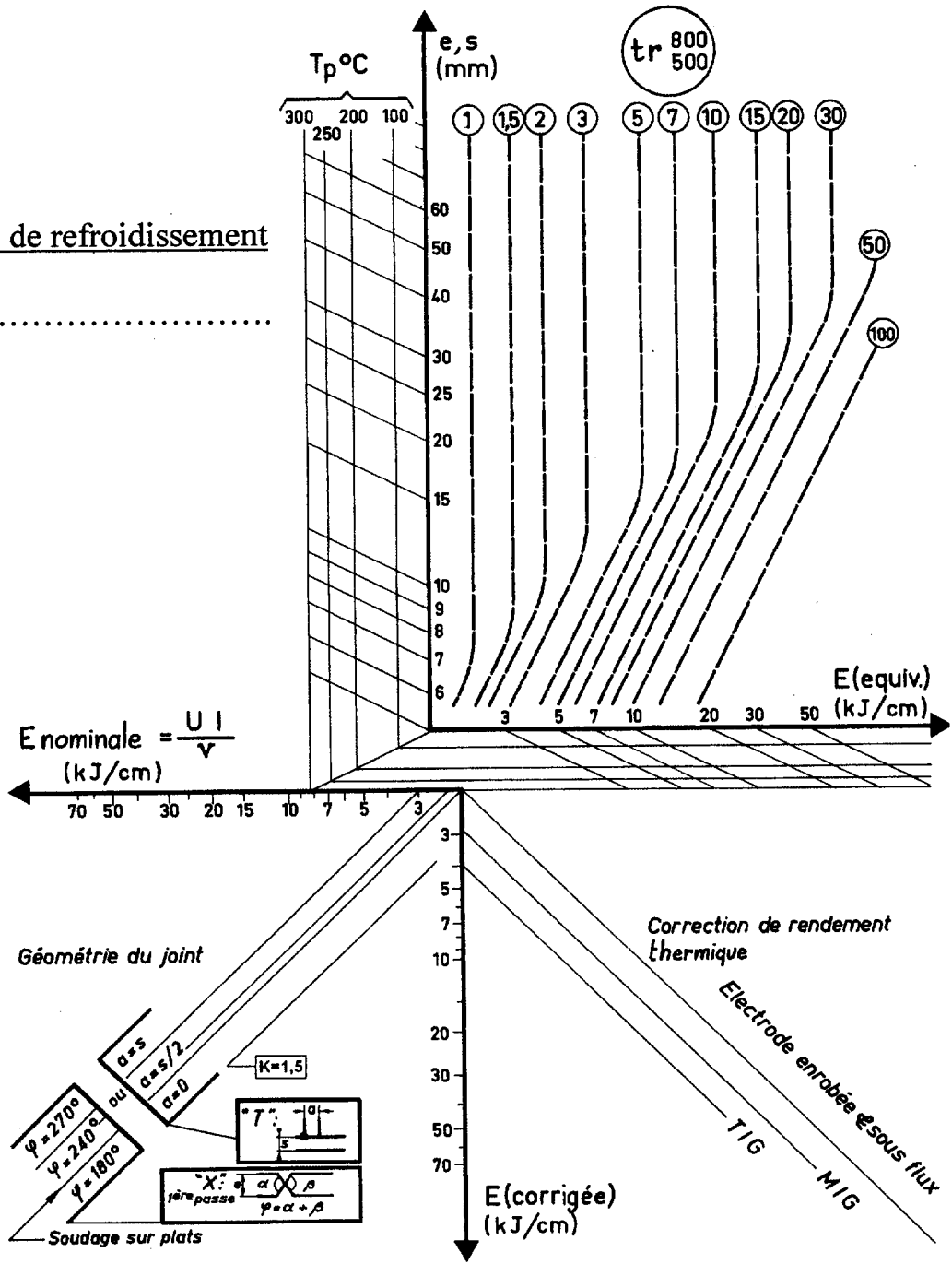
B235.....  
 .....  
 .....

DH36.....  
 .....

**Académie :** \_\_\_\_\_ **Session :** \_\_\_\_\_ **Série :** \_\_\_\_\_  
**Examen ou concours :** \_\_\_\_\_  
**Spécialité / option :** \_\_\_\_\_  
**Epreuve / sous-épreuve :** \_\_\_\_\_  
**NOM ( majuscules ) :** \_\_\_\_\_  
**Prénoms :** \_\_\_\_\_ **N° du candidat :**   
**Né(e) le :** \_\_\_\_\_ **N° de convocation ou la liste d'appel** \_\_\_\_\_

**Document réponses**  
Abaque IRSID OTUA

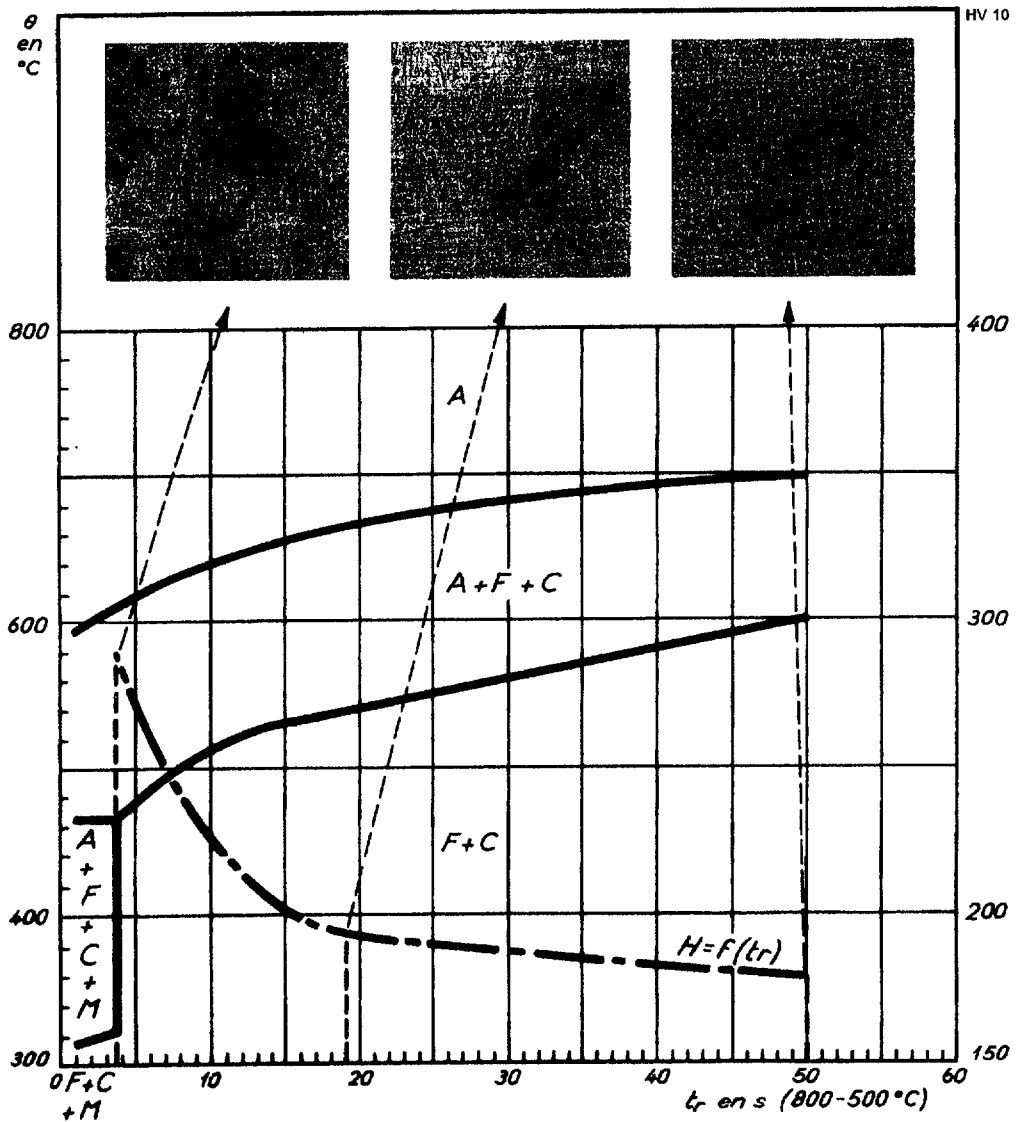
7.1. Temps de refroidissement



Valeurs de K pour un chanfrein en V			
$\alpha = 60^\circ$	$\alpha = 75^\circ$	$\alpha = 90^\circ$	$\alpha = 105^\circ$
K = 1,5	K = 1,72	K = 2	K = 2,38

Académie : \_\_\_\_\_ Session : \_\_\_\_\_ Série : \_\_\_\_\_  
 Examen ou concours : \_\_\_\_\_  
 Spécialité / option : \_\_\_\_\_  
 Epreuve / sous-épreuve : \_\_\_\_\_  
 NOM ( majuscules ) : \_\_\_\_\_  
 Prénoms : \_\_\_\_\_ N° du candidat :   
 Né(e) le : \_\_\_\_\_ N° de convocation ou la liste d'appel

**Document réponses**  
**DIAGRAMME DE TRANSFORMATION AU REFROIDISSEMENT CONTINU**  
**B235**



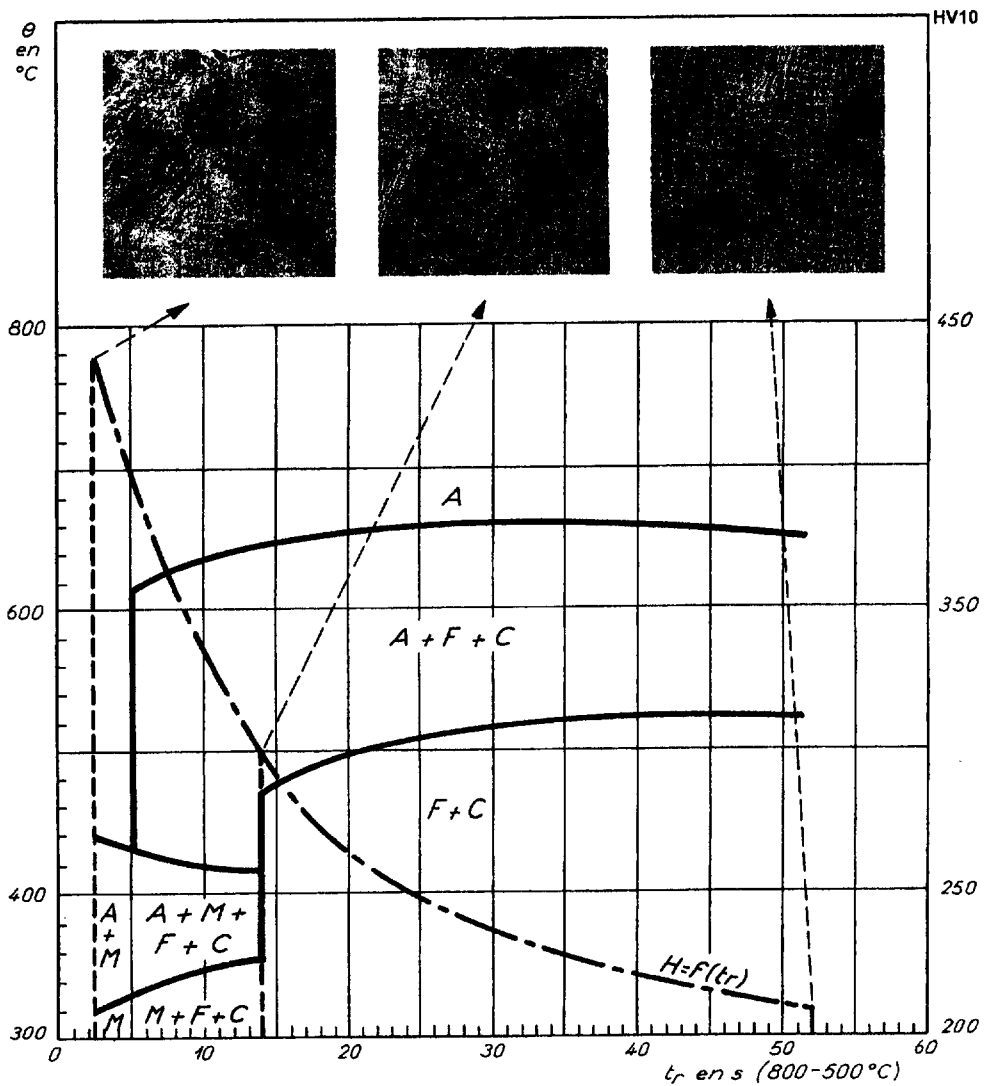
7.2. Niveau de dureté HV 10 atteint : .....

Valeurs maximales de dureté admissibles ( HV 10 ) ISO 15614.1 de 2004		
Groupe d'aciers CR ISO/TR 15608	Non traité thermiquement	Traité thermiquement
Groupe 1,2 B235, DH36	380	320



Académie : \_\_\_\_\_ Session : \_\_\_\_\_  
 Examen ou concours : \_\_\_\_\_ Série : \_\_\_\_\_  
 Spécialité / option : \_\_\_\_\_  
 Epreuve / sous-épreuve : \_\_\_\_\_  
 NOM ( majuscules ) : \_\_\_\_\_  
 Prénoms : \_\_\_\_\_ N° du candidat :   
 Né(e) le : \_\_\_\_\_ N° de convocation ou la liste d'appel

**Document réponses**  
**DIAGRAMME DE TRANSFORMATION AU REFROIDISSEMENT CONTINU**  
**DH36**



7.2. Niveau de dureté HV 10 atteint :

.....

8. Temps de refroidissement  $\Delta t$  800° / 500°C pour une dureté de 380HV10

.....

## CALCUL DES COUTS EN SOUDAGE

### **Mise en situation :**

Les panneaux plans sont constitués de tôles sur lesquelles on vient assembler des « plats-boudins » par soudage à l'aide du procédé 121 ( sous flux en poudre ou arc submergé ) en position PB ( en angle à plat ).

Les passes 1 et 2 seront réalisées alternativement et séparément. La quantité de flux ne sera pas prise en compte. Le calibre minimum de chaque soudure est de 4 mm.

Pour les calculs, prendre pour masse volumique de l'acier :  $7,8 \text{ g / cm}^3$

### **Travail demandé :**

Vous devez déterminer, pour 1 mètre de soudure ( un seul côté ) :

1.1 : La masse de métal théorique à déposer ( en grammes ).

1.2 : La masse de métal déposée réelle selon les paramètres joints ( en grammes ).

1.3 : Le taux de dépôt du procédé 121 dans les conditions données ( en kilogramme à l'heure ).

1.4 : Le calibre moyen obtenu suivant les paramètres utilisés.

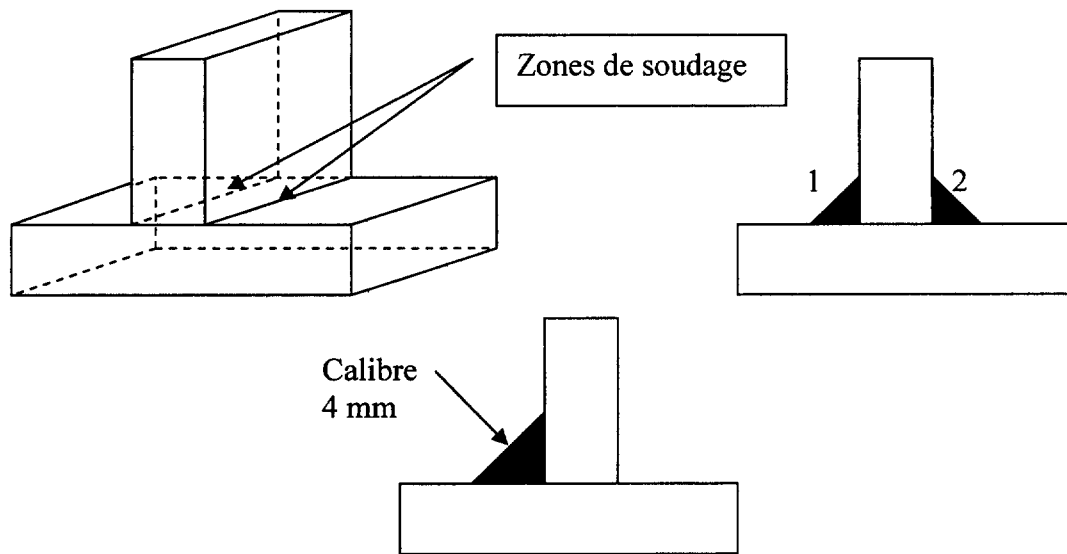
Déterminer le coût d'un mètre de soudure à l'aide des renseignements supplémentaires suivants :

2.1 : Coût du métal d'apport avec une hypothèse de masse de métal déposée de 1 kg par mètre.

2.2 : Coût de la main d'œuvre avec une base de temps de soudage de 10 minutes.

2.3 : Coût total pour 1 mètre

## Données de l'étude 1 :



## Paramètres de soudage

Passé N°	Procédé	Diamètre du fil (mm)	Intensité (A)	Tension (V)	Type de courant Polarité	Vitesse de soudage (cm / min)	Vitesse de fil (m / min)
1 et 2	121	3,2	500/550	28/32	CC+	50	1,5

## Données de l'étude 2 :

Rendement du métal d'apport ( Rma ) : 90%

Métal d'apport consommé (Mc) = métal d'apport déposé / Rma%

Coût métal d'apport : 4,5 € le kilogramme

Rendement du procédé ( Rp ) : 60 %

Temps de main d'œuvre = temps de soudage ou d'arc / Rp%

Coût de la main d'œuvre : 40 € de l'heure

**Académie :** \_\_\_\_\_ **Session :** \_\_\_\_\_  
**Examen ou concours :** \_\_\_\_\_ **Série :** \_\_\_\_\_  
**Spécialité / option :** \_\_\_\_\_  
**Epreuve / sous-épreuve :** \_\_\_\_\_  
**NOM ( majuscules ) :** \_\_\_\_\_  
**Prénoms :** \_\_\_\_\_ **N° du candidat :**   
**Né(e) le :** \_\_\_\_\_

N° de convocation ou la liste d'appel

**Document réponses**

**CALCUL DES COUTS EN SOUDAGE**

1.1. Masse de métal théorique en grammes :

.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....

1.2. Masse de métal déposée réelle en grammes selon les paramètres joints :

.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....

1.3. Taux de dépôt du procédé 121 dans les conditions données en kilogramme par heure :

.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....

1.4. Calibre moyen obtenu suivant les paramètres utilisés :

.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....

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

**Examen ou concours :** \_\_\_\_\_ **Série :** \_\_\_\_\_

**Spécialité / option :** \_\_\_\_\_

**Epreuve / sous-épreuve :** \_\_\_\_\_

**NOM ( majuscules ) :** \_\_\_\_\_

**Prénoms :** \_\_\_\_\_

**Né(e) le :** \_\_\_\_\_

**N° du candidat :**

N° de convocation ou la liste d'appel

**2.1. Coût métal d'apport :**

.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....

**2.2. Coût de la main d'œuvre :**

.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....

**2.3. Coût total pour 1 mètre de soudure :**

.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....