



Ce document a été mis en ligne par l'organisme [FormaV](#)®

Toute reproduction, représentation ou diffusion, même partielle, sans autorisation préalable, est strictement interdite.

Pour en savoir plus sur nos formations disponibles, veuillez visiter :

www.formav.co/explorer

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 ²) 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 ²) 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

Passe	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

1. Energie linéaire

Passe 1 :
 Passe 2 :
 Passe 3 :
 Passe 4 :

2.1. Calculer le carbone équivalent compensé selon IIS pour chacun des aciers.

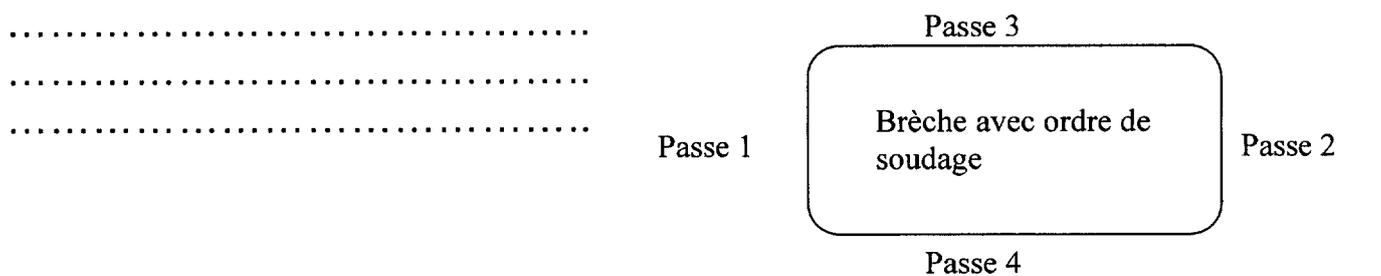
B235.....

DH36.....

2.2. Facteur métallurgique à risque conséquence du traitement thermique de soudage.

.....

3. Facteur mécanique à risque lié à l'ordre de soudage selon le schéma



4.1. Justifier le choix de l'électrode utilisée dans la désignation du DMOS

.....

4.2. Facteur chimique à risque lié au procédé utilisé

.....

5.1. Risque à redouter qui découle des trois facteurs précédents.

.....

5.2. Matériau le plus affecté par ce risque

.....

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):

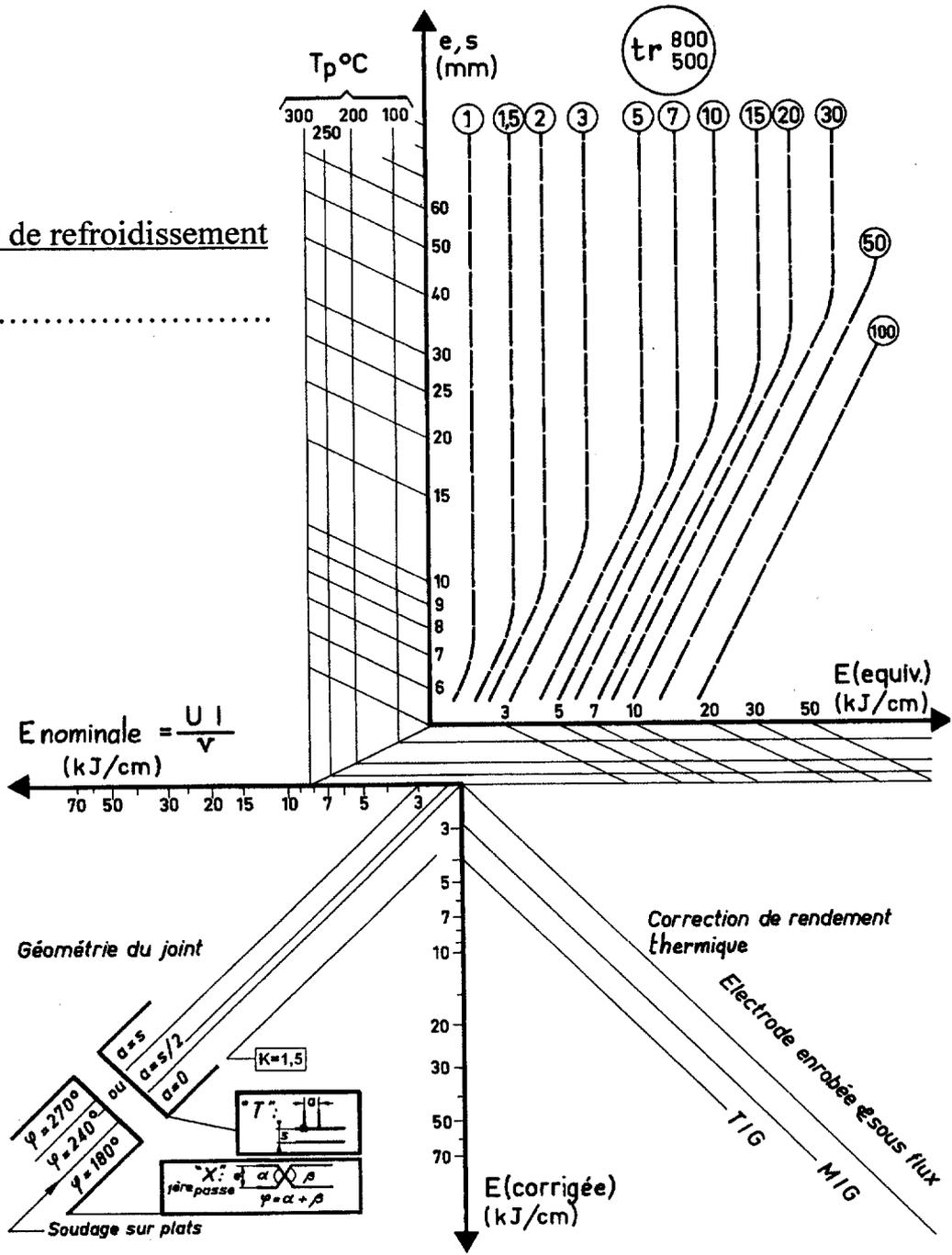
B235.....

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

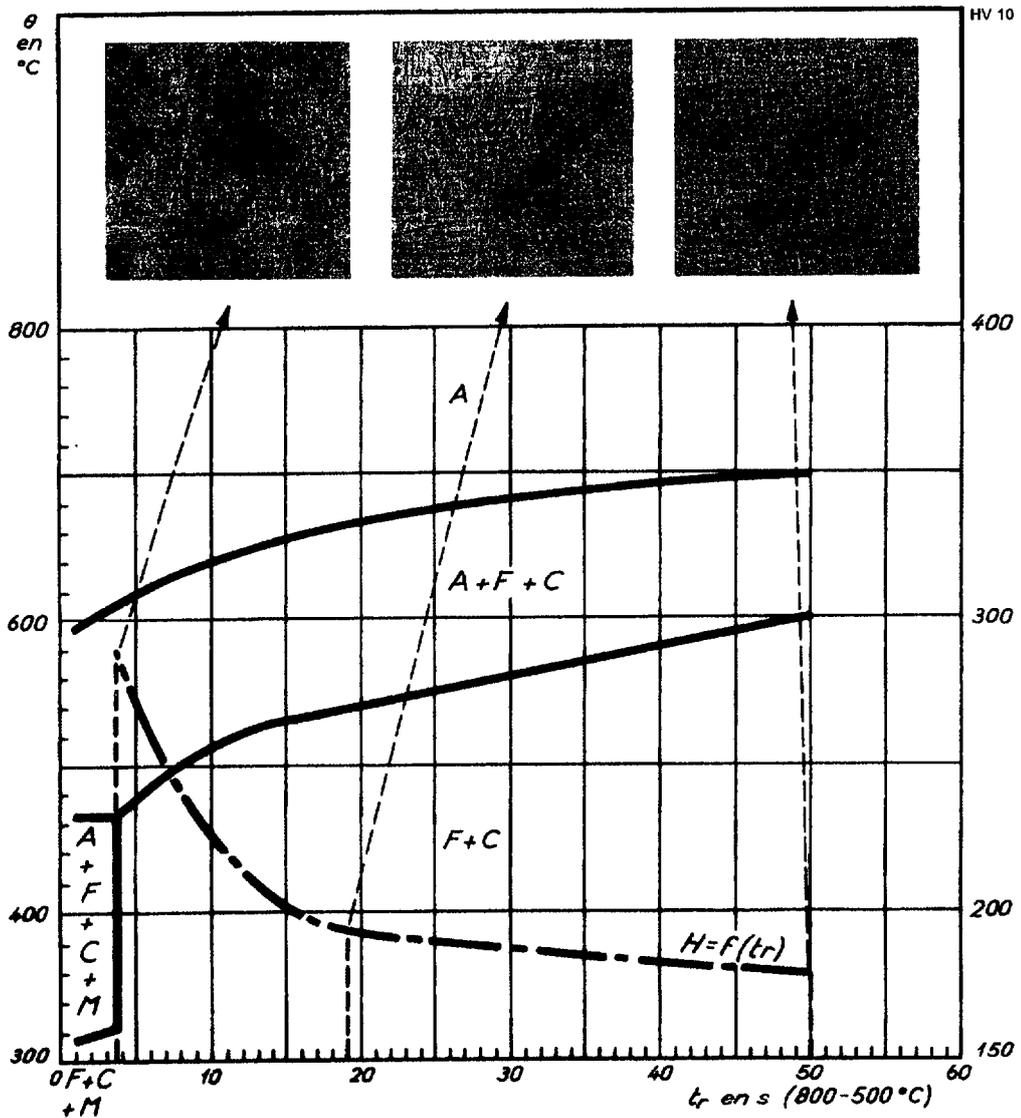
7.1. Temps de refroidissement



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



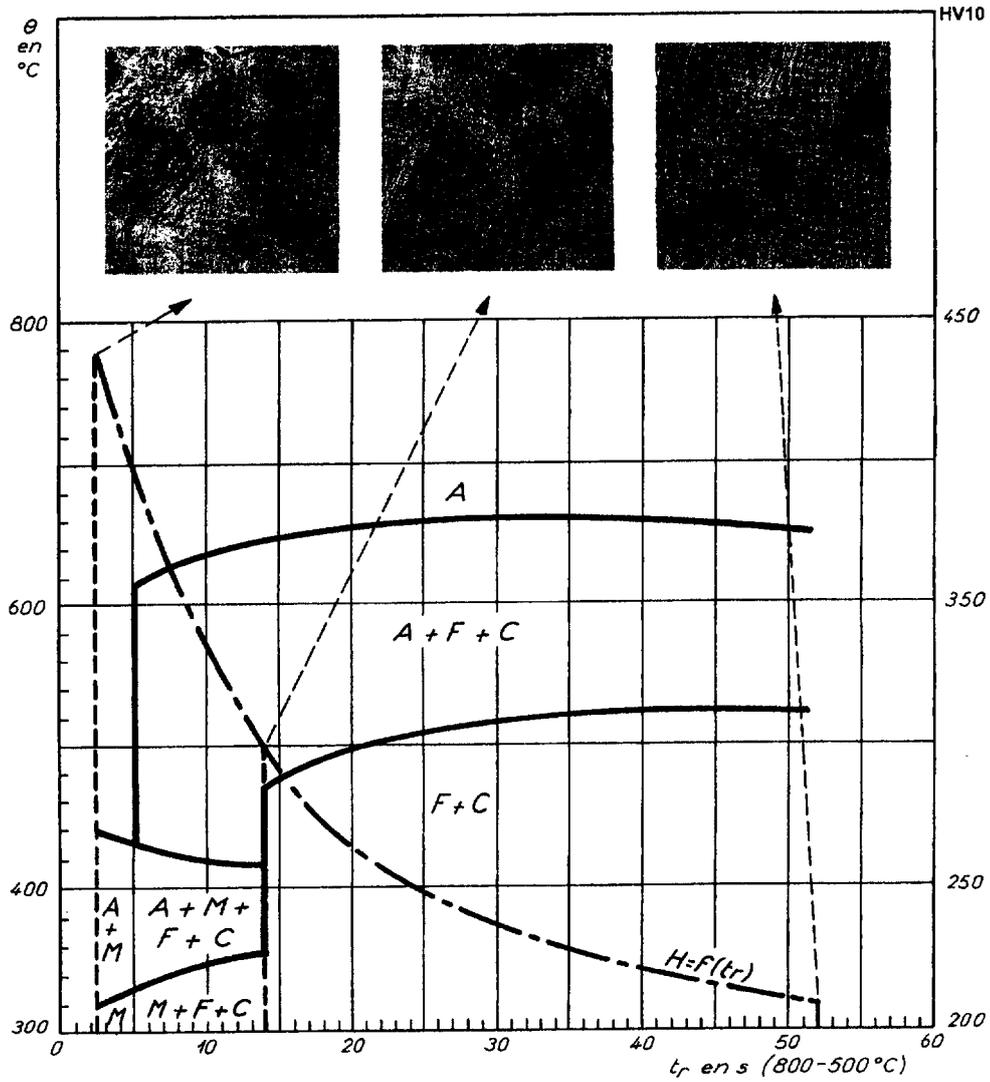
7.2. Niveau de dureté HV 10 atteint :

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 Δt 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 :

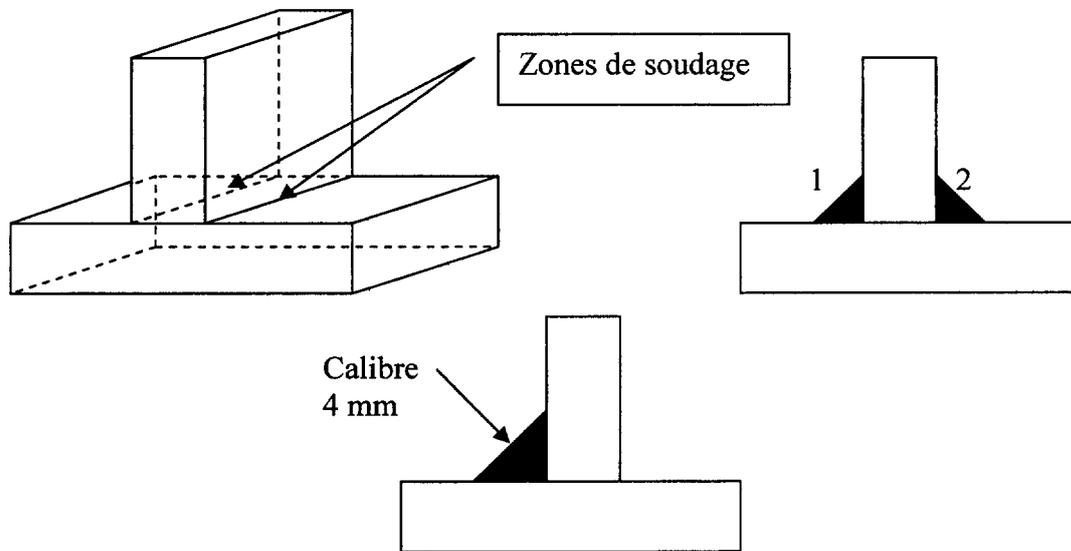
Vous devez déterminer, pour 1 mètre de soudure (un seul côté) :

- 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 (R_{ma}) : 90%

Métal d'apport consommé (M_c) = métal d'apport déposé / $R_{ma}\%$

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

Rendement du procédé (R_p) : 60 %

Temps de main d'œuvre = temps de soudage ou d'arc / $R_p\%$

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 :

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