

# BREVET DE TECHNICIEN SUPÉRIEUR

## CONCEPTION ET RÉALISATION EN CHAUDRONNERIE INDUSTRIELLE

SESSION 2019

E4 – ÉTUDE ET RÉALISATION D'UN  
ENSEMBLE CHAUDRONNÉ, DE TÔLERIE OU  
DE TUYAUTERIE

**U 43–CONCEPTION DE PROCESSUS ET  
PRÉPARATION DU TRAVAIL**

Durée : 4 heures– Coefficient : 3

**Documents et matériels autorisés :**

Aucun document autre que le sujet n'est autorisé.

**Moyens de calculs autorisés :**

L'usage de tout modèle de calculatrice, avec ou sans mode examen, est autorisé.

Ce dossier est composé de 19 pages, numérotées de 1/19 à 19/19.

Dès que le sujet vous est remis, assurez-vous qu'il soit complet.

**À la fin de l'épreuve tous les documents REP seront rendus dans une copie  
d'examen et agrafés en bas à gauche.**

<b>CODE ÉPREUVE :</b> 1906CLE4CPP		<b>EXAMEN :</b> BREVET DE TECHNICIEN SUPÉRIEUR	<b>SPÉCIALITÉ :</b> CONCEPTION ET RÉALISATION EN CHAUDRONNERIE INDUSTRIELLE	
<b>SESSION</b> 2019	<b>SUJET</b>	<b>ÉPREUVE :</b> ÉTUDE ET RÉALISATION D'UN ENSEMBLE CHAUDRONNÉ, DE TÔLERIE OU DE TUYAUTERIE U43 – CONCEPTION DE PROCESSUS ET PRÉPARATION DU TRAVAIL		
Durée : 4h		Coefficient : 3	SUJET N°05ED17	Page : 1/19

### **Présentation du sujet :**

En vue de la réalisation en série de tunneliers, vous êtes chargé au sein du bureau des méthodes de la société NFM :

- d'étudier la cotation et les tolérances des montants de la partie centrale.
- De calculer la longueur de tuyauterie et réaliser sa gamme de cintrage en vue de valider sa fabrication.
- D'établir le DMOS des pétales.

### **Compétences visées :**

- ⇒ C5 : Élaborer des processus prévisionnels de réalisation d'ouvrage.
- ⇒ C6 : Choisir et ou spécifier des moyens de production.
- ⇒ C9 : Élaborer des processus de réalisation détaillés.

### **Texte du sujet :**

Pages 3/19 et 4/19

Documents techniques :

DT 100 : Photo d'une façade de la partie centrale en cours d'assemblage.	Page 5/19
DT 200 : Montant de la partie centrale.	Page 6/19
DT 300 : Zoom de la tuyauterie à étudier.	Page 8/19
DT 400 : Épure de la tuyauterie.	Page 9/19
DT 500 : Composition chimique du Creusabro et hypothèses de soudage.	Page 12/19
DT 600 : Fiche de traitement thermique.	Page 17/19

Documents réponse à compléter et à rendre :

REP 100 : Cotation du PV de contrôle.	Page 7/19
REP 200 : Calcul de la longueur développée de la tuyauterie.	Page 10/19
REP 300 : Gamme de cintrage.	Page 11/19
REP 400 : Soudabilité métallurgique et calcul des paramètres de soudage.	Page 13/19
REP 500 : Calcul du Ceq, détermination de l'indice de soudabilité et du TSN.	Page 14/19
REP 600 : Détermination du TSN.	Page 15/19
REP 700 : Détermination de la température de préchauffage.	Page 16/19
REP 800 : Tracé du traitement thermique.	Page 18/19
REP 900 : D.M.O.S.	Page 19/19

## Présentation du sujet :

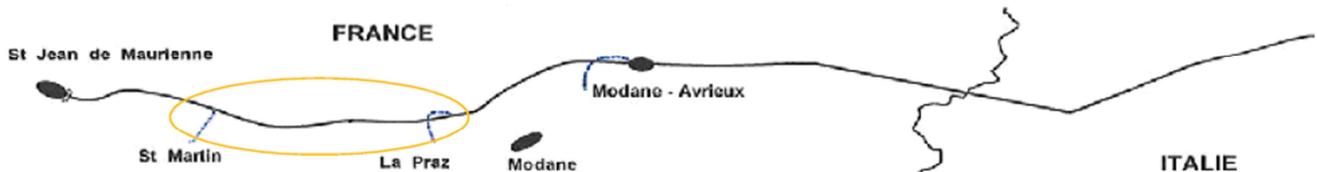
L'étude portera sur la réalisation de la tête de coupe d'un tunnelier.



Les caractéristiques de ce tunnelier sont :

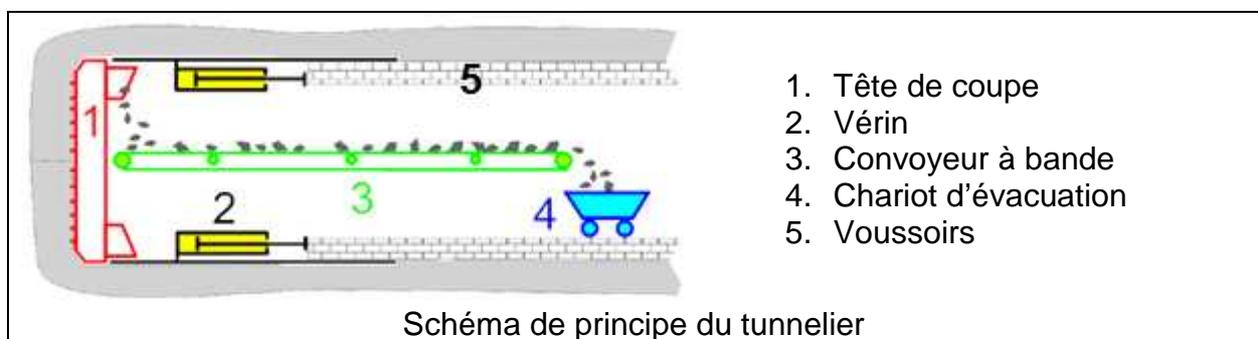
- un diamètre de douze mètres
- une longueur de 135 mètres
- une masse totale de 2400 tonnes

Sa mission consistera à creuser les neuf kilomètres du premier tronçon du tube Sud du tunnel; permettant à la nouvelle ligne ferroviaire Lyon-Turin de franchir les Alpes.



Pour répondre aux exigences du cahier des charges, ces machines dites à roches dures, à terrains tendres ou mixtes peuvent mesurer de 4 à 15 mètres de diamètre.

Ce tunnelier est une machine à roche dure.



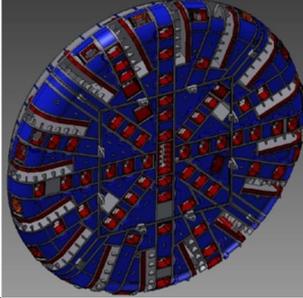
Une machine à bouclier simple s'appuie sur les voussoirs déjà posés, (éléments de béton composant la structure du tunnel), pour creuser (exercer la force d'abattage au niveau de la tête de coupe par le biais des vérins).

La tête de coupe arrache des fragments de roche, évacués par un jeu de convoyeurs.

Lorsque les vérins sont en fin de course, le tunnelier arrête d'avancer. Les vérins sont rentrés et la phase de pose des voussoirs peut alors commencer. Un bras articulé assure cette tâche (bras non représenté sur le schéma).

Quand l'opération de pose des voussoirs est finie, les vérins reprennent appui sur les derniers voussoirs posés, et le cycle recommence.

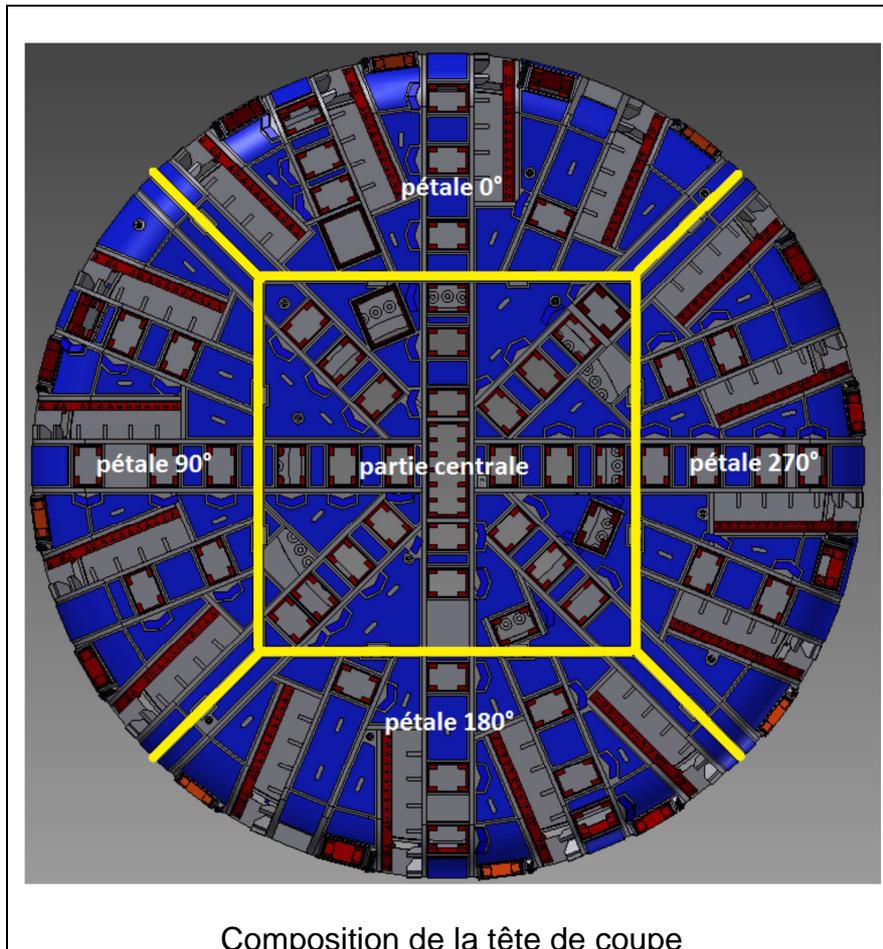
L'étude portera exclusivement sur la tête de coupe du tunnelier.

<p>Tous les éléments étudiés seront en matière « Creusabro 4800 ».</p> <p>Ne pas tenir compte d'autres annotations qui pourraient figurer sur les plans.</p>	
--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------

Le tunnelier est intégralement monté en usine, mis en service et réceptionné par le client. Puis il est démonté et transporté par camion sur le lieu où il doit creuser.

De ce fait, pour être transportable, la tête de coupe est composée de 5 éléments :

- La partie centrale carrée
- 4 pétales



Partie 1 : Établir un document de contrôle qualité.

1. Cotation du plan de contrôle après l'oxycoupage.

Les 4 montants identiques de la partie centrale sont découpés dans de la tôle d'une épaisseur de 50 mm.

Par rapport au DT 200 (page 6/19), des appendices (d'une largeur de 50mm) ont été rajoutés. Ils seront supprimés après assemblage.

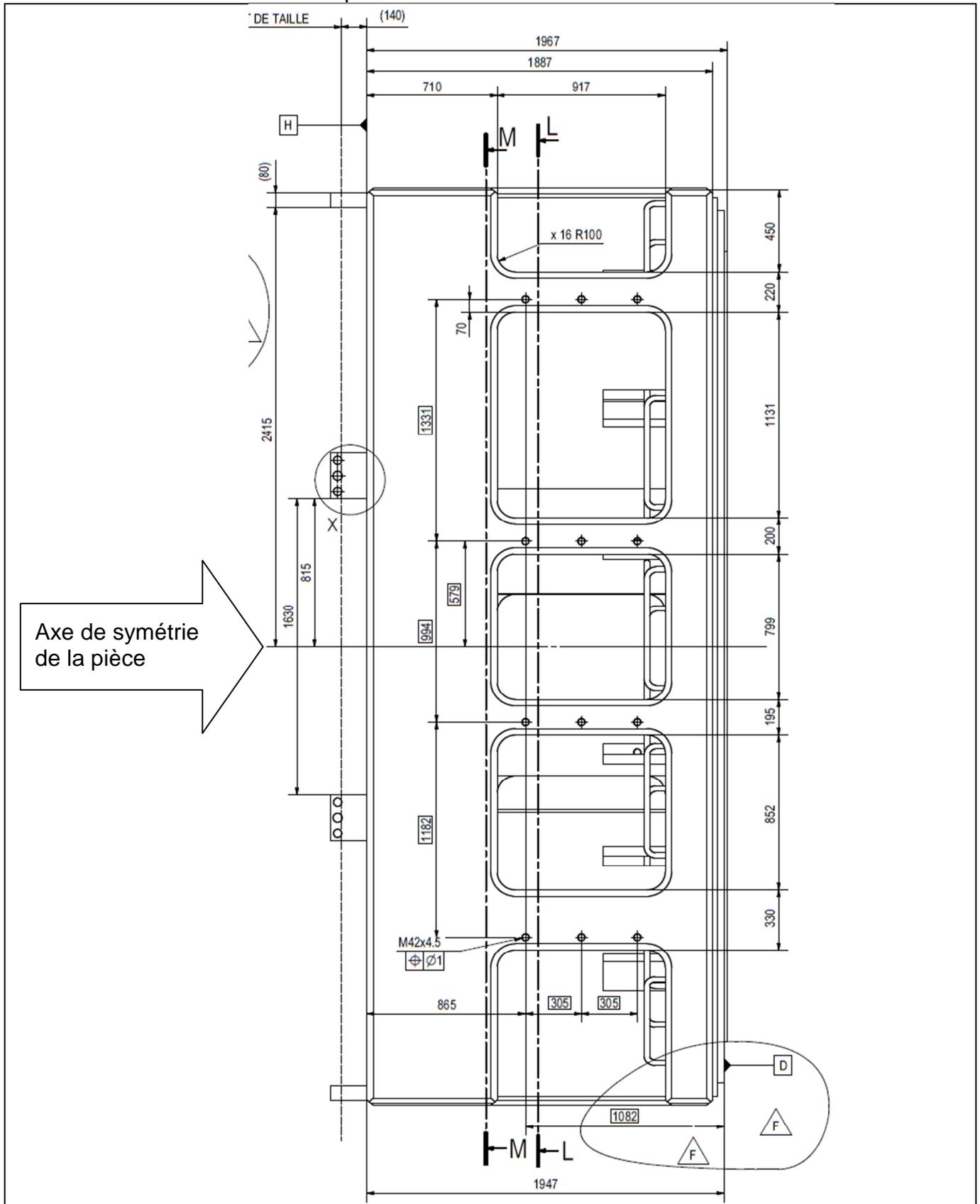
Nota : Chanfreins périphériques à 45° sur l'ensemble des coupes.



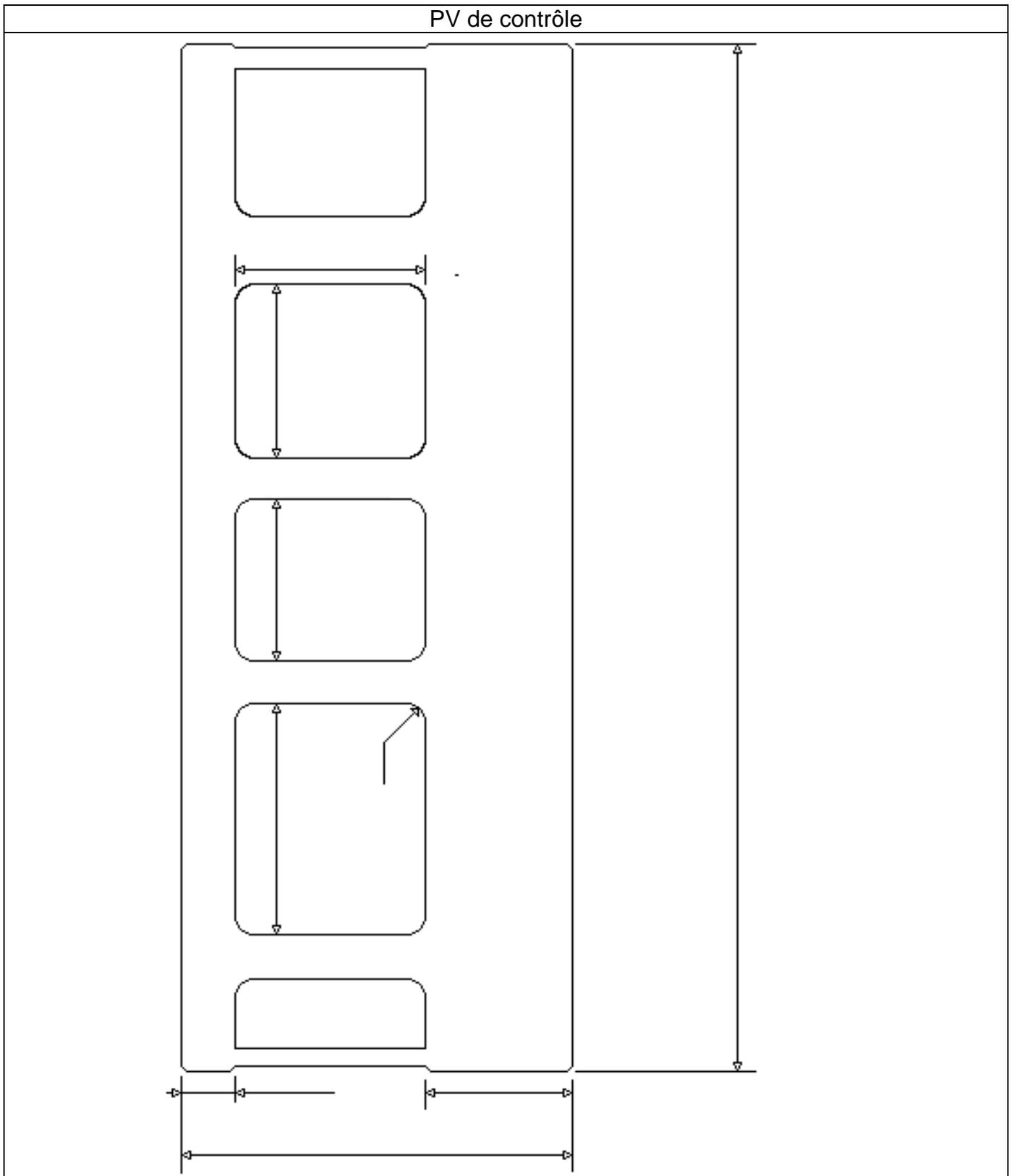
Extrait de la norme tolérances générales NF EN ISO 13920

Tolérances relatives aux dimensions linéaires								
Classe de tolérance	Dimensions nominales $L$ (en mm)							
	2 à 30	>30 à 120	>120 à 400	>400 à 1000	>1000 à 2000	>2000 à 4000	>4000 à 8000	>8000 à 12000
Tolérances $t$ (en mm)								
A	± 1	± 1	± 1	± 2	± 3	± 4	± 5	± 6
B		± 2	± 2	± 3	± 4	± 6	± 8	± 10
C		± 3	± 4	± 6	± 8	± 11	± 14	± 18
D		± 4	± 7	± 9	± 12	± 16	± 21	± 27

Plan pour la cotation du PV de contrôle



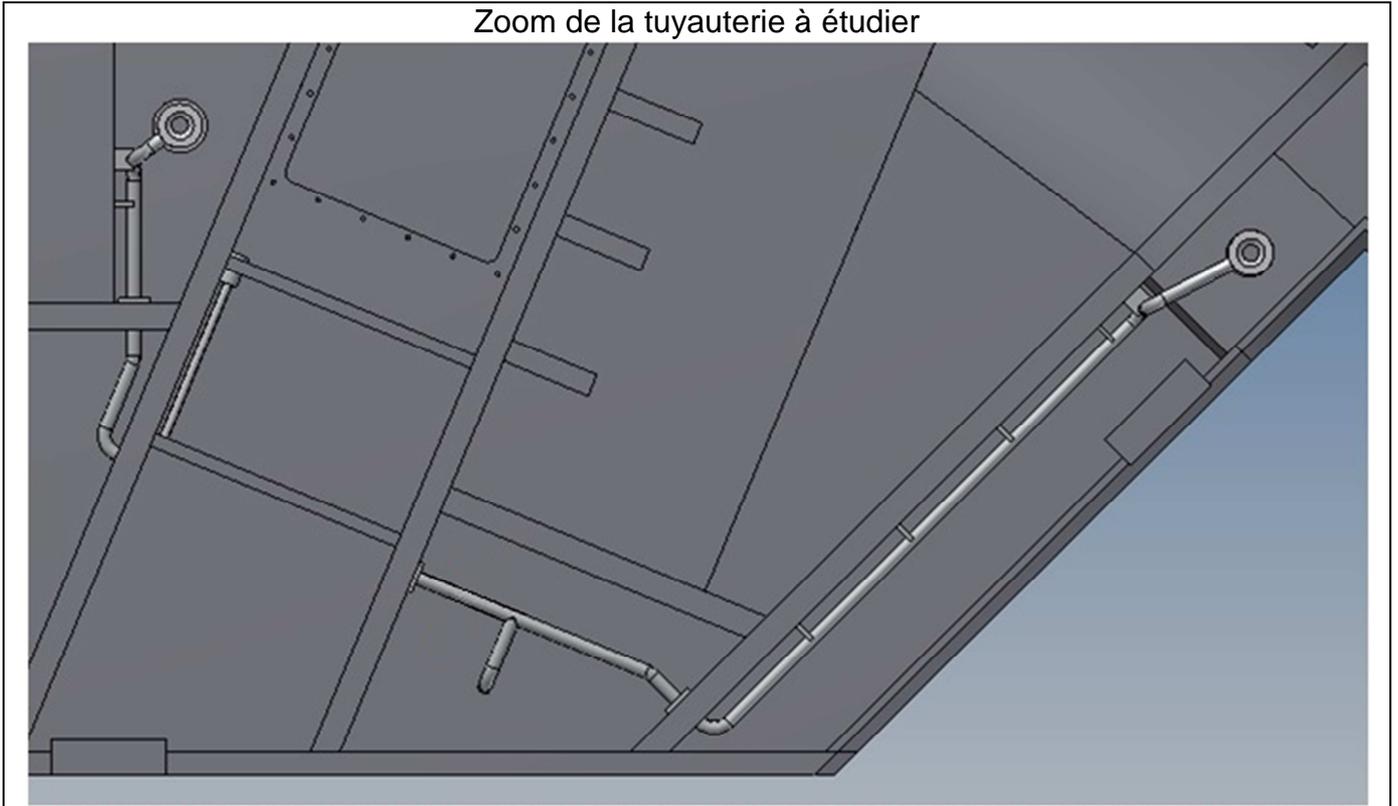
- 1.1. -Compléter les lignes de cotes déjà tracées du PV de contrôle ci-dessous, et ajouter les tolérances à l'aide de l'extrait de la norme NF EN ISO 13920 (DT 100, page 5/19).En prenant la classe de qualité B pour les tolérances.



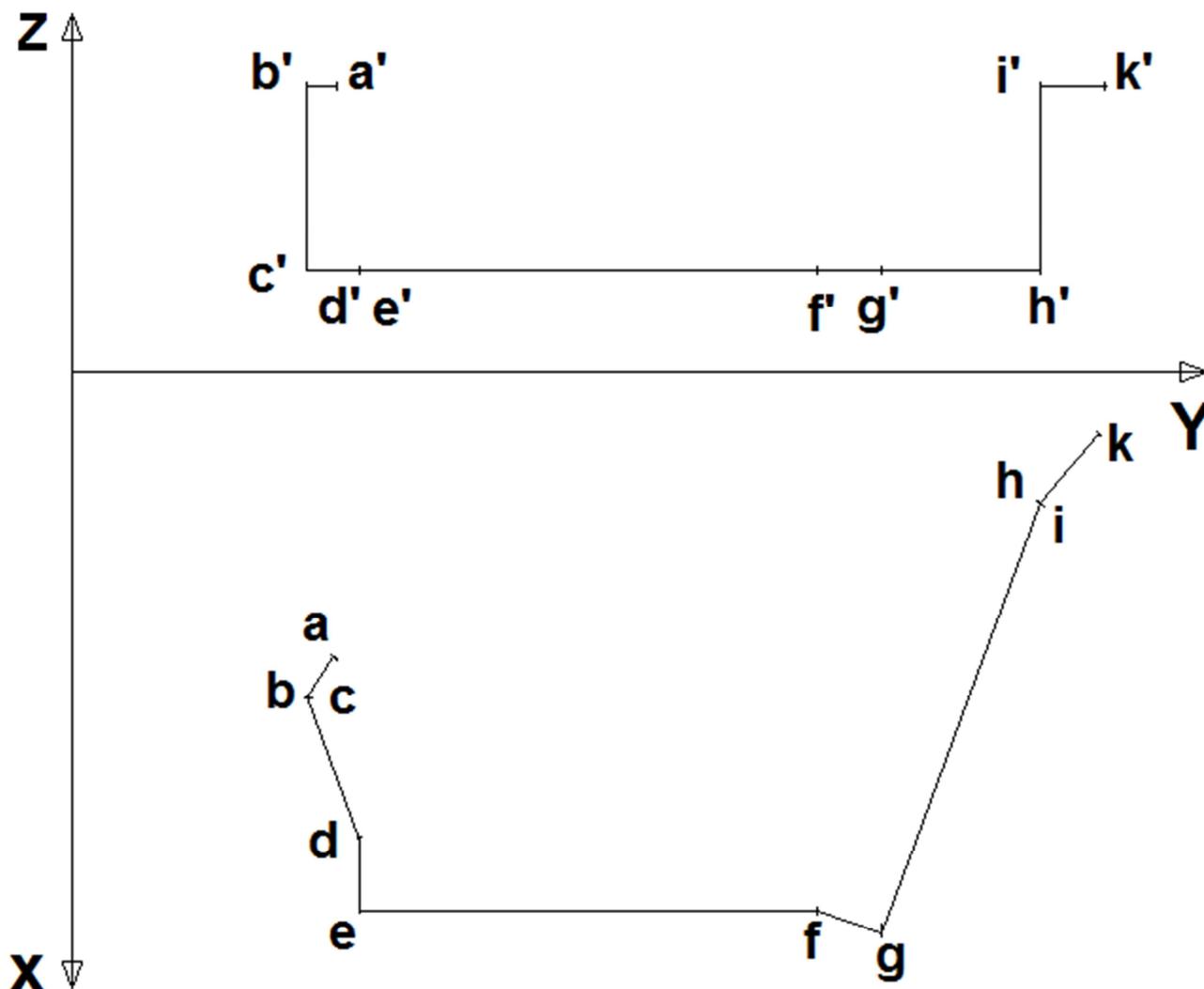
## Partie 2 : Étude de tuyauterie

La tête de coupe est équipée de diverses tuyauteries haute pression ( $\varnothing 30 \times 5$ ) pour assurer toutes les fonctions du tunnelier.

Zoom de la tuyauterie à étudier



Épure de la tuyauterie (cotation à l'axe au point d'épure).



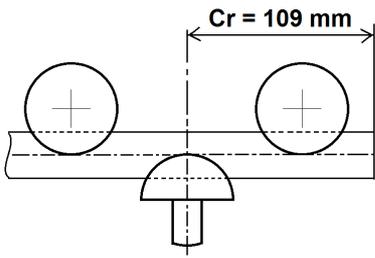
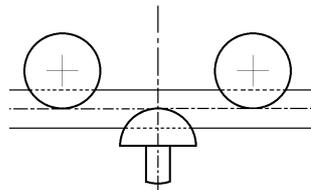
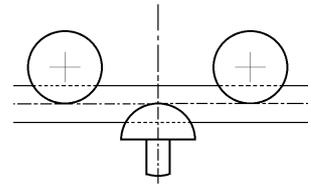
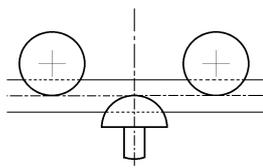
Le tableau ci-dessous donne la cotation aux points d'épures.

AB = 125 mm	Angle de cintrage en B = 90°
BC = 530 mm	Angle de cintrage en C = 90°
CD = 442 mm	Angle de cintrage en D = 160°
DE = 206 mm	Angle de cintrage en E = 90°
EF = 1305 mm	Angle de cintrage en F = 160°
FG = 195 mm	Angle de cintrage en G = 90°
GH = 1321 mm	Angle de cintrage en H = 90°
HI = 530 mm	Angle de cintrage en I = 90°
IK = 261 mm	

Le Rayon à la fibre neutre pour un tube de  $\varnothing 30 \times 5$  est :  $R_{fn} = 75$  mm.



2.2. Compléter la gamme de cintrage de la tuyauterie. Donner que la cote d'épure.  
 Pour le cintrage à 90° la cote A = 16 mm  
 Pour le cintrage à 160° : la cote A est négligeable  
 La qualité des schémas sera prise en compte pour l'évaluation.

Gamme de Fabrication					
Sous ensemble :	élément :	Rep de l'élément	Matière :	Nb de pièces :	Établie par :
N° Phase	Schéma des opérations				Contrôle
100	Cintrage sur cintreuse par poussée				
110	Cintrage au point B : $Cr = 125 - 16 = 109 \text{ mm}$ 				Cote de 125 mm
120	Cintrage au point C : 				
130	Cintrage au point D : 				
140	Cintrage au point E : 				

## Partie 3 : Étude de soudabilité

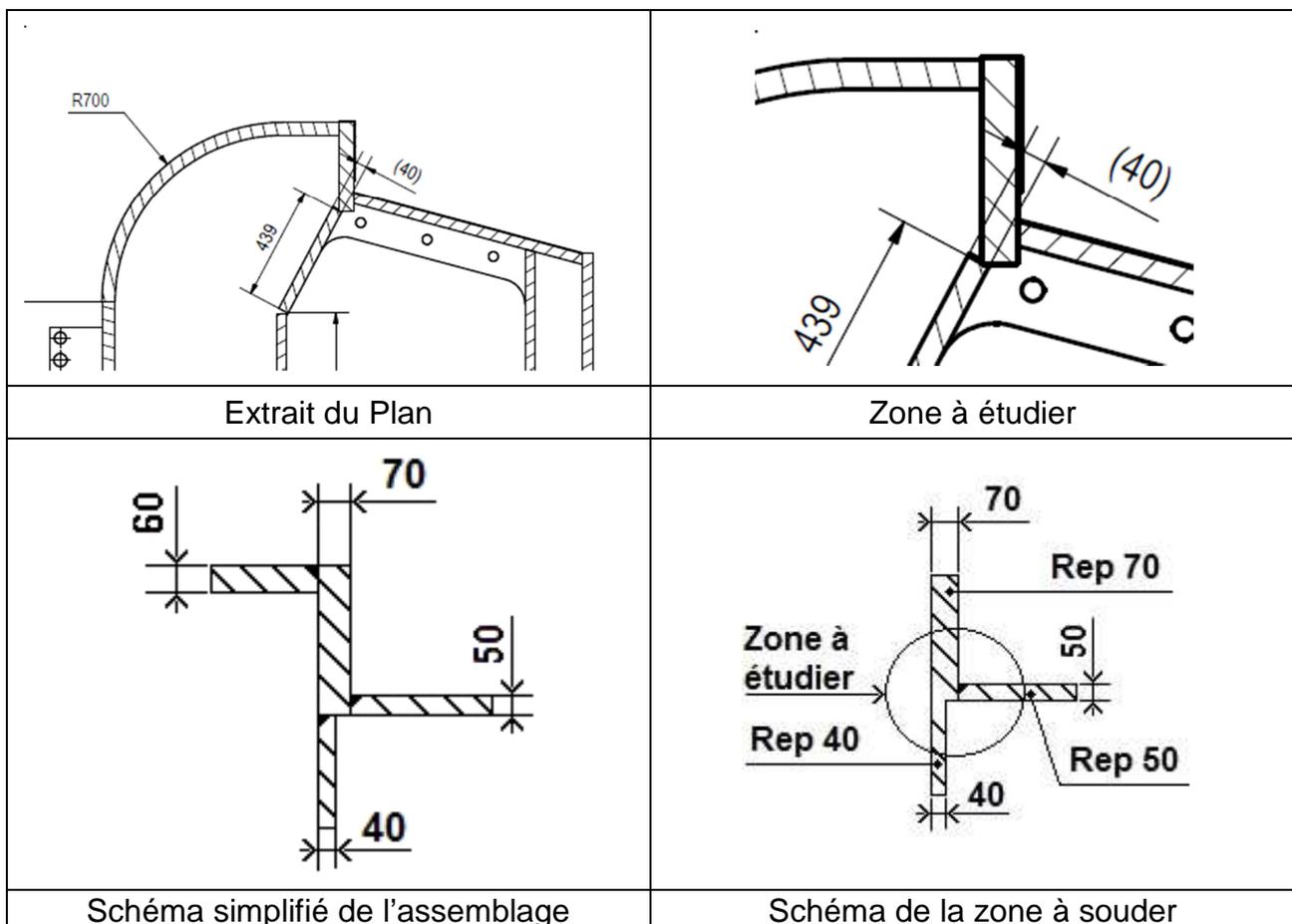
Composition chimique du Creusabro 4800							
C	Mo	Mn	Cr	Ni	Si	P	S
0,181	0,166	1,447	1,413	0,552	0,303	0,009	0,0007

3.1. Sur le document REP 400 (page 13/19), donner le nom des symboles, en précisant le % de ces éléments.

## 3.2. Métallurgie du soudage

Dans le cadre de votre fonction au bureau des méthodes, vous êtes chargé de vérifier les conditions de soudage, préchauffage ou non, de l'assemblage du Rep 50 sur le Rep 70 d'un pétale de la tête de coupe conformément au schéma ci-dessous en utilisant la méthode BWRA. Hypothèses :

- L'étude se fera selon le schéma simplifié de la zone à souder (voir schéma ci-dessous).
- L'ordre de soudage sera le suivant :
  - 1) Soudage du Rep 40 sur Rep 70
  - 2) Soudage du Rep 60 sur Rep 70
  - 3) Soudage du Rep 50 sur Rep 70
- Les soudures seront effectuées l'une après l'autre par un seul opérateur.
- Pour l'étude, on considère que les éléments à souder sont à température ambiante en début de soudage.
- Le procédé d'assemblage est l'électrode enrobée (111).



## 3.1. Soudabilité métallurgique

Pour les éléments composant le Creusabro 4800, compléter le tableau en suivant l'exemple :

Symbole chimique	Nom de l'élément	% de l'élément
<b>C :</b>	<b>Carbone</b>	0,181 %
<b>Mo</b>		
<b>Mn :</b>		
<b>Cr</b>		
<b>Ni :</b>		
<b>Si</b>		
<b>P</b>		
<b>S</b>		

## 3.2. Métallurgie du soudage

3.2.1. Déterminer les paramètres de réglages (Intensité et tension) de la première passe réalisée avec une électrode de  $\varnothing$  4mm.

Calcul de l'intensité de soudage :

Formule littérale :

$$I = 50 \times [(\varnothing \text{ électrode enrobée}) - 1]$$

Application numérique :

Résultat :

Calcul de la tension U en fonction de l'intensité I

Formule littérale :

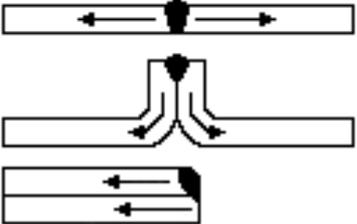
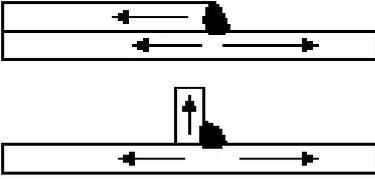
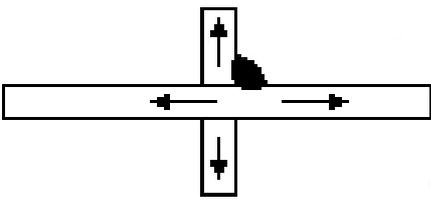
$$U = (0.04 \times I) + 21$$

Application numérique :

Résultat :



3.3.4. Déterminer le T.S.N. par recherche de valeurs dans le tableau ci-dessous.

Types de joint et d'écoulement calorifique	Épaisseurs offertes à l'écoulement calorifique (en mm)	T.S.N.
<p>À travers 2 épaisseurs de tôle</p> 	<p>6 + 6 6 + 13 6 + 19 13 + 13 13 + 25 25 + 25 25 + 50</p>	<p>2 3 4 4 6 8 12</p>
<p>À travers 3 épaisseurs de tôle</p> 	<p>6 + 6 + 6 13 + 13 + 13 25 + 25 + 25 50 + 50 + 50 70 + 50 + 40 6 + 13 + 13 13 + 25 + 25 50 + 25 + 25</p>	<p>3 6 12 24 26 5 10 16</p>
<p>À travers 4 épaisseurs de tôle</p> 	<p>6 + 6 + 6 + 6 13 + 13 + 13 + 13 25 + 25 + 25 + 25 50 + 50 + 50 + 50 6 + 13 + 13 + 13 13 + 13 + 25 + 25</p>	<p>4 8 16 32 7 12</p>

3.3.5. Déterminer la température de préchauffage pour chaque type d'électrode dans le tableau ci-dessous.

Température minimale de préchauffage $T_0 = T_P$ des pièces (°C)						
Indice T.S.N.	Indices de soudabilité	Diamètre des électrodes (mm)				
		3,25	4	5	6	8
<b>6</b>	B	50	0			
	C	100	25	0		
	D	150	100	25		
	E	175	125	75	0	
	F	225	175	150	75	0
<b>8</b>	A	25	0			
	B	75	25	0		
	C	125	75	25		
	D	175	125	75	0	0
	E	200	150	125	50	25
	F	225	200	175	125	50
<b>12</b>	A	75	25	0		
	B	125	75	25		
	C	150	125	75	0	
	D	200	175	125	75	0
	E	225	200	175	100	50
	F	250	225	200	150	125
<b>16</b>	A	75	25	0		
	B	125	75	50	0	0
	C	175	150	125	50	25
	D	200	175	175	125	50
	E	225	200	200	150	100
	F	250	250	225	200	150
<b>24</b>	A	75	25	0	0	
	B	125	75	50	25	0
	C	175	150	125	75	25
	D	200	175	175	125	100
	E	225	200	200	175	150
	F	250	250	225	200	200
<b>26</b>	A	75	25	0	0	
	B	125	75	50	25	0
	C	175	150	125	75	25
	D	200	175	175	125	100
	E	225	200	200	175	150
	F	250	250	225	200	200

Conclusion :

---



---



---



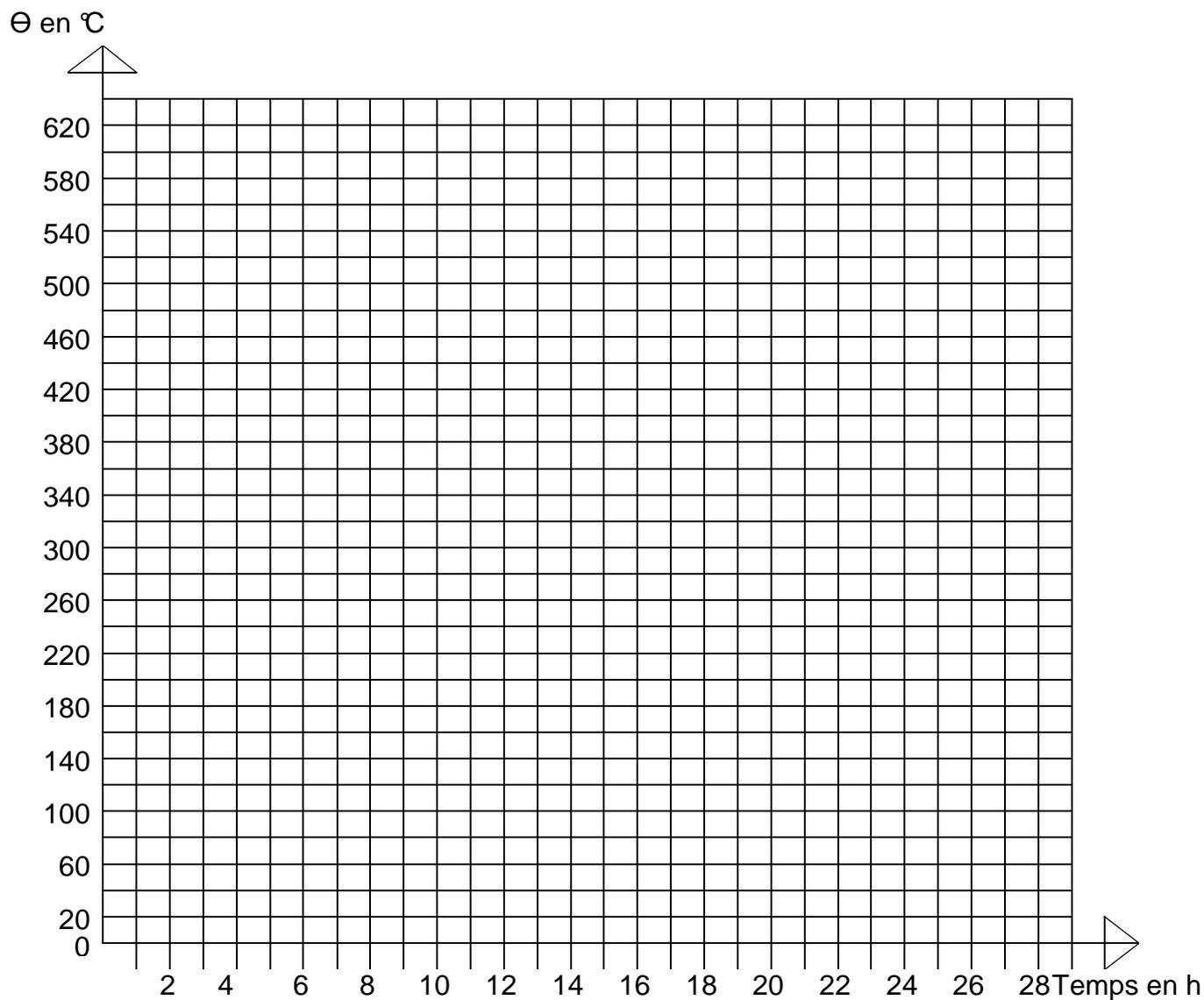
---

## 3.4. Traitement thermique

<b>Fiche de traitement thermique</b>		N°1613 – Révision A	Page 1/1	
Affaire : Tunneliers		N° Commande	Client	
Désignation de la pièce :			N° de Plan Rep :	
Quantité :	Masse unitaire :		N° de gamme :	
Rapport de traitement à établir		Oui		
Mode de chauffage ou type de four		Gaz		
Mode d'enfournement et de supportage		Calage soigné		
Nombre et position des thermocouples		2		
Traitement à réaliser (voir nota)		Traitement standard	Traitement particulier	
Température du four à l'enfournement		Ambiante		Ambiante
Température de la pièce à l'enfournement		Ambiante		Ambiante
Montée	Vitesse conseillée	50°C/h		50°C/h
	Vitesse maximale	80°C/h		80°C/h
	Écart maxi entre thermocouples	40°C à partir de 300°C		40°C à partir de 300°C
Palier d'égalisation	Température	Non requis		Non requis
Maintien	Température minimale	535°C		555°C
	Température maximale	630°C		595°C
	Écart maxi entre thermocouples	20°C		20°C
	Durée mini	2h 30mn		2h 30mn
	Durée maxi	4h		4h
Descente :	Vitesse minimale	Sans		Sans
	Vitesse conseillée	50°C/h		50°C/h
	Vitesse maximale	80°C/h		80°C/h
	Écart maxi entre thermocouples	40°C à partir de 300°C		40°C à partir de 300°C
Température de sortie du four		<b>≤ 150°C</b>		<b>≤ 150°C</b>
Nota : rayer le traitement non applicable		- Traitement standard : à utiliser en priorité - Traitement particulier : toutes les variables seront indiquées		
Rédacteur	Nom :	Date :	Contrôle	Nom : Date :
Traitement réalisé				
Traitement N°	Réalisé au four	Dans les conditions ci-dessus	Oui	Non
Si NON : Observations				
Maitrise atelier	Nom :		Date :	Visa :
Contrôle de la réalisation - <i>Inspection</i>				
Réalisation Conforme :	Oui	N° du rapport :		
	Non	N° de la fiche de non-conformité :		
Service contrôle des fabrications	Nom :		Date :	Visa :

## 3.4.1. Traitement thermique

Tracer la courbe du traitement thermique sur le graphique ci-dessous. Vous choisirez le traitement particulier du document fiche de traitement thermique DT 600 (page 17/19).

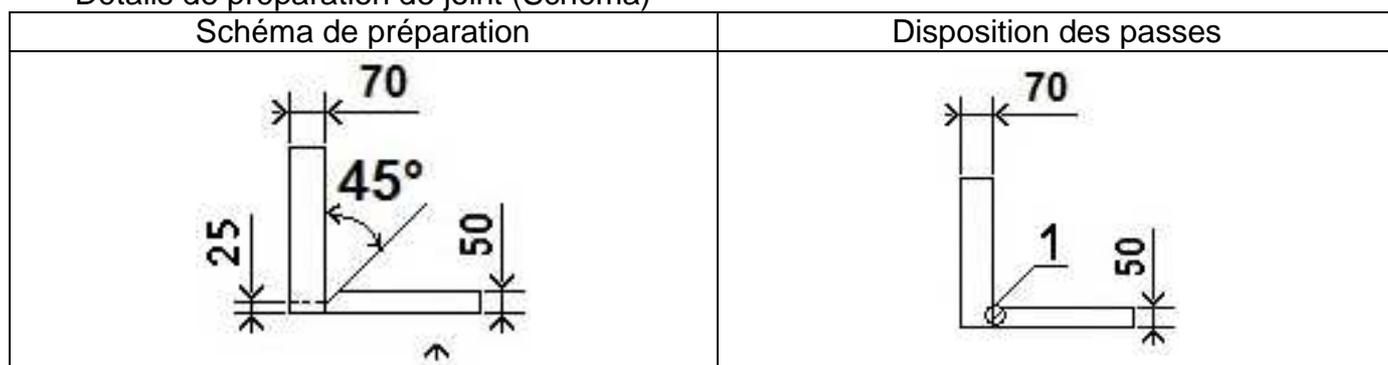


3.4.2. D.M.O.S. du Rep 50 sur Rep 70 pour la passe de fond.

Compléter les parties grisées du DMOS à l'aide des résultats obtenus précédemment.

Descriptif de mode opératoire de soudage		DMOS N°U43	
Lieu : Atelier chaudronnerie		Mode de préparation et nettoyage :	
Constructeur ou Fabricant : CRCI		Meulage des zones à souder	
Procédé de soudage : [grisé]		Spécification matériau de base : [grisé]	
Type de joint :		Épaisseur matériau de base (mm) [grisé]	
Qualification des soudeurs : NF EN 15614 Diamètre du matériau de base (mm) :			

Détails de préparation de joint (Schéma)



Paramètres de soudage:

Passé N°	Procédé	Position	Ø électrodes enrobées	Intensité en A	Tension à l'arc V	Type de courant Polarité	Vitesse d'avance cm/min	Énergie de soudage KJ/cm	Nature Gaz	Débit gaz L/mn	
										End/Env	
1	[grisé]		[grisé]	[grisé]	[grisé]	cc+	10cm/mn	11kJ/cm			

Produits consommables : Désignation : marque et type :	Autres Informations: Nettoyage entre passes et final par ex.: balayage (largeur maximale) oscillation :
Étuvage ou séchage :	Fréquence, temporisation: /
Type d'électrode de tungstène/Dimension :	Soudage pulsé détails : /
Détail de gougeage ou de reprise envers :	Distance tube contact /pièce : Détail du soudage plasma : / Inclinaison de la torche :
Température de préchauffage :	[grisé]
Température entre passes :	Sans
Contrôle avant soudage :	Visuel
Contrôle après soudage :	Visuel
Tolérance des paramètres de soudage : ±15%	
Température du traitement thermique après soudage :	[grisé]

Constructeur ou fabricant :  
Nom, date, signature: