



ROYAUME DU MAROC

مكتب التكوين المهني وإنعاش الشغل

Office de la Formation Professionnelle et de la Promotion du Travail
Direction Recherche et Ingénierie de la Formation

**RESUME THEORIQUE
&
GUIDE DE TRAVAUX PRATIQUES**

MODULE N° 7

**TECHNOLOGIE
EN
CHAUDRONNERIE
ET EN
TUYAUTERIE**

Secteur : CONSTRUCTION METALLIQUE

Spécialité : TSBECM

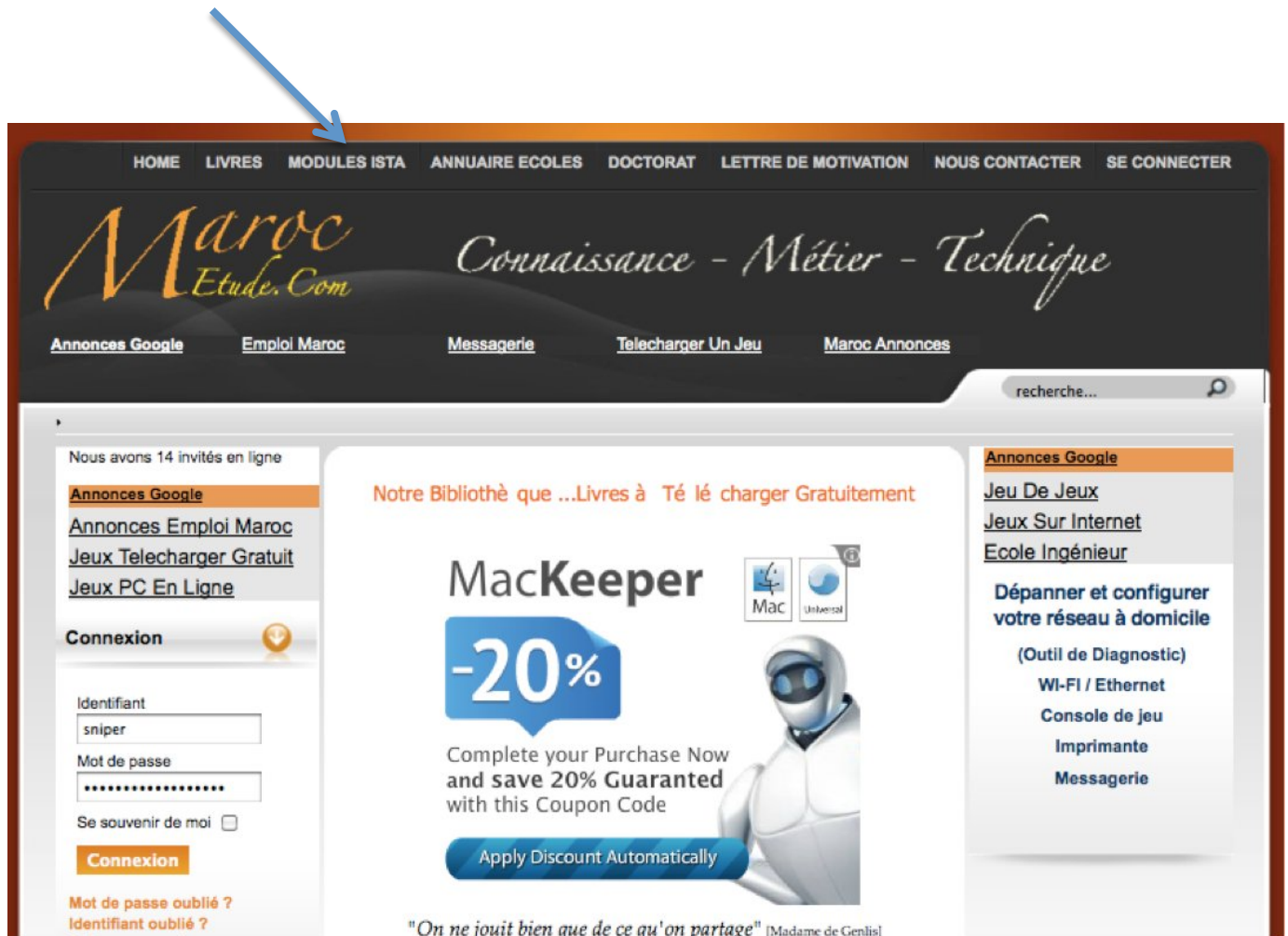
Niveau : Technicien Spécialisé

PORTAIL DE LA FORMATION PROFESSIONNELLE AU MAROC

Télécharger tous les modules de toutes les filières de l'OFPPT sur le site dédié à la formation professionnelle au Maroc : www.marocetude.com

Pour cela visiter notre site www.marocetude.com et choisissez la rubrique :

[MODULES ISTA](#)



The screenshot shows the homepage of the website *Maroc Etude.Com*. The header features a navigation bar with links: HOME, LIVRES, **MODULES ISTA**, ANNUAIRE ECOLES, DOCTORAT, LETTRE DE MOTIVATION, NOUS CONTACTER, and SE CONNECTER. Below the navigation bar is a large banner with the site's logo and the tagline "Connaissance - Métier - Technique". A blue arrow points from the text "MODULES ISTA" above to the "MODULES ISTA" link in the header. The main content area is divided into three columns. The left column contains a login section with fields for "Identifiant" (containing "sniper") and "Mot de passe", a "Connexion" button, and links for "Annonces Google", "Annonces Emploi Maroc", "Jeux Télécharger Gratuit", and "Jeux PC En Ligne". The middle column features a promotional banner for "MacKeeper" with a "-20%" discount, a coupon code, and a robot illustration. The right column contains a search bar and a list of links under the heading "Annonces Google": "Jeu De Jeux", "Jeux Sur Internet", "Ecole Ingénieur", "Dépanner et configurer votre réseau à domicile", "(Outil de Diagnostic)", "Wi-Fi / Ethernet", "Console de jeu", "Imprimante", and "Messagerie".

Document élaboré par :

Nom et prénom

KHALFI ABDELWAHED

CDC Génie Mécanique

DRIF

Révision linguistique

-
-
-

Validation

-
-
-

SOMMAIRE

OBJECTIF OPÉRATIONNEL DE PREMIER NIVEAU DE COMPORTEMENT	5
OBJECTIFS OPÉRATIONNELS DE SECOND NIVEAU	7
L'OXYCOUPAGE	8
LE ROULAGE	17
LE CISAILLAGE	27
LE PLIAGE	33
LE POINÇONNAGE	50
TRONÇONNAGE, MEULAGE ET PONÇAGE	54
LES ASSEMBLAGES SOUDEES	59
SOUDAGE OXYACETYLENIQUE	62
LE SOUDAGE ELECTRIQUE A L'ARC	75
LE SOUDAGE MIG-MAG	86
LE SOUDAGE A L'ARC AVEC ÉLECTRODE RÉFRACTAIRE EN ATMOSPHERE INERTE (T.I.G.)	95
SOUDAGE ELECTRIQUE PAR RESISTANCE	100
CONTROLE ET ESSAI DES SOUDURES	104
LE GRIGNOTAGE	109
LE PERÇAGE	111
LE TARAUDAGE	122
LES ASSEMBLAGES RIVES	124
REPRESENTATION DES ASSEMBLAGES VISSÉS	127
VIS ET BOULONS D'UTILISATION COURANTE	129
LES BRIDES	133
APPAREILS DE ROBINETTERIE	136
SUPPORTS DE TUYAUTERIE	148
COULEURS CONVENTIONNELLES DES TUYAUTERIES RIGIDES	149

**RESUME DE LA THEORIE
ET
DE TRAVAUX PRATIQUES**

MODULE 7 : TECHNOLOGIE EN CHAUDRONNERIE ET EN TUYAUTERIE

Code :	Théorie	: 78 %	23 h
Durée : 30 heures	Travaux pratiques	: 20 %	6 h
Responsabilité : D'établissement	Évaluation	: 2 %	1 h

OBJECTIF OPERATIONNEL DE PREMIER NIVEAU DE COMPORTEMENT

COMPORTEMENT ATTENDU

Pour démontrer sa compétence, le stagiaire doit **appliquer la technologie en chaudronnerie et en tuyauterie** selon les conditions, les critères et les précisions qui suivent.

CONDITIONS D'ÉVALUATION

- Travail individuel ou en groupe
- À partir :
 - De plans industriels
 - De croquis ou directives
 - De cahier des charges
 - Informations pertinentes
- À l'aide :
 - De documents techniques
 - De catalogue
 - Des normes
 - Consignes directives

CRITERES GENERAUX DE PERFORMANCE

- Utilisation de la technologie normalisée
- Choix judicieux des moyens employés
- Respect des règles d'hygiène et sécurité
- Mise en application des normalisations
- Connaissances générales des moyens de production
- Réalisation de gammes de fabrication

OBJECTIF OPERATIONNEL DE PREMIER NIVEAU
DE COMPORTEMENT (suite)

PRECISIONS SUR LE COMPORTEMENT ATTENDU	<u>CRITERES PARTICULIERS DE PERFORMANCE</u>
A. Connaissance des moyens de mise en oeuvre du parc machine - pliage - roulage - cintrage - poinçonnage - cisailage - découpage thermique - sciage	- Identifier les différents matériels - Mise en œuvre des machines - Respect du processus d'utilisation - Choix des outils et de réglages - Connaissance de la technologie de base (pliage, cintrage...) - Mise en forme des matériaux : - Emboutissage, retreinte, allongement, planage, dressage. - Respect des règles d'hygiène et sécurité
B. Connaître les procédés de soudage - TIG - MIG-MAG - SAEE - SOA - SB - SPR	- Identifier les différents matériels - Mise en œuvre des postes de soudage - Respect du processus d'utilisation - Choix des métaux d'apports et des réglages - Connaissance de la technologie associée (les courants, les consommables, les gaz...) - Respect des règles d'hygiène et sécurité
C. Connaissance des moyens d'usinage - Grignotage - Perçage, filetage, taraudage - chanfreinage	- Identifier les différents matériels - Mise en œuvre des machines - Respect du processus d'utilisation - Choix des outils et de réglages - Connaissance de la technologie associée - Respect des règles d'hygiène et sécurité
D. Connaître les techniques d'assemblages mécaniques et les éléments de liaison	- Connaissance des fixations mécaniques : - Visserie, rivetage - Raccords - Identifier les principaux composants - Nommer les principaux composants - Brides - Vannes - Respect des règles d'hygiène et sécurité

OBJECTIFS OPERATIONNELS DE SECOND NIVEAU

LE STAGIAIRE DOIT MAITRISER LES SAVOIRS, SAVOIR-FAIRE, SAVOIR-PERCEVOIR OU SAVOIR-ETRE JUGES PREALABLES AUX APPRENTISSAGES DIRECTEMENT REQUIS POUR L'ATTEINTE DE L'OBJECTIF OPERATIONNEL DE PREMIER NIVEAU, TELS QUE :

Avant d'apprendre à connaître les moyens de mise en oeuvre du parc machine (A) :

1. Connaître le parc machine
2. Identifier les machines et outillages
3. Être sensibilisé aux règles d'hygiène et sécurité

Avant d'apprendre à connaître les procédés de soudage (B) :

4. Connaissance du matériel de soudage
5. Identifier les métaux d'apports, gaz et accessoires
6. Être sensibilisé aux règles d'hygiène et sécurité

Avant d'apprendre à connaître les moyens d'usinage (C) :

7. Connaître les procédés d'usinage
8. Appliquer les techniques d'usinage

Avant d'apprendre à connaître les techniques d'assemblages mécaniques et les éléments de liaison (D) :

9. Utiliser les documents techniques
10. Connaître la normalisation
11. Respecter les modes d'utilisation des différents composants

L'OXYCOUPAGE

GENERALITES

L'oxycoupage est un des procédés de découpage que l'on utilise avantageusement en tôlerie. Ce procédé s'applique aux métaux ferreux seulement et principalement aux aciers faiblement alliés. Les éléments d'addition doivent présenter des teneurs inférieures à :

Si	A	Mn	Ni	Cr	C
4%	10%	15%	30%	2%	0.9%

Par rapport aux méthodes de sciage et de cisailage, la coupe ainsi obtenue est beaucoup plus rugueuse et le coût de production est nettement plus élevé. Cependant, il est reconnu que l'oxycoupage offre des avantages importants, notamment les nombreuses applications qu'il permet et le faible coût d'investissement requis pour l'équipement.

A l'exemple de la plupart des spécialistes qui travaillent avec les aciers, le tôlier utilise régulièrement cette technique et spécialement sur les tôles d'épaisseur moyenne, les plaques, les tubes et les profilés. Et elle devient essentielle lorsque l'on doit effectuer des opérations de découpage sur des pièces déjà formées, car alors les procédés mécaniques de découpage ne peuvent plus être utilisés.

Oxycoupeur portatif sur rail



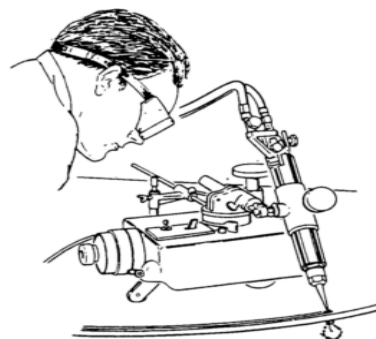
Oxycoupage de pièces multiples



Oxycoupage manuel



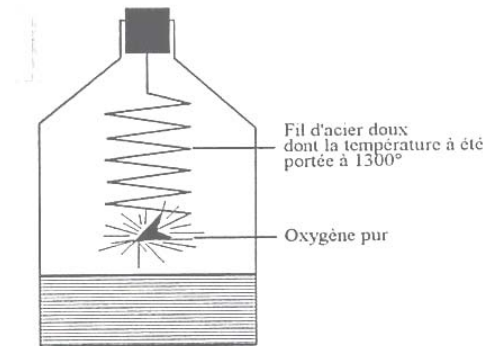
Oxycoupage circulaire portative semi-automatique



RAPPEL (EXPERIENCE DE LAVOISIER EN 1776)

Le fer chauffé au rouge en un point brûle dans une atmosphère d'oxygène. C'est le phénomène de l'oxydation. La réaction d'oxydation dégage de la chaleur ; on dit qu'elle est exothermique.

Le principe peut se vérifier au moyen d'une expérience qui consiste à remplir un récipient d'oxygène et à y plonger une tige d'acier chauffée au rouge. Elle brûle dans l'atmosphère d'oxygène, produit des cendres (qui sont de l'oxyde de fer) et une émanation de CO_2 .



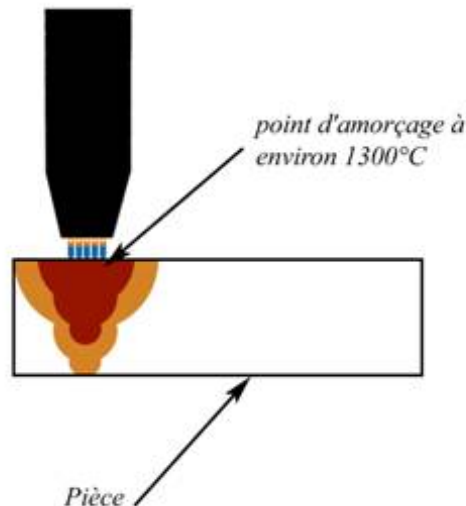
Il y a combustion jusqu'à épuisement de l'oxygène. Cette combustion est appelée combustion vive. La combustion lente est la rouille qui, elle, n'est pas une réaction exothermique.

La technique d'application est différente, mais la même réaction chimique se produit en oxycoupage.

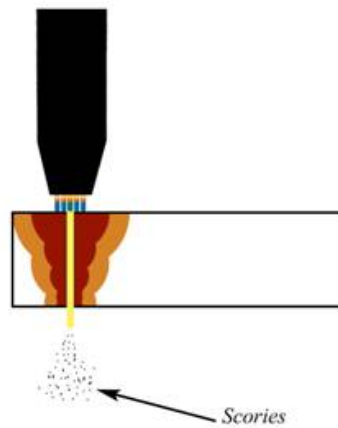
DEFINITION

L'oxycoupage est une opération de coupage par combustion localisée et continue sous l'action d'un jet d'oxygène pur, agissant en un point préalablement chauffé à 1300°C. Cette température est dite température d'amorçage. Cette technique nécessite :

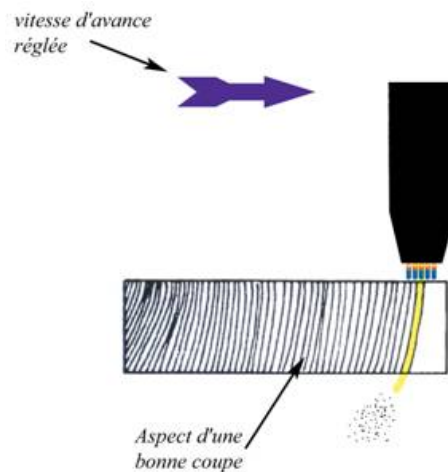
Etape n°1 : une flamme de chauffe pour l'amorçage et l'entretien de la coupe ; cette flamme peut être oxyacétylénique, oxypropane, oxytétrène ou oxycrylène ;



Etape n°2 : un jet d'oxygène de coupe généralement central et destiné à créer la combustion dans la saignée, sur toute l'épaisseur de la pièce à couper, il sert aussi à l'évacuation des oxydes formés ;



- **Etape n°3 :** LA REACTION N'EST PAS ASSEZ EXOTHERMIQUE POUR S'ENTREtenir D'ELLE-MEME SANS LE CONCOURS DE LA FLAMME DE CHAUFFE.



LES POSTES D'OXYCOUPAGE

- LES FABRICANTS OFFRENT DIVERS TYPES D'EQUIPEMENT, EN FONCTION DE LA NATURE ET DE L'IMPORTANCE DES TRAVAUX D'OXYCOUPAGE A EFFECTUER.

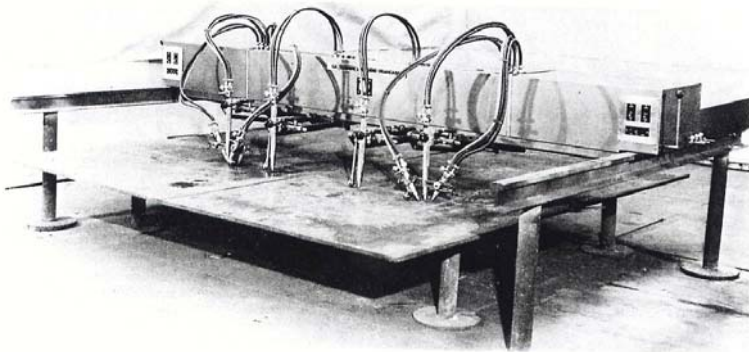


FIG. 1.32 — Banc d'oxycoupage (doc. S.A.F.).

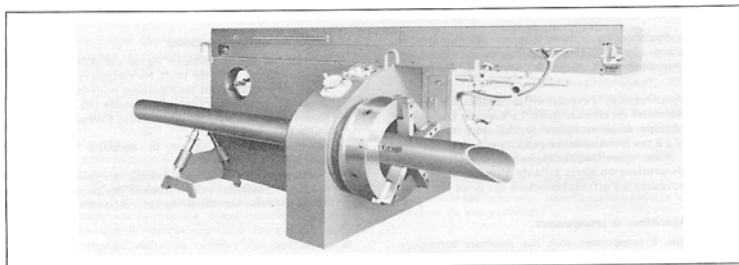


FIG. 1.35 — Machine pour la coupe des tubes et l'usinage des extrémités.

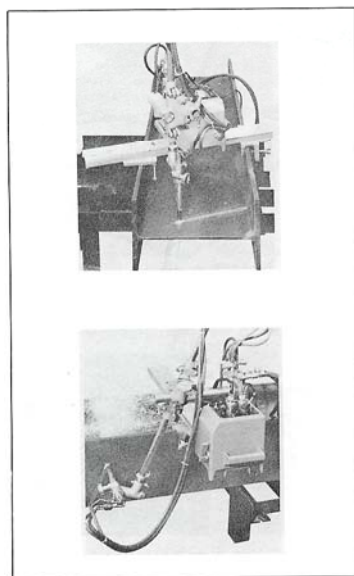


FIG. 1.36 — Machines pour la découpe des profilés.

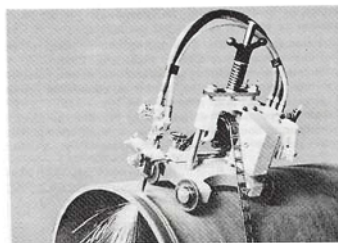


FIG. 1.37 — Machine portable pour l'usinage des tubes.

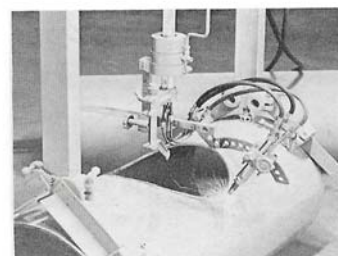


FIG. 1.38 — Machine portable pour l'usinage des piquages ss tubes ou sur réservoirs.

DESCRIPTION

Un chalumeau-coupeur comporte les mêmes organes qu'un chalumeau soudeur, plus un tube supplémentaire qui achemine l'oxygène de coupe et une gâchette qui en contrôle l'ouverture ou la fermeture.

Exception faite de la tête de coupe, le chalumeau coupeur standard forme un tout non démontable.



Torche conventionnelle

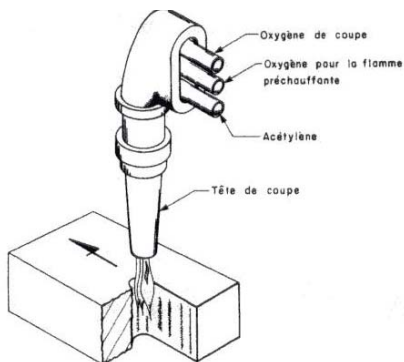


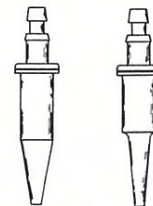
Figure 5-9 Extrémité du chalumeau-coupeur



Divers types de buses



Figure 5-10 Exemple d'un siège d'une tête de coupe



Différentes têtes de coupe

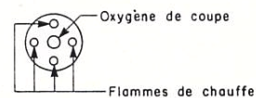


Figure 5-11 Extrémité d'une tête de coupe

GAZ UTILISES

La flamme de chauffe nécessaire à amorcer et à maintenir le mécanisme de l'oxycoupage peut être obtenue par la combustion de gaz divers tels que :

- Acétylène,
- Propane,
- Hydrogène,
- Gaz de ville (gaz de houille ou gaz naturel),
- Mélanges de synthèse.

La nature du gaz combustible utilisé pour la flamme de chauffe influe sur le prix de revient final de l'opération de découpage. Seule une étude particulière, cas par cas, peut éventuellement permettre d'établir une certaine discrimination quant à l'emploi des différents gaz combustibles pour chaque cas traité. Le gaz comburant est toujours l'oxygène.

GAZ COMBUSTIBLES

a) Acétylène (C_2H_2) :

Température de la flamme oxyacétylénique : $3100^{\circ}C$.

Rapport de consommation pour l'oxygène : 1 à 1.5 selon l'épaisseur et la qualité de l'acier (1.1 pour le soudage).

L'acétylène permet des amorçages rapides, présente un intérêt pour la démolition et les coupes de petite longueur.

Grâce à la précision de réglage de la flamme, les coupes obtenues sont très régulières ce qui constitue un avantage pour le coupage des épaisseurs fines et moyennes ; pour les fortes épaisseurs, la forte localisation de la chaleur peut entraîner une fusion de l'arête supérieure de la coupe.

Pour des travaux de découpage identiques on consomme, en volume, un peu plus d'acétylène que de propane, mais les temps d'amorçage sont plus courts.

b) Propane (C₃H₈) :

Température de la flamme oxypropane : environ 2800°C.
Rapport de consommation pour l'oxygène : environ 4.5.

Il faut noter que le propane du commerce contient plus ou moins d'éthane, de propylène, de butylène, d'isobutane, etc., ce qui conduit à des variations non négligeables de réglage.

Le réglage de la flamme est relativement délicat ; les temps d'amorçage sont plus longs, ce qui augmente d'autant plus la durée moyenne de coupe, que les coupes sont plus courantes.

Pour l'oxycoupage des épaisseurs moyennes et fortes, le propane peut remplacer l'acétylène lorsque les conditions d'approvisionnement sont avantageuses. Pour des travaux de découpage identiques on consomme davantage d'oxygène (coupe et chauffe) avec une flamme oxypropane qu'avec une flamme oxyacétylénique.

c) Hydrogène (H₂) :

Température de la flamme oxyhydrique : environ 2400°C.
Rapport de consommation pour l'oxygène : environ 0.5.

C'est un gaz nécessitant des précautions pour les manipulations (facilité de diffusion à travers les substances, large zone d'inflammabilité dans l'air entre 4 et 74%).

La flamme est assez difficile à régler. Cependant, sa stabilité (contrairement à l'acétylène) permet son emploi à forte pression, ce qui peut être le cas du découpage sous l'eau (à plus de 15 mètres de profondeur).

d) Gaz de ville ou méthane (CH₄) :

Température de la flamme : environ 2800°C.
Rapport de consommation pour l'oxygène : environ 0.6.

Ces combustibles bien que peu utilisés peuvent être intéressants dans certaines conditions d'approvisionnement, par exemple dans les aciéries productrices du gaz de houille.

D'une façon générale, le réglage des flammes est moins facile et les vitesses d'amorçage sont plus lentes qu'avec l'acétylène. Dans le cas de gros débits, on peut être gêné par les faibles pressions d'alimentation.

e) Mélanges gazeux :

Le groupe Air Liquide commercialise en France un mélange breveté sous le nom de « Tétrène » dont les constituants principaux sont le propyne et le propadiène (C₃H₄).

Température de la flamme oxytétrène : environ 2940°C.

Rapport de consommation pour l'oxygène : environ 3.5.

Les caractéristiques qui influent sur les conditions de coupe de ce gaz le situent entre l'acétylène et le propane. La consommation actuelle est de l'ordre de 10% avec une tendance à l'augmentation.

GAZ COMBURANT

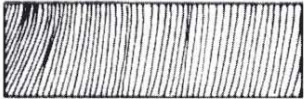
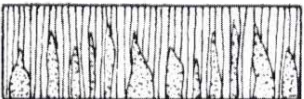
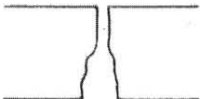
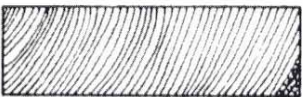
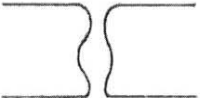
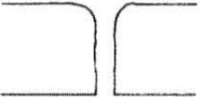
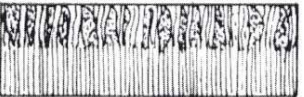
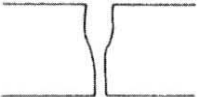
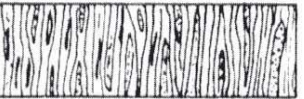
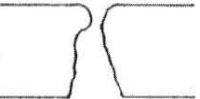
Seul comburant possible, l'oxygène de coupe doit présenter un haut titre de pureté. L'oxygène industriel a une pureté au moins égale à 99.5%. Il faut noter qu'une diminution de 1% du titre de pureté peut entraîner une diminution d'environ 15% de la vitesse de coupe assortie d'une augmentation de la consommation d'environ 20% jointe à un abaissement de la qualité de coupe.

Il est donc indispensable de veiller au parfait état du circuit d'alimentation en oxygène de coupe.

PARAMETRES

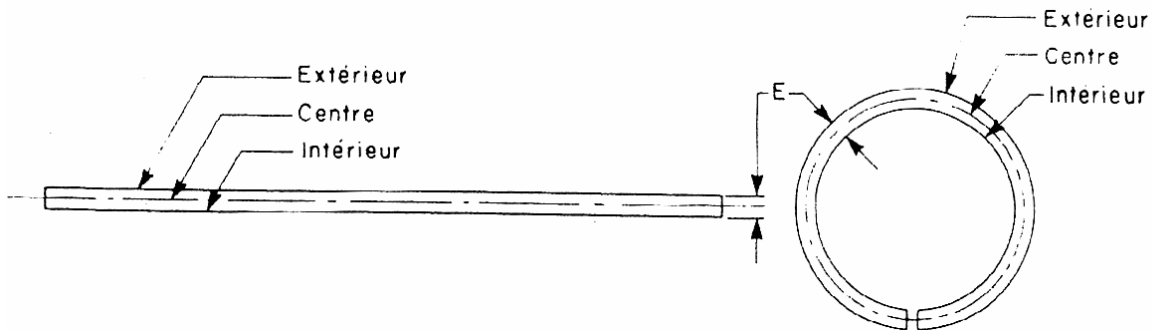
①			<i>Pression (bar)</i> <i>CHAUFFÉ</i> <i>CHAUFFÉ</i>		
<i>Epaisseur (mm)</i>	<i>Calibre</i>	<i>Vitesse (m/min)</i>	<i>Oxygène (coupe)</i>	<i>Oxygène (coupe)</i>	<i>Acétylène</i>
5	10/10	0,80	4	1,5	0,3
10	10/10	0,65	4	1,5	0,3
15	10/10	0,50	4	1,5	0,3
20	16/10	0,50	4	1,5	0,5
30	16/10	0,42	4	1,5	0,5
50	16/10	0,35	4	1,5	0,5
200	30/10	0,15	5	2	0,2
300	30/10	0,10	7	2	0,3
400	35/10	0,10	7	2	0,5
500	40/10	0,09	9	2	0,75
600	45/10	0,08	8	2	0,75
900	55/10	0,06	8,5	2	1

ASPECT DES COUPES, DEFAUTS, ORIGINE

		Bon découpage Retard entre l'entrée de la coupe et la sortie égale 1/10^e de l'épaisseur.
		Cavités à la partie inférieure Avance trop lente Chauffe insuffisante Claquement du chalumeau
		Retard excessif Avance trop rapide Débit d'oxygène insuffisant
		Bords fondus – Cavités au centre Distance de la buse à la tôle trop importante
		Bords fondus Distance de la buse à la tôle trop petite
		Cavités à la partie supérieure Pression d'oxygène trop élevée
		Bords fondus en gouttelettes Flamme de chauffe trop forte Vitesse trop faible
		Irrégularités sur toute la face Buse encrassée ou déformée
		Oxyde de fer soudant les bords Vitesse trop lente

LE ROULAGE

longueur développée



Plaque non cintrée La même plaque cintrée

COMPARAISON DES LONGEURS AVANT ET APRES CINTRAGE

Diamètre intérieur 250 mm	Diamètre au centre $250 + 5 + 5 = 260$	Diamètre extérieur $250 + 10 + 10 = 270$ mm
Circonférence $250 \times 3,14 = 785$ mm	Circonférence $260 \times 3,14 = 816,4$ mm	Circonférence $270 \times 3,14 = 847$ mm

Il existe différents types de machines à deux, trois ou quatre rouleaux.

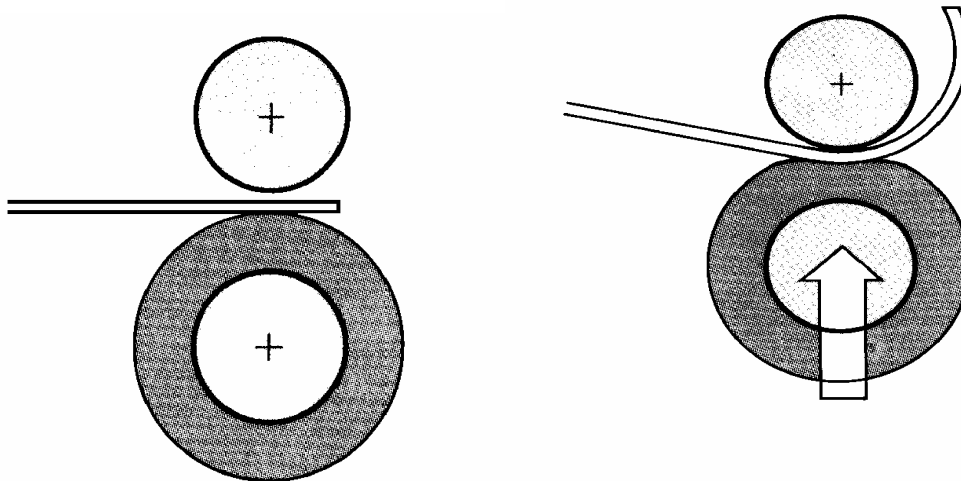
- rouleuse à deux rouleaux
- rouleuse type pyramidal
- rouleuse type croqueur

Les épaisseurs travaillées varient de 0,5 à 250 mm.

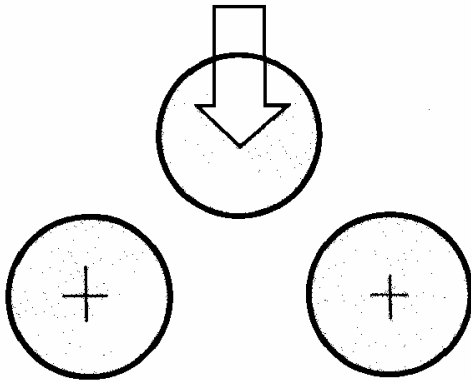
On ne trouve pas de machines travaillant dans toute les épaisseurs, mais la plupart peuvent former un domaine d'épaisseur important (ex 1,5 à 10 mm ou 12 mm à 150 mm).

Le diamètre minimal de cintrage dépend du diamètre du rouleau supérieur.

Rouleuses A Deux Rouleaux



Les rouleuses à deux rouleaux ont un rouleau inférieur en polyuréthane qui se déforme et agit comme une matrice, le rouleau supérieur agit comme un poinçon. Cette technique est réservée essentiellement aux tôles fines.



La fig montre la position des rouleaux sur une machine de type pyramidal. Le diamètre des rouleaux inférieurs est de 10 % à 50 % plus faible que celui du rouleau supérieur. L'entraînement est réalisé par les rouleaux inférieurs. Le rouleau supérieur est mobile en translation verticale et tourne librement.

Les machines de type pyramidal laissent après roulage une zone plus importante à chaque extrémité de la tôle roulée. Pour diminuer cette zone, on peut

- préformer les bords sur une presse plieuse
- rouler un flan plus long, puis découper les parties plates
- utiliser la rouleuse et un mannequin cintré en tôle épaisse.

Pour les machines de type pyramidal le diamètre minimal est égal au diamètre du rouleau supérieur plus 150 mm.

Le diamètre maximal de formage est limité pour les tôles fines par la flexion de la tôle sous son propre poids :

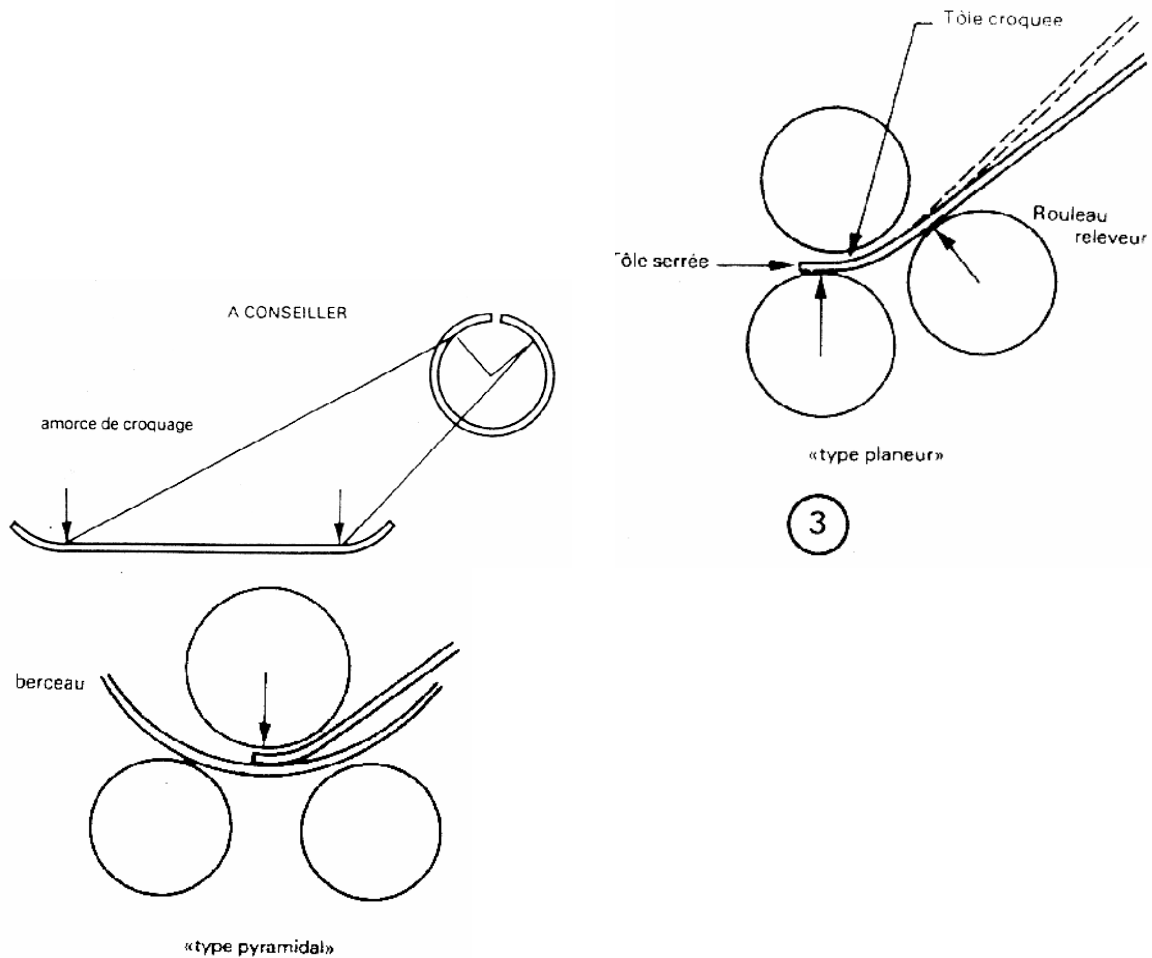
- une tôle de 1,5 mm d'épaisseur en acier non allié peut-être formée jusqu'à un diamètre de 1200 mm sans support.
- une tôle de 6 mm peut-être formée jusqu'au diamètre 1200 mm sans support.

La largeur de la tôle pouvant être cintrée en fonction de la longueur des rouleaux. Selon le type de machine, la largeur maximale de cintrage varie de 1 à 6 m. Pour le formage les largeurs, supérieures à 3 m, les rouleaux inférieurs sont supportés.

CROQUAGE DES BORDS DE LA TOLE

Pour gabarier l'amorçage, déplacer d'avant en arrière le berceau et la tôle. L'opération de croquage étant exécutée par les deux bords de la tôle, retirer le gabarit et procéder au centrage. Par cette méthode, la capacité de croquage est égale au $\frac{2}{3}$ de la capacité de centrage.

AMORCAGE DU CROQUAGE PAR ROULAGE



ROULEUSES DE TYPE CROQUEUR

Les machines de type croqueur présentent l'avantage d'effectuer elles-mêmes le formage des extrémités des tôles.

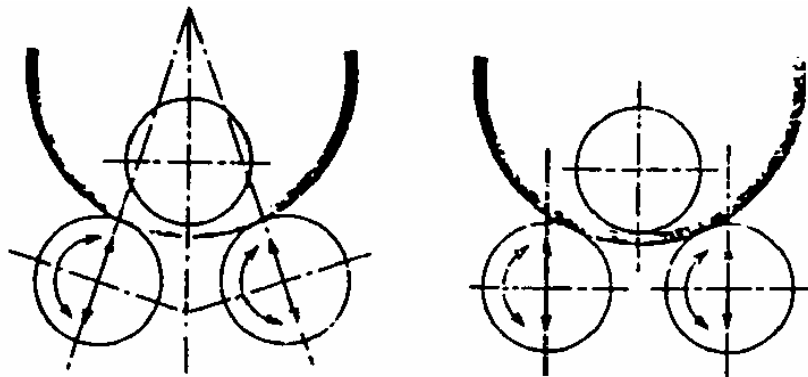
La zone restant plate varie de 0,5 à 2 fois l'épaisseur selon la conception de la machine et sa puissance. La rouleuse de type croqueur permet d'obtenir une pièce de forme cylindrique plus précise du fait que la tôle est maintenue serrée entre rouleaux inférieurs et supérieurs pendant le formage.

Pour les rouleuses de type croqueur, le diamètre minimal est égal au diamètre du rouleau supérieur plus 50 mm.

ROULEUSE A TROIS ROULEAUX

Les trois rouleaux sont de même diamètre. Le rouleau supérieur est fixé en translation. Le déplacement des rouleaux inférieurs est soit incliné, soit vertical.

Le mouvement des rouleaux inférieurs permet le croquage des deux bords sans retournement de la tôle.



ROULEAUX INFÉRIEURS SYMÉTRIQUES À DÉPLACEMENT HORIZONTAL

Mouvement vertical des rouleaux inférieurs' qui facilite le croquage ce qui entraîne certains inconvénients.

La tôle doit être perpendiculaire à l'action du pincement ce qui n'est pas réalisé par les machines à 3 rouleaux.

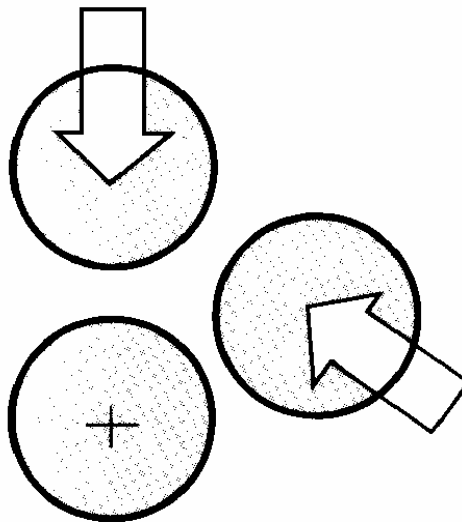
La table roulante ne peut-être utilisée du fait du mouvement vertical des rouleaux inférieurs. Le maniement des tôles doit être fait par pont roulant.

Le faible diamètre des rouleaux inférieurs limite la puissance de cintrage.

Le centrage manuel de la tôle est nécessaire lorsqu'on utilise un pont roulant. cependant les machines à trois rouleaux sont mieux adaptées au formage à chaud que les machines à quatre rouleaux.

ROULEAUX INFÉRIEURS ASYMÉTRIQUES

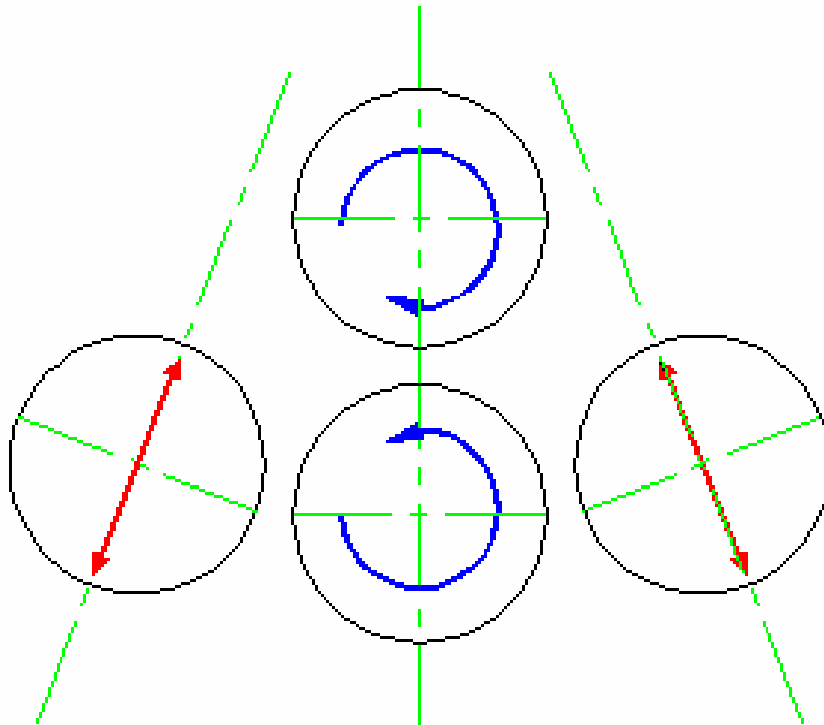
Le rouleau de cintrage est réglable avec une inclinaison de 30° par rapport à la verticale. L'inconvénient de ce type de rouleuse est de nécessiter un retournement de la tôle pour croquer les deux extrémités.

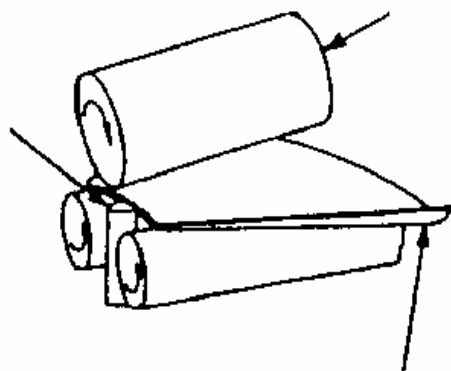


Domaine d'utilisation : de 6 à 200 mm

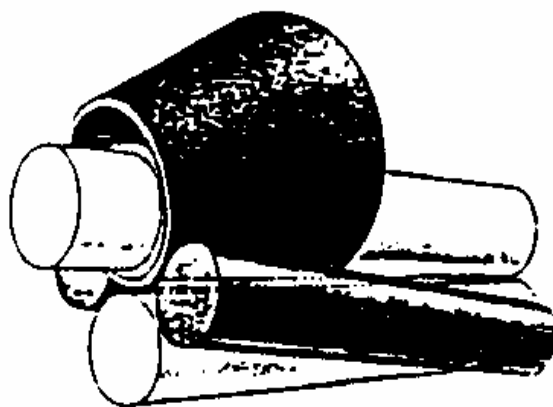
Avantages :

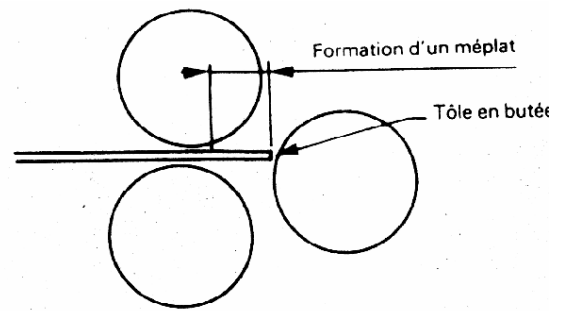
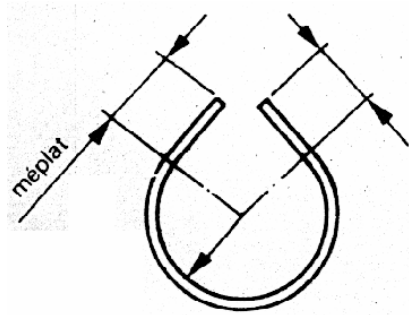
- Dégauchissement de la tôle par rapport à la génératrice d'un des rouleaux cintreurs
- Serrage de la tôle entre les rouleaux d'entraînement pendant les opérations de croquage et de roulage.
- Croquage des deux extrémités sans retournement de la tôle
- Opération de calibrage après soudage facilité par la présence des deux rouleaux cintreurs.
- Formage des cônes en continu à trois rouleaux où l'un des rouleaux latéraux pour les machines à quatre rouleaux.



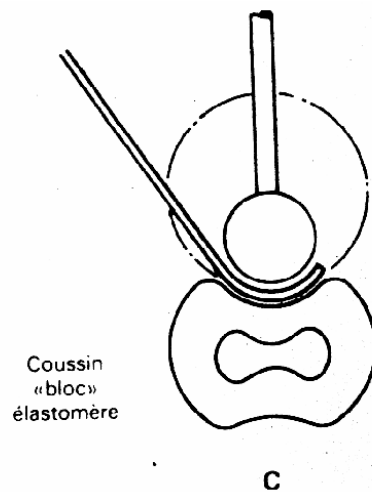
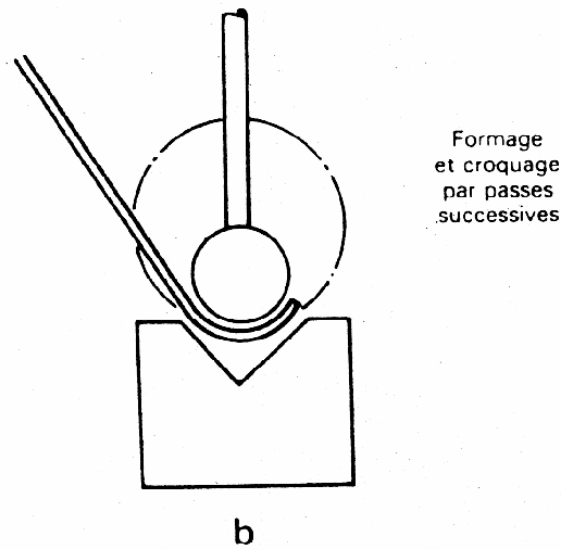
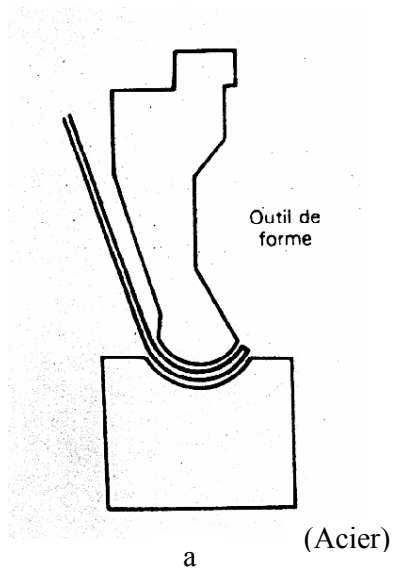


**Position des rouleaux pour le cintrage
conique sur rouleuse de type pyramidal**

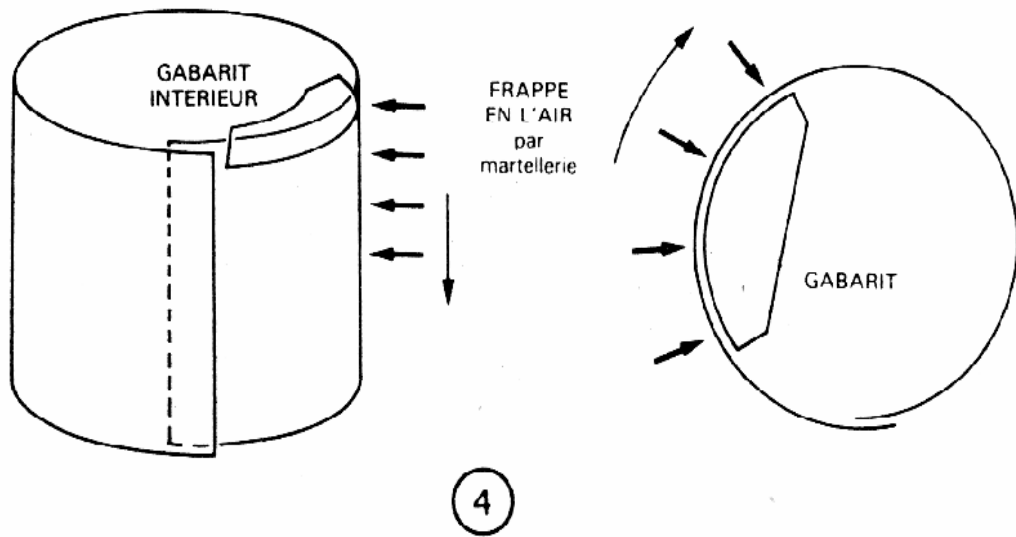




AMORCAGE DU CROQUAGE ET ROULAGE A LA PRESSE PLIEUSE



REGLAGE D'UNE VIROLE PAR GABARIT



CISAILLAGE

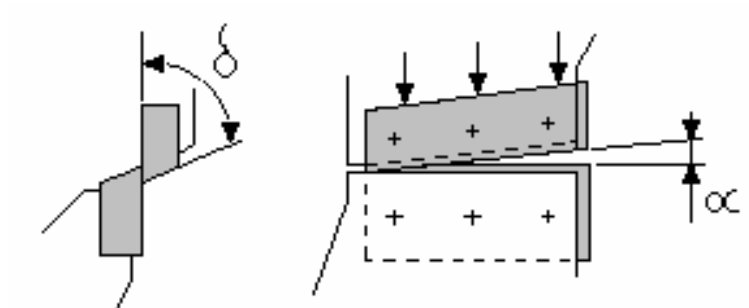
LA CISAILLE GUILLOTINE

Définition du cisailage :

On considère que le cisailage, est un glissement de métal dans un plan transversal entre deux barres, sans que celles ci se déforment et ne cessent d'être parallèles.

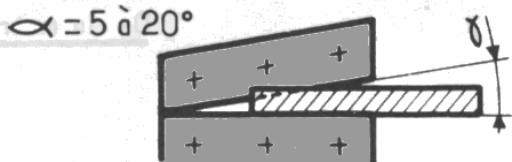
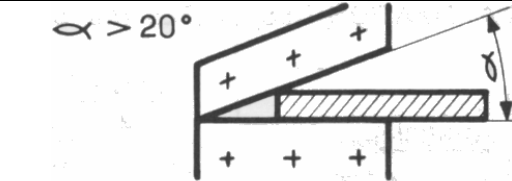


Formes et dimensions des outils



La forme même des lames et la disposition de la lame mobile par rapport à la lame fixe donnent deux angles caractéristiques δ et α .

Un angle d'attaque des lames α .

VALEUR DE L'ANGLE	EFFORT	DEFORMATION
$\alpha = 0$ 	Très important	Presque nulle
$\alpha = 5 \text{ à } 20^\circ$ 	Réduit par diminution de la surface en contact	Plus α augmente plus la déformation est importante
$\alpha > 20^\circ$ 	Très réduit minimum	La tôle se dérobe sous l'effort de coupe

L'effort de cisaillement

D'après la formule générale $R_g = F / S$ on déduit :

$$F = R_g \times S$$

F = Effort de cisaillement en Newton

S = section glissante (largeur cisailé x épaisseur en mm²)

R_g = résistance au cisaillement par unité de section en N/mm²

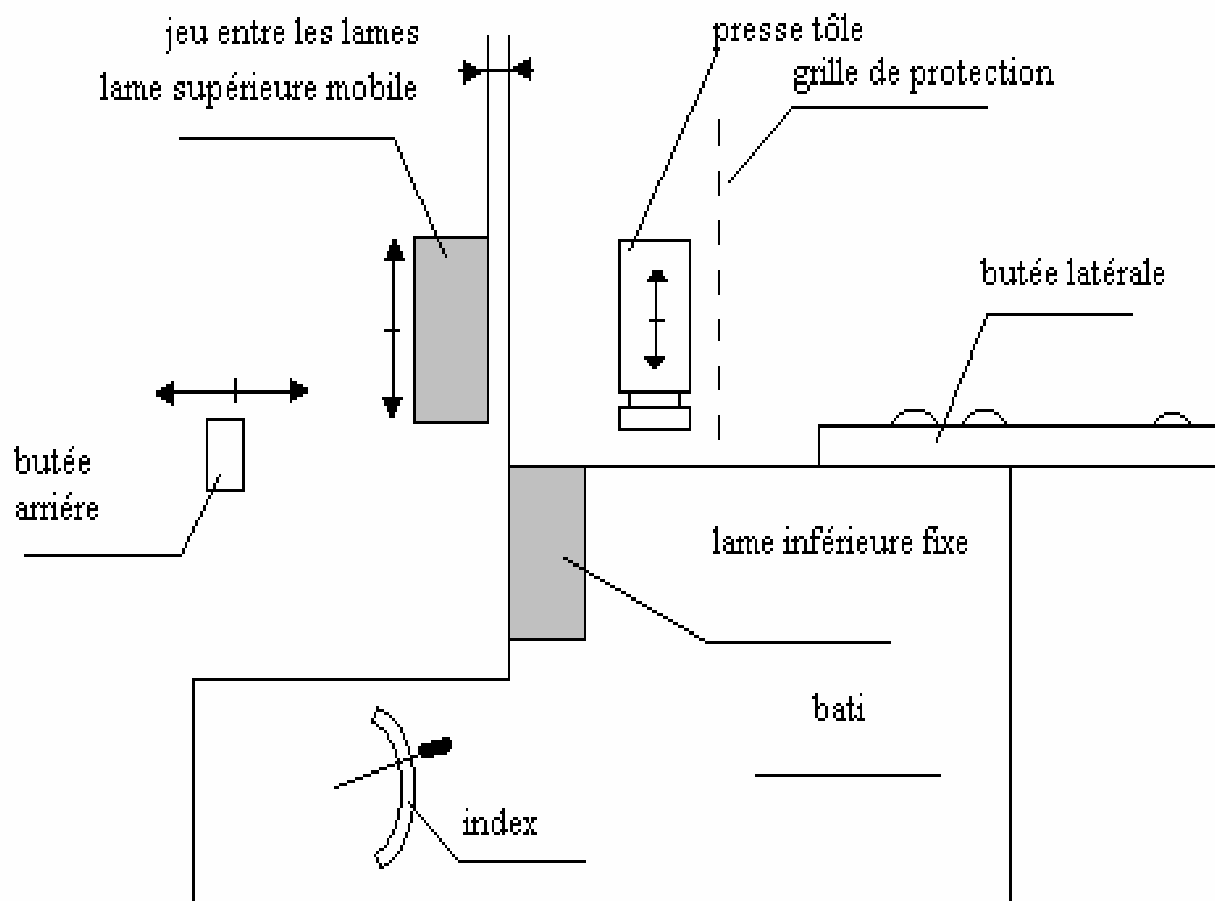
Exemple d'application :

Cisaillement d'un plat de 300 x 10, $R_g = 12 \text{ daN/mm}^2$ soit 120 N/mm^2

Lame non inclinée : $F = R_g \times L \times e$

$$F = 120 \times 300 \times 10 = 360\,000 \text{ N}$$

Principe



Plus la tôle est épaisse, plus le jeu entre les lames est important

COMMENT UTILISER LA CISAILLE GUILLOTINE AMADA



*Partie commande
opérative*

partie

Mise en route :

1. Mettre le sélectionneur et tourner la clef.

Sélectionneur
clef



2. Mettre le coffret sous tension en appuyant sur

3. Mettre le moteur pompe en marche en appuyant sur



4. Faire reculer la butée arrière en appuyant sur



puis



Programmation

• Appuyer sur



(valid.)

• P - Donner un numéro de programme de 0 à 99 puis



(valid.).

• Y - Donner une cote de butée ex : 150 puis (valid.).

• n - Donner le nombre de coupe ex : 10 puis (valid.).

• H – Donner la dureté de la matière (zone grisée) puis (valid.)..

Matière	Dureté	Capacité
Alu.	30	6 mm maxi.
Acier	45	4 mm maxi.
Inox.	60	3 mm maxi.

• E - Donner l'épaisseur de la matière en mm ex : 2mm puis (valid.).

• L - Donner la longueur à couper ex : 270 puis (valid.).

• II - En cas de coupe sur contact des touches électriques, renseigner les touches utilisées, 1 pour utilisation ou 0 au repos ex : 1100 puis (valid.).

• II – Utilisé en cas d'ouverture du bac à chute, 1000 pour ouverture, 0000 sans ouverture, puis (valid.).

• Γ – 1 pour un recul de la butée arrière, 0 sans recul puis (valid.).

Penser à régler le jeu des lames avant toute opération de débit, à l'aide de l'abaque sur machine.
Attention en cas de coupe de tôle fine, certaines erreurs de réglage (jeu trop important) peuvent entraîner un coincement de la tôle et une dégradation des lames. L'opérateur doit donc veiller au bon réglage de sa machine préalablement à toute modification de l'épaisseur ou de la nature du matériau à cisailier

Travail :

Soit en fin de programme, ou pour appeler un programme déjà en mémoire.

- Passer en semi auto



ou en auto



- Appuyer sur la touche start pour positionner les butées.

Attention rester appuyé a fond sur la pédale jusqu'en fin de coupe.

LE PLIAGE (sur tôle)

Objectifs

- Calculer le développement d'une tôle pliée.
- Calculer la force nécessaire en pliage en l'air.
- Déterminer l'ordre de pliage.
- Calculer le développement d'une tôle pliée avec le ΔL .

GENERALITES

Le Pliage c'est l'opération de mise en forme qui a pour but de donner à la tôle un angle ou un profil recherché. Le pliage peut se réaliser soit manuellement soit mécaniquement, généralement à froid. Aujourd'hui le pliage manuel est rarement utilisé. Les machines à plier sont étudiées afin de pouvoir réaliser différents travaux de pliage. Les problèmes de productivité réclament sans cesse des cadences de plus en plus grandes. La plieuse universelle a cédé le pas à la presse plieuse. La presse plieuse se classe parmi les machines indispensables aux ateliers travaillant la tôlerie, la chaudronnerie.

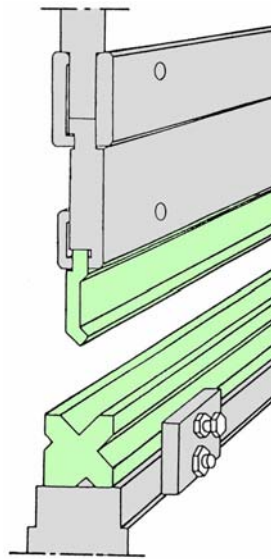
TYPES DE MACHINES A PLIER

LA PLIEUSE UNIVERSELLE

Elle fonctionne manuellement. C'est une machine intéressante pour les pliages spéciaux car on y adapte n'importe quel montage. Le travail est précis et propre, pour un faible coût. La cadence de travail est faible, et l'épaisseur des tôles à plier est limitée. La longueur de pliage varie de 0,7 m à 3 m et l'épaisseur de pliage de 5 / 10^{ème} à 5 - 6 mm.

La presse plieuse

Ces machines ont été beaucoup utilisées dans l'industrie de même forme que la plieuse universelle, mais de force plus importante, elle est automatisée. Le tablier plieur monte par commande électrique, à l'angle que l'on désire. Le sommier monte et descend, soit pneumatiquement soit électriquement. L'outillage est le même que celui de la plieuse universelle ainsi que le réglage.



plieuse

Les presses plieuses

Aujourd'hui se sont les machines les plus utilisées dans l'industrie. Les presses plieuses ont une force maximale qui va de 50 à 800 tonnes pour les chaudronneries légères et moyennes. Seules, les chaudronneries lourdes possèdent des presses plieuses allant jusqu'à 2 000 tonnes.



hydraulique
(doc. Promecam)

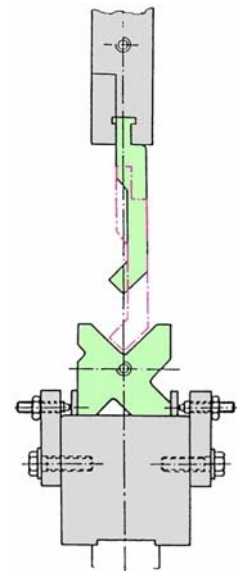
Presse

Deux techniques de pliage

Le pliage en l'air :

C'est la technique la plus répandue. C'est un pliage par déformation élastique, c'est pourquoi les outils (Vé et vé) ont un angle de 88°.

Cette méthode donne d'excellente précision angulaire et met en jeu des forces moins élevées par rapport au pliage en frappe, on utilise les outils universels quelque soit l'angle voulu.

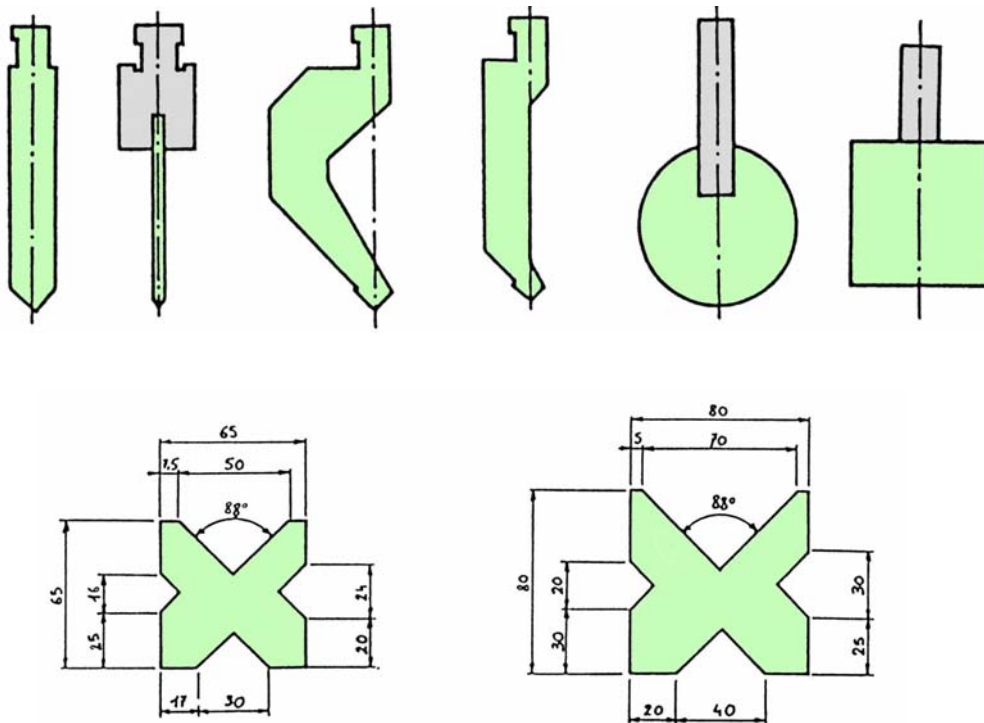


Le pliage en frappe

C'est un pliage par matriçage, comparable à un emboutissage. Les forces mises en jeu sont de 5 à 6 fois celles requises pour réaliser le même pli en pliage en l'air. C'est pourquoi le pliage en frappe est plutôt réservé aux tôles minces (jusqu'à 1,5 à 2 mm). Le rayon intérieur de pliage (R_i) est toujours inférieur à l'épaisseur. L'élasticité du métal est éliminée par la pénétration du poinçon dans la tôle. Pour chaque angle voulu il faut un jeu d'outil. Le pliage en frappe est employé en tôlerie, pour des séries ayant des tolérances angulaires serrées.

LES OUTILS

Ils sont en acier traité, ou exécutés en éléments soudés pour certains travaux.
les outils simples : de formes variées ils sont les plus utilisés.



Les outils combinés : ils peuvent faire à la fois une opération de pliage et découpage, plusieurs plis ou des emboutissages légers. Cette diversité de travaux demande des outillages coûteux que seule une fabrication de grande série peut amortir dans un temps relativement court.



*Pliage de grosse épaisseur
(doc. Promecam)*

AVANTAGES DE LA PRESSE PLIEUSE

Rapidité de fonctionnement	gain de temps
Changement rapide des outils	gain de temps
Souplesse de fonctionnement	pression constante
	facilité de réglage
Parallélisme rigoureux et constant	interchangeabilité assurée
Possibilité d'arrêt en tous points	une sécurité

Calcul des longueurs développées

Le pliage peut-être considéré comme un cintrage à court rayon.
Le calcul des longueurs développées se résout en tenant compte de la fibre neutre

Rappel sur la fibre neutre :

Dans l'épaisseur d'une tôle, c'est la fibre qui ne subit aucun allongement ou raccourcissement lors d'un pliage ou d'un cintrage.

La position de la fibre neutre dépend du rapport entre l'épaisseur et le rayon intérieur de pliage ou de cintrage.

La fibre neutre sera au tiers de l'épaisseur si $R_i < 3 ep$.

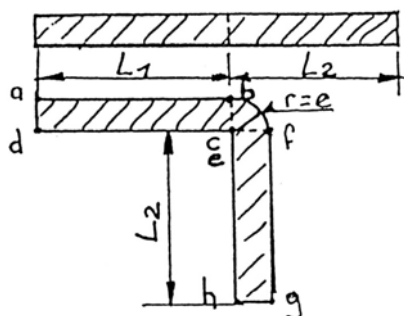
La fibre neutre sera à la moitié de l'épaisseur si $R_i > 3 ep$.

Rayon intérieur minimal admissible par le métal nous est donné par ce tableau.

METAL	EPAISSEUR DES TÔLES EN mm										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	> 10
Acier doux	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	ri / ep.
Inox	2,5	5	7,5	10	12,5	15	17,5	20	22,5	25	ri / 2,5 ep.
Acier mi-dur	2,5	5	7,5	10	12,5	15	17,5	20	22,5	25	ri / 2,5 ep.
Alu. Recuit	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	ri / ep.
Alu. Ecroui	1	3	5	7	10	13	16	20	25	30	ri / 3 ep.
AG3	1	3	4,5	6	7,5	9	10,5	12	13,5	15	ri / 1,5 ep.
AG5	2	3,5	5	6,5	8	9,5	11	12,5	14	16	ri / 1,6 ep.
AU4G recuit	3	6	9	12	15	18	21	24	27	30	ri / 3 ep.
AU4G écroui	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	ri / 5 ep.
Cuivre recuit	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	ri / ep.
Cuivre écroui	2,5	5	7,5	10	12,5	15	17,5	20	22,5	25	ri / 2,5 ep.
Laiton 1 ^{er} titre	1	3	5	7	10	13	16	20	25	30	ri / 3 ep.

Le pliage doit être exécuté selon un rayon minimal proportionnel à l'épaisseur du métal, variant avec la nature de celui-ci et son état (recuit, écroui).

En effet, si l'on pliait à 90° une tôle d'acier doux avec un angle intérieur vif, on pourrait croire que la forme serait celle de la figure ci-dessous.



Cela n'est pas possible car il faudrait trouver le métal formant le quart de cylindre de rayon r . Si les sections a, b, c, d et e, f, g, h n'ont pas varié d'épaisseur le quart de cercle bcf ne peut exister, la tôle se couperait en bc et cf.

Le rayon intérieur selon le vé choisi est indiqué sur l'abaque de pliage.

Choix d'un Vé d'après l'épaisseur de métal à plier

pour $ep < 10$ mm vé = 8 ep

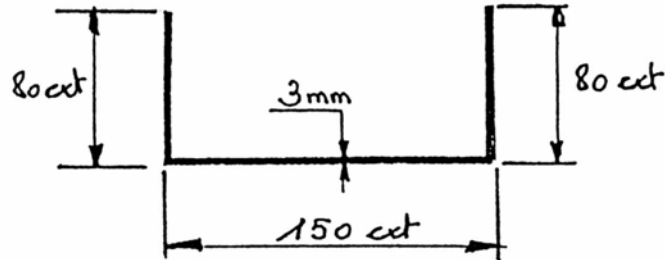
pour $ep > 12$ mm vé = 10 ep

Si le Vé conseillé ne peut être retenu (petit bord irréalisable outillage indisponible, force insuffisante), adopter un Vé dont l'ouverture voisine de la valeur conseillée (valeurs encadrées en gras).

APPLICATIONS

1^{er} problème :

Calculer la longueur développée du profil en S 235 JR défini ci-dessous. Le pliage s'effectuera à la presse plieuse.



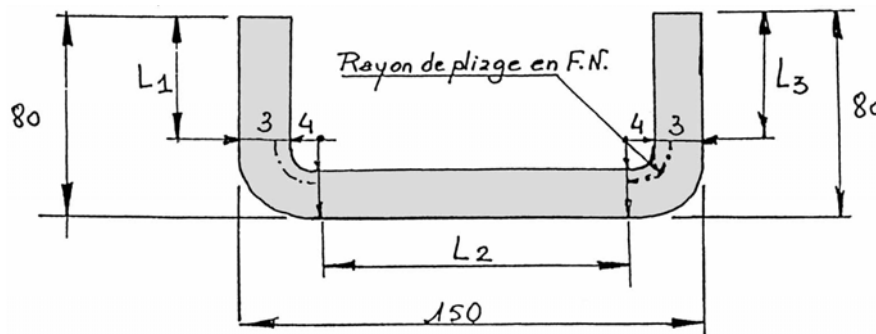
D'après le cours que nous venons de voir c'est le choix du V_e qui nous détermine le rayon intérieur de pliage (R_i)

appliquons la relation sur la largeur du V_e en fonction de l'épaisseur.

$$V_e = 8e \quad V_e = 8 \times 3 = 24$$

Le V_e de 24 mm n'existe pas donc nous prendrons le V_e de 25 mm qui nous donne un r_i = 4 mm.

Vérifions si le r_i est admissible à l'aide du tableau 1 (les rayons minimaux admissibles) en acier doux ep. 3 rayon minimal = 3 donc les côtés de notre profil sera :



Position de la fibre neutre (F.N.)

Ici la F.N. sera au tiers de l'épaisseur car $r_i < 3 \text{ ep.}$ ($4 < 9$)

F.N. au $1/3 = 3/3 = 1 \text{ mm}$

($R_i + \text{F.N. } 1/3$)

rayon de pliage en F.N. = $4 \text{ mm} + 1 \text{ mm} = 5 \text{ mm}$

Longueur développée d'un arrondi = $(\pi \times 5) / 2 = 7,85$.

Longueur développée totale du profil

L1 : $80 - 7$	= 73
L2 : $150 - 14$	= 136
L3 : $80 - 7$	= 73
=> 2 arrondis	$7,85 \times 2 = 15,7 / 297,7 \text{ mm}$

Calcul pratique à l'atelier

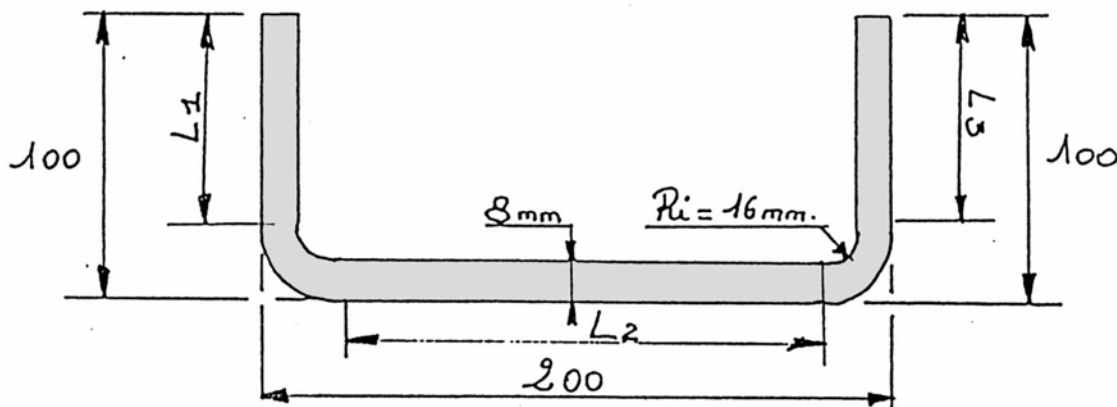
Le calcul des longueurs développées se recherche en additionnant les cotes intérieures du profil.

$80 - 3$	= 77
$150 - 6$	= 144
$80 - 3$	= 77 / 298 mm

Remarque : Nous constatons qu'avec les deux méthodes nous obtenons le même résultat en choisissant la méthode $Vé = 8 \text{ ep.}$

2^{ème} problème :

Calculer le développement d'un profil en S 235 JR défini ci-dessous. Le pliage étant effectué à la presse plieuse



D'après le problème N°1 :

Choix du Vé d'après l'épaisseur et le rayon imposé

Vé 100 ri = 16 mm

Rayon de pliage en F.N. = $16 + 8/3 = 18,65$

2 rayons $\pi \times 18,65 = 58,6$

LI = $100 - (ri + ep.) = 76$ mm

L2 = $200 - 2(16+8) = 152$ mm

L3 = $100 - 24 = 76 / 362,6$

Maintenant si le ri n'est plus imposé. Calculer le développement de ce même profil en S 235 JR.

Trouver la longueur développée à l'aide des deux méthodes comme au problème N°1.

Que constatez-vous entre vos résultats et 362,6 mm ?

Analyser et tirer une conclusion.

Calcul de la force nécessaire

Ayant déterminé le vé employé et connaissant l'épaisseur il est facile de lire la force nécessaire à employer pour plier sur une longueur de 1 mètre.

Exemple : au problème n°1 le profil de U 80 x 150 x 80 est à plier.

Nous avons choisi un Vé $= 8 \text{ ep.} = 25$
 $\text{ep.} = 3$

Regardez sur l'abaque, Il faut $24 \times 10 \text{ N / m}$ pour plier 1 m de U.

Il suffit d'effectuer une règle de trois pour obtenir la force nécessaire à la longueur de notre pli.

Exemple : ce profil en U 80 x 150 x 80 a une longueur de 2600 mm.

Quelle est la force nécessaire ?

$$\frac{24 \times 2600}{100} = 24 \times 26 = 624 \times 10 \text{ N / m}$$

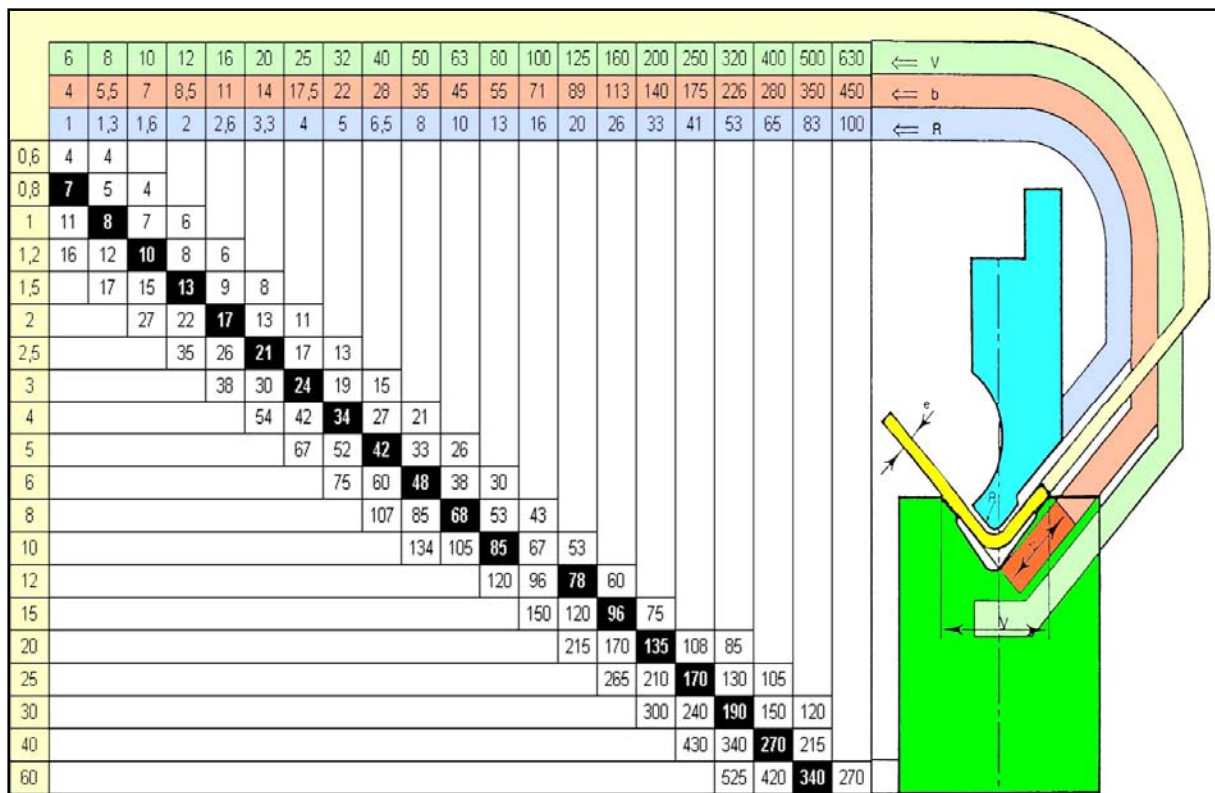
L'abaque est établi pour un acier à 40, à 45 daN / mm de résistance, à la rupture pour un pliage en l'air.

Exercices :

- chercher la force nécessaire pour plier ces tôles
 - une tôle de 3 mm sur 1250 en E 24
 - une tôle de 6 mm sur 800 mm en E 24
 - une tôle de 10 mm sur 3020 mm en E 24
 - une tôle de 5 mm sur 2350 en acier 70 daN / mm à la rupture

Bien choisir le V_é en fonction du rayon minimum admissible

Abaque de pliage



LES PRESSES PLIEUSES CN

Les presses plieuse à commande numérique sont de plus en plus utilisées dans les chaudronneries moyennes et incontournables dans les tôleries, la précision et la rapidité de réglage automatique (butés, force, angle + correction) convient aussi bien pour les grandes séries que pour les pièces unitaires.

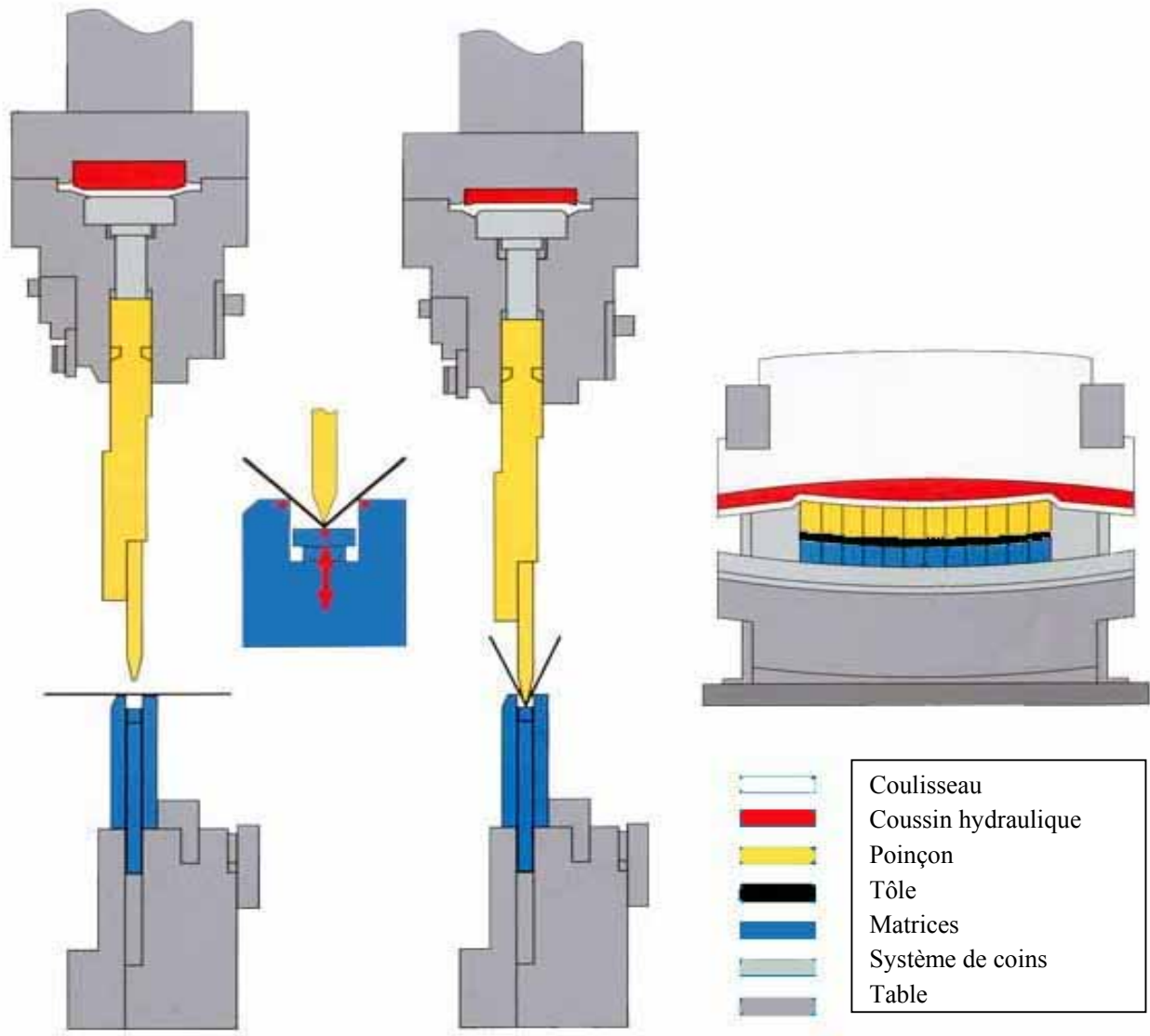
*Presse plieuse CN
(doc. Trumpf)*



*Presse plieuse CN
(doc. Hammerle)*



Schéma du système à 3 points de la presse plieuse Hammer



Le système à 3 points

Le coussin hydraulique compense les influences de l'élasticité résiduelle extérieure et du côté machine, et garantit une répartition uniforme des forces sur la longueur de pliage respective.

Angle de flexion constant.

Contrairement au pliage libre, la technique à 3 points garantit un angle de pliage qui ne varie jamais.

Cet angle de pliage est déterminé par les deux arêtes de pénétration de la matrice et par le fond de matrice réglable en hauteur. L'outil supérieur segmenté est soutenu par des coussins hydrauliques, ce qui permet de supprimer toutes les influences mécaniques pendant l'opération de pliage.

L'opération de pliage à 3 points est un type de déformation très similaire au pliage d'estampage. Les tolérances d'épaisseur de tôle n'exercent qu'une incidence mineure, contrairement au pliage libre.

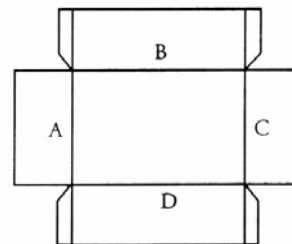
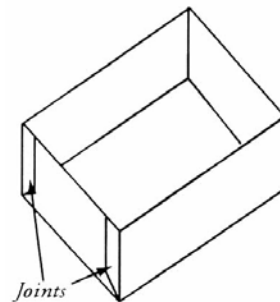
Un pliage de haute qualité est garanti grâce au coussin hydraulique, même lorsqu'on travaille sur plusieurs postes de la machine.

LES DEVELOPPES COMPLEXES

On entend par développés complexes, les techniques de pliage utilisées pour résoudre certaines opérations de mise en forme, que l'on ne peut pas réaliser à la presse plieuse selon l'outillage dont on dispose.

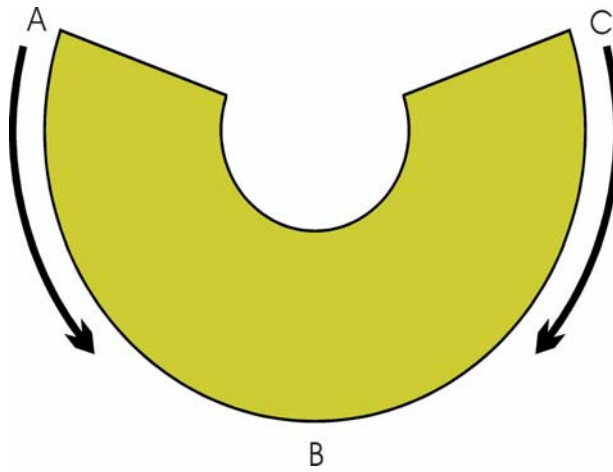
Exemple : Boîte à coins rabattus

Commencer par plier A et C puis terminer par B et D. Les joints ne seront pas pliés si l'on inverse les opérations et que l'on commence par B et D. Pour plier B et D il faudra un couteau fractionné (de la longueur du pli moins 10 mm).



LE CINTRAGE PAR PLIS SUCCESSIFS :

L'écart entre 2 plis doit être égal à 1,5 fois l'épaisseur (ex. : ep 30 mm, écart 45 mm).



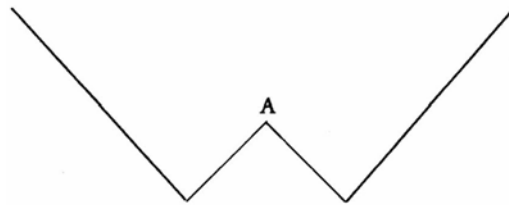
Si l'on veut obtenir un cintrage rapide et bon marché (légèrement goret), l'écart entre les plis sera tous les 3 à 4 fois l'épaisseur voir plus. Pour un cintrage parfait (en vue d'une finition polie miroir, sans marques visuelles et au toucher, l'écart entre les plis sera toutes les épaisseurs voir moins et l'on préférera un poinçon rond à un poinçon pointu.

Avec une presse plieuse, il faut commencer des points A et C, pour finir au point B.

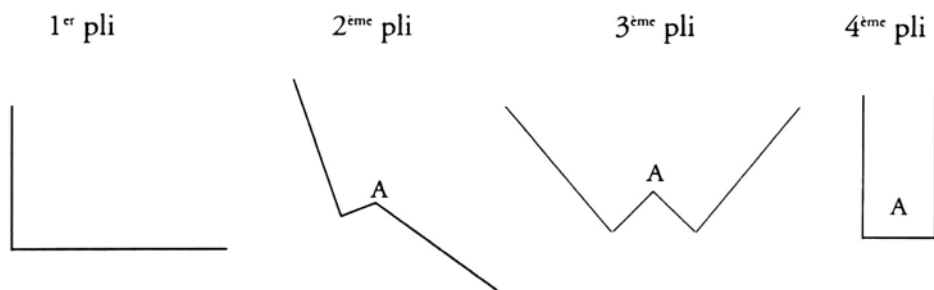
Le principe de formage est surtout utilisé pour les fortes épaisseurs le formage des troncs de cônes et des trémies.

Pliage d'un U

Prenons l'exemple du pliage d'un U de 150 mm de hauteur et 40 mm de largeur. Le U étant trop étroit, il ne passe plus à la presse plieuse.



On doit effectuer un contre-pli en A, que l'on redressera ensuite.



Remarque :

Chaque problème de pliage doit être analysé avant la mise en œuvre
Pour les pièces comportant plusieurs plis, il faut étudier un ordre de pliage

La plupart des erreurs de pliage entraînent la perte de la pièce.

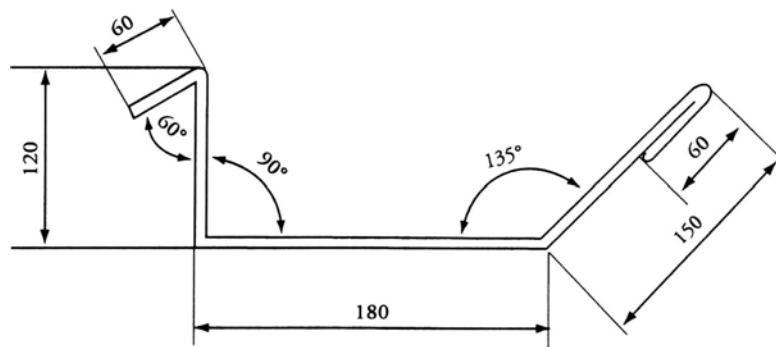
1/. Quand utiliser delta L ?

- La longueur développée se calcule en cote int. Pour des plis à 90°, lorsque le pli est différent de 90°, on utilise « Delta L ».
- Si, par rapport à l'épaisseur à plier, on n'a pas le bon Vé on peut utiliser un Vé, supérieur, mais le calcul de la longueur développée se fera avec « Delta L ».

Exemple de calcul

Tôle ep. 3 mm

Pliage Vé de 25 mm



Additionner les longueurs des parties droites (extérieures) et les corrections de «Delta L» correspondantes (positives ou négatives), suivant les angles.

2/. Développement

$$60 - 3,4 + 120 - 6 + 180 - 1,8 + 150 - 1,9 + 60 = 560,7$$

CALCULATEUR DE PLIAGE

Correcteur de pliage ΔI (Valable pour le pliage en l'air)

Les valeurs en caractères gras, sont les plus utilisées (de couleur rouge sur la réglette Promecam) :

ép : Épaisseur de la tôle

Vé : Largeur de Vé

ri : Rayon intérieur de pliage

F : Force de pliage en T / m

B : Bord muni en cote extérieure

;° : Angle de pliage

ΔI : correcteur de pliage.

ép	Vé	ri	F	B	$\alpha^\circ \Rightarrow$	165	150	135	120	105	90	75	60	45	30	15	0
0,6	6	1	4	4	$\Delta I \Rightarrow$	-0,1	-0,2	-0,4	-0,6	-0,8	-1,3	-1	-0,6	-0,3	0	+0,3	+0,7
	8	1,3	4	5,5		-0,1	-0,2	-0,4	-0,6	-0,6	-1,4	-1	+0,6	-0,2	+0,3	+0,7	+1,1
0,8	6	1	7	4		-0,1	-0,3	-0,5	-0,7	-1,1	-1,6	-1,3	-9	-0,6	-0,3	+0,1	+0,4
	8	1,3	5	5,5		-0,1	-0,3	-0,5	-0,7	-1,1	-1,7	-1,3	-0,8	-0,4	0	+0,4	+0,8
	10	1,6	4	7		-0,1	-0,3	-0,5	-0,8	-1,2	-1,8	-1,3	-0,8	-0,3	+0,2	+0,7	+1,2
1	6	1	11	4		-0,2	-0,4	-0,6	-0,9	-1,3	-1,9	-1,6	-1,2	-0,9	-0,5	-0,2	+0,2
	8	1,3	8	5,5		-0,2	-0,4	-0,6	-0,9	-1,4	-2	-1,6	-1,1	-0,7	-0,3	+0,2	+0,6
	10	1,6	7	7		-0,2	-0,4	-0,6	-0,9	-1,4	-2,1	-1,6	-1,1	-0,5	0	+0,5	+1
	12	2	6	8,5		-0,2	-0,4	-0,6	-1	-1,5	-2,2	-1,6	-1	-0,3	+0,3	+0,9	+1,6
1,2	6	1	16	4		-0,2	+0,5	-0,8	-1,1	-1,6	-2,3	-1,9	-1,5	-1,2	-0,8	-0,5	-0,1
	8	1,3	12	5,5		-0,2	-0,5	-0,7	-1,1	-1,6	-2,3	-1,9	-1,4	-1	-0,6	-0,1	+0,3
	10	1,6	10	7		-0,2	-0,4	-0,7	-1,1	-1,6	-2,4	-1,9	-1,4	-0,8	-0,3	+0,2	+0,8
	12	2	8	8,5		-0,2	-0,4	-0,7	-1,1	-1,7	-2,5	-1,9	-1,3	-0,6	0	+0,7	+1,3
	16	2,6	6	11		-0,2	-0,4	-0,7	-1,2	-1,8	-2,7	-1,9	-1,1	-0,3	+0,5	+1,3	+2,1
1,5	8	1,3	17	5,5		-0,3	-0,6	-0,9	-1,4	-2	-2,8	-2,4	-1,9	-1,5	-1	-0,5	-0,1
	10	1,6	15	7		-0,3	-0,6	-0,9	-1,4	-2	-2,9	-2,4	-1,8	-1,3	-0,7	-0,2	+0,4
	12	2	13	8,5		-0,3	-0,6	-0,9	-1,4	-2,1	-3	-2,4	-1,7	-1	-0,4	+0,3	+1
	16	2,6	9	11		-0,3	-0,5	-0,9	-1,4	-2,1	-3,2	-2,4	-1,5	-0,7	+0,1	+1	+1,8
	20	3,3	8	14		-0,2	-0,5	-0,9	-1,4	-2,2	-3,4	-2,4	-1,4	-0,4	+0,7	+1,7	+2,7
2	10	1,6	27	7		-0,4	-0,8	-1,3	-1,9	-2,7	-3,7	-3,2	-2,6	-2	-1,4	-0,9	-0,3
	12	2	22	8,5		-0,4	-0,8	-1,2	-1,8	-2,7	-3,8	-3,1	-2,5	-1,8	-1,1	-0,4	+0,3
	16	2,6	17	11		-0,3	-0,7	-1,2	-1,9	-2,7	-4	-3,1	-2,3	-1,4	-0,5	+0,3	+1,2
	20	3,3	13	14		-0,3	-0,7	-1,2	-1,9	-2,8	-4,2	-3,2	-2,1	-1	0	+1,1	+2,2
	25	4	11	17,5		-0,3	-0,7	-1,2	-1,9	-2,9	-4,5	-3,2	-1,9	-0,7	+0,6	+1,8	+3,1
2,5	12	2	35	8,5		0,5	-1	-1,6	-2,3	-3,3	-4,7	-4	-3,2	-2,5	-1,8	-1,1	-0,4
	16	2,6	26	11		-0,5	-0,9	-1,5	-2,3	-3,3	-4,8	-3,9	-3	-2,1	-1,2	-0,3	+0,6
	20	3,3	21	14		-0,4	-0,9	-1,5	-2,3	-3,4	-5	-3,9	-2,8	-1,7	-0,6	+0,5	+1,6
	25	4	17	17,5		-0,4	-0,9	-1,5	-2,3	-3,5	-5,2	-3,9	-2,6	-1,4	-0,1	+1,2	+2,5
	32	5	13	22		-0,4	-0,9	-1,5	-2,4	-3,6	-5,6	-4	-2,4	-0,8	+0,7	+2,3	+3,9
3	16	2,6	38	11		-0,6	-1,2	-1,9	-2,8	-4	-5,7	-4,7	-3,8	-2,9	-2	-1,1	-0,1
	20	3,3	30	14		-0,5	-1,1	-1,8	-2,8	-4	-5,8	-4,7	-3,6	-2,5	-1,3	-0,2	+0,9
	25	4	24	17,5		-0,5	-1,1	-1,8	-2,8	-4,1	-6	-4,7	-3,4	-2,1	-0,7	-0,6	+1,9
	32	5	19	22		-0,5	-1,1	-1,8	-2,8	-4,2	-6,3	-4,7	-3,1	-1,5	+0,1	+1,7	+3,3
	40	6,5	15	28		-0,5	-1	-1,8	-2,9	-4,5	-6,8	-4,8	-2,8	-0,8	+1,3	+3,3	+5,3
4	20	3,3	54	14		-0,7	-1,6	-2,5	-3,7	-5,3	-7,5	-6,3	-5,2	-4	-2,8	-1,6	-0,4
	25	4	42	17,5		-0,7	-1,5	-2,5	-3,7	-5,3	-7,7	-6,3	-4,9	-3,5	-2,1	-0,7	+0,7
	32	5	34	22		-0,7	-1,5	-2,4	-3,7	-5,4	-7,9	-6,3	-4,6	-2,9	-1,2	+0,4	+2,1
	40	6,5	27	28		-0,7	-1,4	-2,4	-3,7	-5,6	-8,4	-6,3	-4,2	-2,1	0	+2,1	+4,2
	50	8	21	35		-0,6	-1,2	-2,4	-3,8	-5,8	-8,9	-6,4	-3,9	-1,3	+1,2	+3,7	+6,2
5	25	4	67	17,5		-0,9	-1,9	-3,1	-4,6	-6,6	-9,4	-7,9	-6,5	-5,1	-3,6	-2,2	-0,7
	32	5	52	22		-0,9	-1,9	-3,1	-4,6	-6,7	-9,6	-7,9	-6,1	-4,4	-2,7	-0,9	+0,8
	40	6,5	42	28		-0,9	-1,8	-3	-4,6	-6,8	-10	-7,8	-2,7	-3,5	-1,3	+0,8	+3
	50	8	33	35		-0,8	-1,8	-3	-4,7	-7	-10	-7,9	-5,3	-2,7	-0,1	+2,5	+5,1
	63	10	26	45		-0,8	-1,7	-3	-4,7	-7,3	-11	-8	-4,8	-1,7	+1,5	+4,6	+7,8
6	32	5	75	22		-1,1	-2,3	-3,8	-5,6	-8	-11	-9,5	-7,7	-5,9	-4,1	-2,3	-0,6
	40	6,5	60	28		-1,1	-2,3	-3,7	-5,5	-8,1	-12	-9,4	-7,2	-5	-2,7	-0,5	+1,7
	50	8	48	35		-1	-2,2	-3,6	-5,5	-8,2	-12	-9,4	-6,8	-4,1	-1,4	+1,2	+3,9
	63	10	38	45		-1	-2,1	-3,6	-5,6	-8,5	-13	-9,5	-6,2	-3	+0,2	+3,4	+6,6
	80	13	30	55		-1	-2,1	-3,6	-5,7	-8,9	-14	-9,6	-5,6	-1,5	+2,5	+6,6	+11

ép	Vé	ri	F	B	$\alpha^\circ \Rightarrow$	165	150	135	120	105	90	75	60	45	30	15	0
8	40	6,5	107	28	$\Delta / \Rightarrow$	-1,5	-3,1	-5	-7,4	-11	-15	-13	-10	-8	-5,7	-3,3	-1
	50	8	85	35		-1,4	-3	-4,9	-7,4	-11	-15	-13	-9,8	-7	-4,3	-1,5	+1,3
	63	10	68	45		-1,4	-2,9	-4,9	-7,4	-11	-16	-13	-9,2	-5,8	-2,5	+0,9	+4,2
	80	13	53	55		-1,3	-2,9	-4,8	-7,5	-11	-17	-13	-8,4	-4,2	0	+4,2	+8,4
	100	16	43	71		-1,3	-2,8	-4,8	-7,6	-12	-18	-13	-7,7	-2,7	+2,3	+7,4	+12
10	50	8	134	35		-1,9	-3,9	-6,3	-9,3	-13	-19	-16	-13	-10	-7,2	-4,3	-1,5
	63	10	105	45		-1,8	-3,8	-6,2	-9,2	-13	-19	-16	-12	-8,8	-5,3	-1,8	+1,6
	80	13	85	55		-1,7	-3,7	-6,1	-9,2	-14	-20	-16	-11	-7	-2,7	+1,7	+6
	100	16	67	71		-1,7	-3,6	-6	-9,3	-14	-21	-16	-11	-5	-0,2	+5	+10
	125	20	53	89		-1,6	-3,5	-6	-9,5	-15	-22	-16	-9,7	-3,4	+2,9	+9,2	+16
12	63	10	153	45		-2,2	-4,6	-7,5	-11	-16	-23	-19	-15	-12	-8,3	-4,7	-11
	80	13	120	55		-2,1	-4,5	-7,4	-11	-16	-23	-19	-14	-9,9	-5,5	-1	+3,4
	100	16	96	71		-2,1	-4,4	-7,3	-11	-16	-24	-19	-14	-8,2	-2,9	+2,4	+7,8
	125	20	78	89		-2	-4,3	-7,2	-11	-17	-25	-19	-13	-6,1	+0,4	+6,8	+13
	160	26	60	113		-1,9	-4,2	-7,2	-12	-18	-27	-19	-11	-3,1	+5	+13	+21
15	80	13	188	55		-2,8	-5,8	-9,4	-14	-20	-28	-24	-19	-15	-9,8	-5,2	-0,6
	100	16	150	71		-2,7	-5,6	-9,2	-14	-20	-29	-24	-18	-13	-7,1	-1,6	+3,9
	125	20	120	89		-2,6	-5,5	-9,1	-14	-21	-30	-24	-17	-10	-3,6	+3,1	+9,7
	160	26	95	113		-2,5	-5,3	-9	-14	-21	-32	-24	-15	-7	+1,3	+9,6	+18
	200	33	75	140		-2,4	-5,2	-9	-14	-22	-34	-24	-14	-3,6	+6,7	+17	+27
20	125	20	215	89		-3,6	-7,6	-12	-18	-27	-38	-31	-25	-18	-11	-3,7	+3,3
	160	26	170	113		-3,5	-7,3	-12	-19	-27	-40	-31	-23	-14	-5,4	+3,3	+12
	200	33	135	140		-3,3	-7,1	-12	-19	-28	-42	-32	-21	-10	-0,4	+11	+22
	250	41	108	175		-3,2	-7	-12	-19	-29	-45	-32	-19	-6,2	+6,6	+20	+32
	320	53	85	226		-3,1	-6,8	-12	-20	-31	-49	-33	-17	-0,6	+16	+32	+48
25	160	26	265	113		-4,5	-9,4	-15	-23	-34	-48	-39	-30	-21	-12	-3,4	+5,6
	200	33	210	140		-4,3	-9,1	-15	-23	-34	-50	-39	-28	-17	-6,3	+4,7	+16
	250	41	170	175		-4,2	-8,9	-15	-23	-35	-53	-39	-26	-13	+0,3	+14	+27
	320	53	130	226		-4	-8,7	-15	-24	-37	-57	-40	-24	-7	+9,6	+26	+43
	400	65	105	280		-3,8	-8,5	-15	-25	-39	-61	-41	-21	-1,3	+19	+38	+58
30	200	33	300	140		-5,3	-11	-18	-28	-40	-58	-47	-36	-25	-13	-2	+9,3
	250	41	240	175		-5,1	-11	-18	-28	-41	-61	-47	-34	-20	-6,4	+7,2	+21
	320	53	190	226		-4,9	-11	-18	-28	-43	-64	-48	-31	-14	+3,4	+20	+37
	400	65	150	280		-4,8	-10	-17	-29	-45	-68	-48	-28	-7,7	+13	+33	+51
	500	83	120	350		-4,6	-10	-18	-30	-48	-75	-50	-25	+0,7	+26	+51	+76
40	320	53	340	226		-6,9	-15	-24	-37	-55	-80	-63	-45	-28	-9,9	+7,7	+25
	400	65	270	280		-6,6	-14	-24	-37	-56	-84	-63	-42	-21	0	+21	+42
	500	83	215	350		-6,4	-14	-24	-38	-59	-90	-64	-38	-12	+14	+40	+66
50	400	65	420	280		-8,6	-18	-30	-46	-68	-99	-78	-57	-35	-13	+8,3	+30
	500	83	340	350		-8,3	-18	-30	-47	-70	-99	-79	-52	-25	+1,4	+28	+55

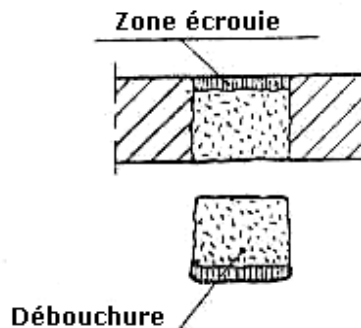
(doc. Amada Promecam)

Règle de calcul pour obtenir le développé d'un profil en tôle pliée à l'aide du ΔI
 La longueur développée est = à la Σ , des cotes extérieures + la Σ algébrique des ΔI

LE POINÇONNAGE

I-PRINCIPE

Le poinçonnage est une opération de cisailage qui consiste à réaliser dans les tôles ou profilés des trous de la forme désirée : Circulaire, carrée oblong....



La tôle à poinçonner repose sur la matrice percée d'un trou dans lequel peut passer le poinçon. L'effort s'effectue sur les arêtes vives du poinçon. La tôle fortement comprimée, se creuse, créant autour

une zone d'écrouissage, puis sous la continuité de l'effort, se poinçonne.

La partie de métal enlevée est appelée débouchure.

2-EXECUTION

Pour poinçonner, il nous faut une machine appelée poinçonneuse sur laquelle sont montés des outils dont la forme des parties tranchantes correspondent aux trous à réaliser.

2.1 -LES OUTILS

Les poinçon et matrices sont en acier spécial (Cr - Mn -Co). Ils sont trempés et revenus.

A) -LE POINÇON comprend trois parties :

1) le corps :

Cylindrique ou conique, sert à la fixation sur le coulisseau de la machine

2) le cône de coupe :

Terminé par la partie tranchante aux arêtes vives, et avec un ongle de dépouille, il assure le poinçonnage.

3) la mouche ou téton est le petit cône situé au centre de la base du cône de coupe qui, en venant se situer dans le coup de pointeau, assure le centrage du trou et le respect des entraxes

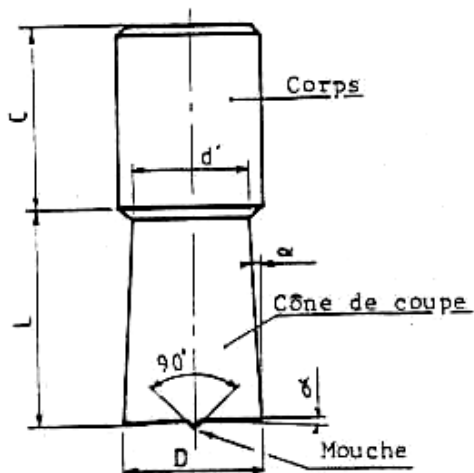
B) -LA MATRICE

Sa forme extérieure est soit cylindrique, soit trapézoïdale.

Elle comporte trou de forme et dimensions correspondant à celles du poinçon. La face supérieure est légèrement convexe afin de faciliter l'amorce du cisailage.

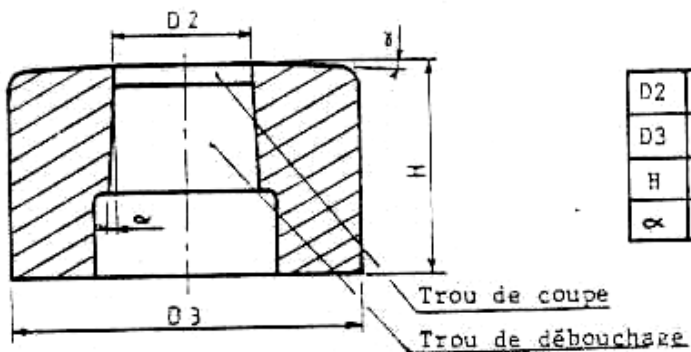
L'alésage inférieur est conique pour assurer l'évacuation de la débouchure.

LE POINÇON



D	1,4 à 1,6 e
d'	diamètre de rupture
L	cône de coupe $\leq 1,5 D$
C	corps : variable
m	mouche de centrage 0,5 à 3 mm
α	2° à 3°

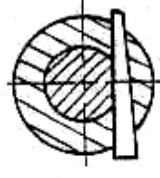
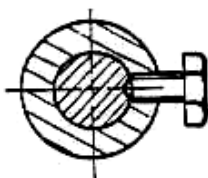
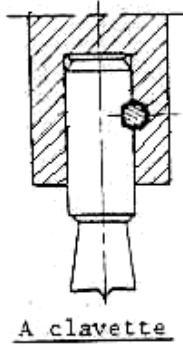
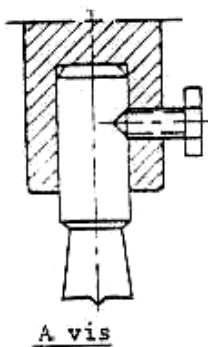
LA MATRICE



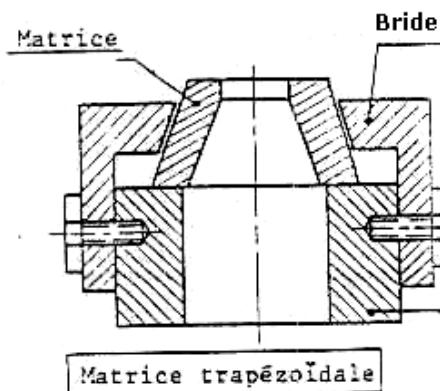
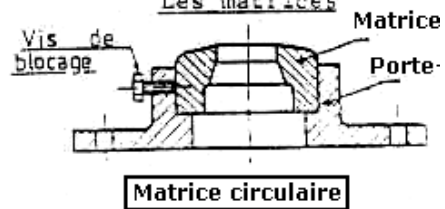
D2	$D2 = D + \frac{e}{10}$
D3	$D3 = \geq 2,5 D2$
H	variable
α	2° à 3°

MONTAGE DES OUTILS

Les poinçons



Les matrices

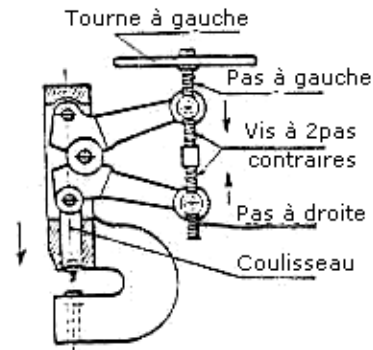


3 LES MACHINES

2 types { Manuelles : portatives ou à levier (d'établi)
Mécanique

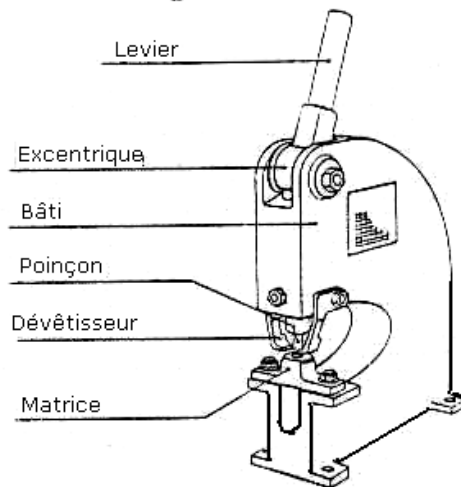
A) Machines portatives

Employées pour les tôles et profilés de faible épaisseur (maxi 4mm) le diamètre peut aller jusqu'à 10 à 12 mm suivant le type de machine



Poinçonneuse DUPLEX

B) Poinçonneuse fixes à levier



Le mouvement est obtenu soit par excentrique, came ou secteurs dentés. Elles sont fixées sur établi ou sur châssis.

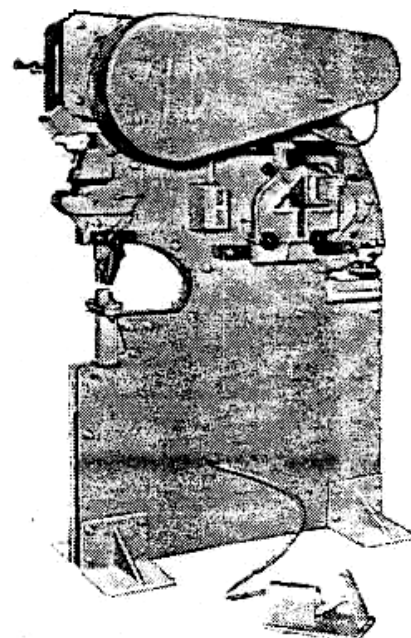
Capacité : épaisseur maxi. 4 mm / 14 mm

C'est une machine d'usage courant simple et utilisée dans les divers ateliers de tôlerie - chaudronnerie

Parfois elles sont combinées avec des cisailles à profilés et grugeoir et forment dans ce cas des machines universelles.

Comparativement aux machines manuelles, elles sont plus robustes et peuvent poinçonner des diamètres allant jusqu'à 40 mm dans des épaisseurs de 15/10 à 15 mm

Très employées dans les ateliers de tôlerie-chaudronnerie, de Charpentes Métalliques, de Serrurerie.



4 FONCTIONNEMENT

4.1 CONSELLS PRATIQUES

- Régler la machine à l'arrêt.
- Centrer parfaitement le poinçon dans la matrice (sinon risque de cassure du poinçon) et utiliser des outils sans défaut (arêtes vives, non ébréchées).
- régler le dévétisseur (fourchette) en fonction de l'épaisseur de la tôle à poinçonner.
- Lubrifier le poinçon avec un pinceau imbibé d'huile.

- Respecter les outils, ne jamais poinçonner à un diamètre inférieur à 1,6 fois l'épaisseur de la tôle (acier S 235) ancienne norme (acier E 24).

- Pointer fortement les trous à poinçonner pour faciliter le centrage du poinçon.

- Présenter le poinçon dans le coup de pointeau en descendant l'outil à la main.

Sécurité : Ne pas éparpiller les débouchures sur le sol, risque de glissade. Disposer un petit bac au- dessous pour les réceptionner.

4.2. conclusion

On peut dire que le poinçonnage est une opération rapide ayant l'avantage de fournir des trous autres que circulaires par contre l'écrouissage détermine des zones fragiles.

Le poinçonnage est recommandé dans les travaux courants de chaudronnerie, mais est à éviter dans la construction d'appareils à pression.

Toutefois il est possible de poinçonner à moitié du diamètre définitif et de terminer par un perçage au foret. (Lorsqu'il est nécessaire faire un avant trou par exemple).

TRONÇONNAGE, MEULAGE ET PONÇAGE



Définition

Les procédés de découpage par tronçonnage occupent une place importante dans le travail des métaux. La coupe est obtenue au moyen d'un disque abrasif dont le diamètre détermine le type de machine. Le métal est évacué par effet de frottement d'un disque abrasif sur la matière sous forme de poussières très fines.

LES MEULEUSES - TRONÇONNEUSES

LES MEULEUSES D'ANGLE



meule

Convient pour les petits travaux, son utilisation est très diversifiée :

- tronçonnage
- meulage
- ébarbage
- ponçage
- décapage

Certains modèles sont équipés d'un variateur électronique, d'un démarrage progressif, etc.

La grosse meule ou tronçonneuse

Cette machine est utilisée pour les gros travaux :

En tronçonnage sur tôle fine, sa vitesse de coupe est assez élevée.

Sur tôle moyenne la pollution moléculaire due à la chaleur est peu importante

Le temps d'opération de finition de la coupe (blanchissage) est moins important que le plasma.

La déformation est nulle.

LA MACHINE A TRONÇONNER (OU LA GROSSE TRONÇONNEUSE)

Elle se compose d'un disque qui taille en va-et-vient et d'un balancier réglable qui sert de point d'appui.

De grosseurs et de formes variées, les machines à tronçonner se composent principalement : d'un bâti en acier qui sert de base et de table de travail, d'une tête basculante sur laquelle est monté le moteur électrique et l'organe de coupe, d'un étau pour retenir les pièces à tronçonner, de protecteurs de sécurité, de boutons pour la mise en marche et l'arrêt.

L'étau de serrage est fixe et c'est en faisant pivoter la tête que l'on obtient l'angle de coupe recherché

LES ACCESSOIRES

La matière synthétique des brosses (jaune et noir) soutient chaque extrémité de fils. On obtient un rendement maximum en appliquant une pression faible, longue durée de vie et sécurité de travail.

Disque pour ponçage et polissage



Différents disques abrasifs pour le tronçonnage et le meulage

petite meule, grosse meule et grosse tronçonneuse

(acier – inox)

Les deux disques ci-dessous s'utilisent avec un plateau support



Disque fibre à poncer permettant de faire des arasements plan

Disque à poncer semi-flexible en résine

petite et grosse meule (acier – inox)
grosse meule(acier)



Disques à lamelles plats ou coniques pour le ponçage
petite et grosse meule
(acier – inox)

LES ASSEMBLAGES SOUDEES

1— DEFINITION

1.1. — SOUDAGE

C'est l'opération qui consiste à unir intimement par fusion deux parties d'un assemblage de façon à assurer la continuité de la matière entre ces 2 parties.

1.2. — JOINT

On appelle joint l'espace à remplir de métal déposé entre 2 parties à assembler dont les bords ont été convenablement préparés à cet effet.

1.3. — CORDON DE SOUDURE

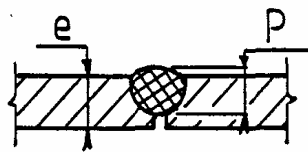
Le cordon de soudure est la zone fondue de l'assemblage soudé après exécution. Parfois, on l'appelle joint soudé.

1.4. — BAIN DE FUSION

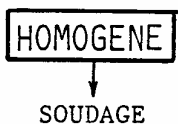
C'est l'espace où les métaux de base fondent et liquéfient en même temps que le métal d'apport pendant l'opération de soudage.

1.5. — PENETRATION

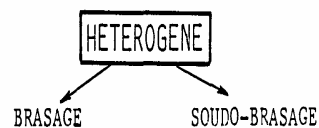
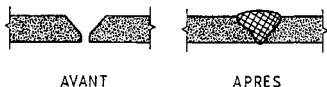
C'est la profondeur P du métal fondu dans le métal de base



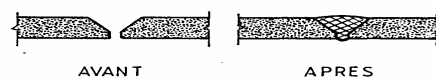
1.6. — NATURE DES ASSEMBLAGES



Une soudure est dite homogène lorsque les éléments à assembler et le métal d'apport sont de même nature, et fondent ensemble pour participer à la formation du joint

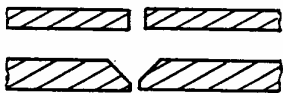


Une soudure est dite hétérogène lorsque : seul le métal d'apport fond celui de base garde son profil

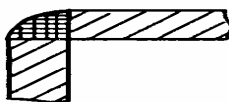


1.7. — TYPE DE SOUDURE

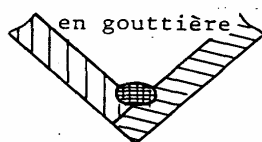
Soudure bout à bout { Sans chanfrein
Avec chanfrein



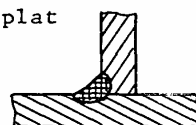
Soudure en angle extérieur



Soudure d'angle intérieur



à plat



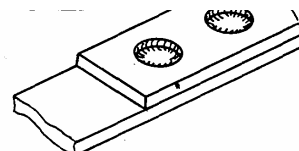
Soudure par recouvrement



Soudure à clin



Soudure en bouchon

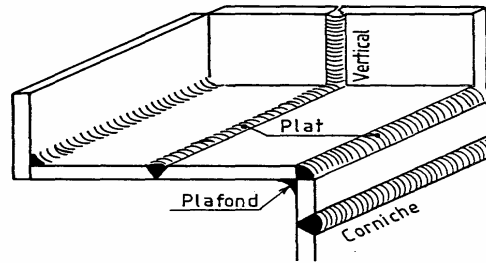


Soudure par points



1.8. — POSITION D'EXECUTION DES SOUDURES

Le soudage à plat ou horizontal au plafond vertical (montant ou descendant)
Le soudage en corniche (horizontal dans un plan vertical)
Le soudage en 1/2 montant.

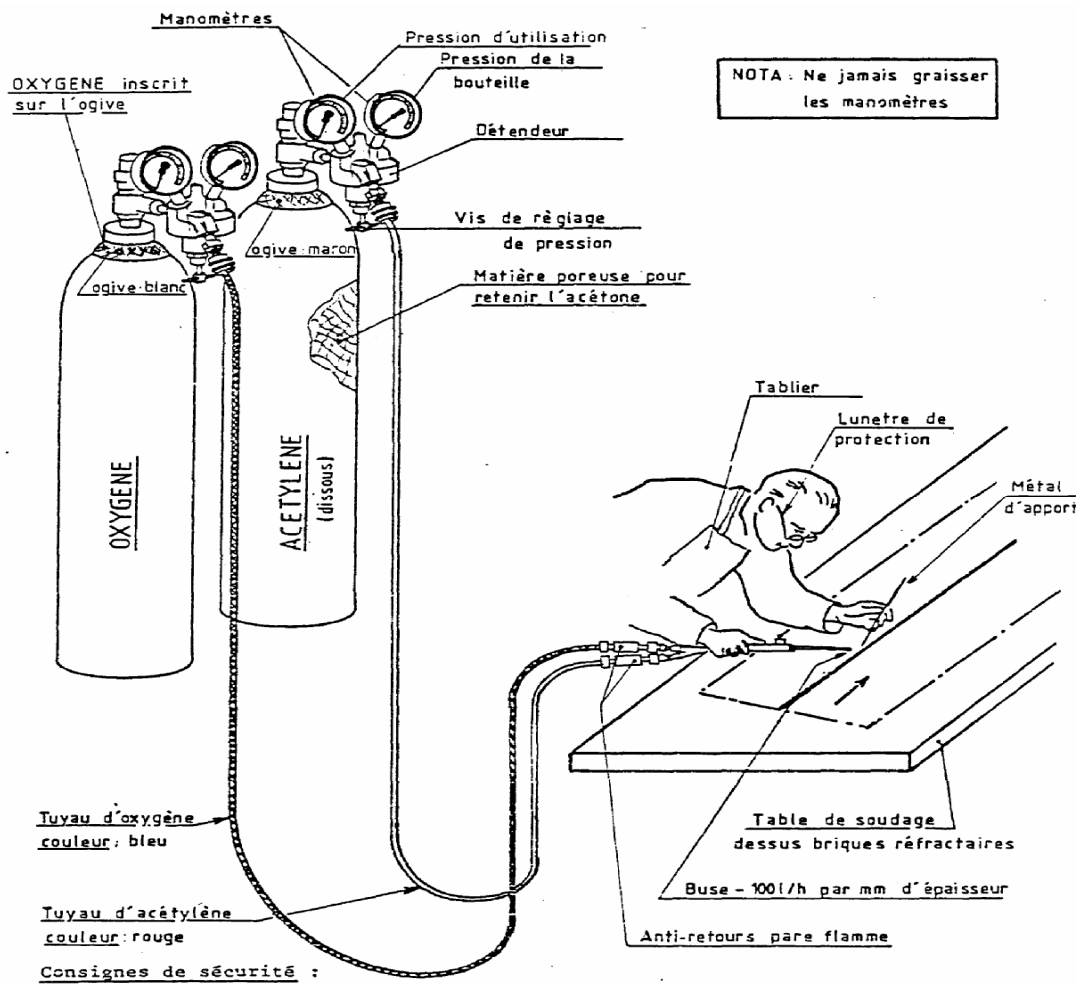


1.9. — LES DIFFERENTS PROCEDES DE SOUDAGE

- Soudage oxyacétylénique dit « soudage au chalumeau »
- Soudage manuel à l'arc avec électrodes enrobées dit « soudage à l'arc »
- Soudage à l'arc avec électrode réfractaire (TIG)
- Soudage à l'arc avec électrode métallique fusible (MIG — MAC) dit « soudage semi-automatique » ou
 - Soudage à l'arc sous flux solide (uniomelt) soudage automatique
 - Soudage au plasma
 - Soudage par faisceau d'électrons
 - Soudage par résistance : par points - à la molette - par bossages

SOUDAGE OXYACÉTYLENIQUE

1- LE POSTE DE SOUDAGE

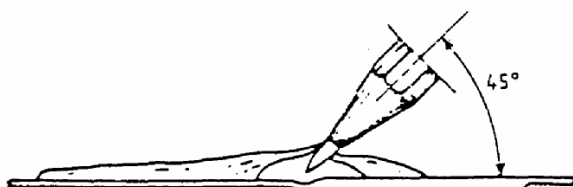
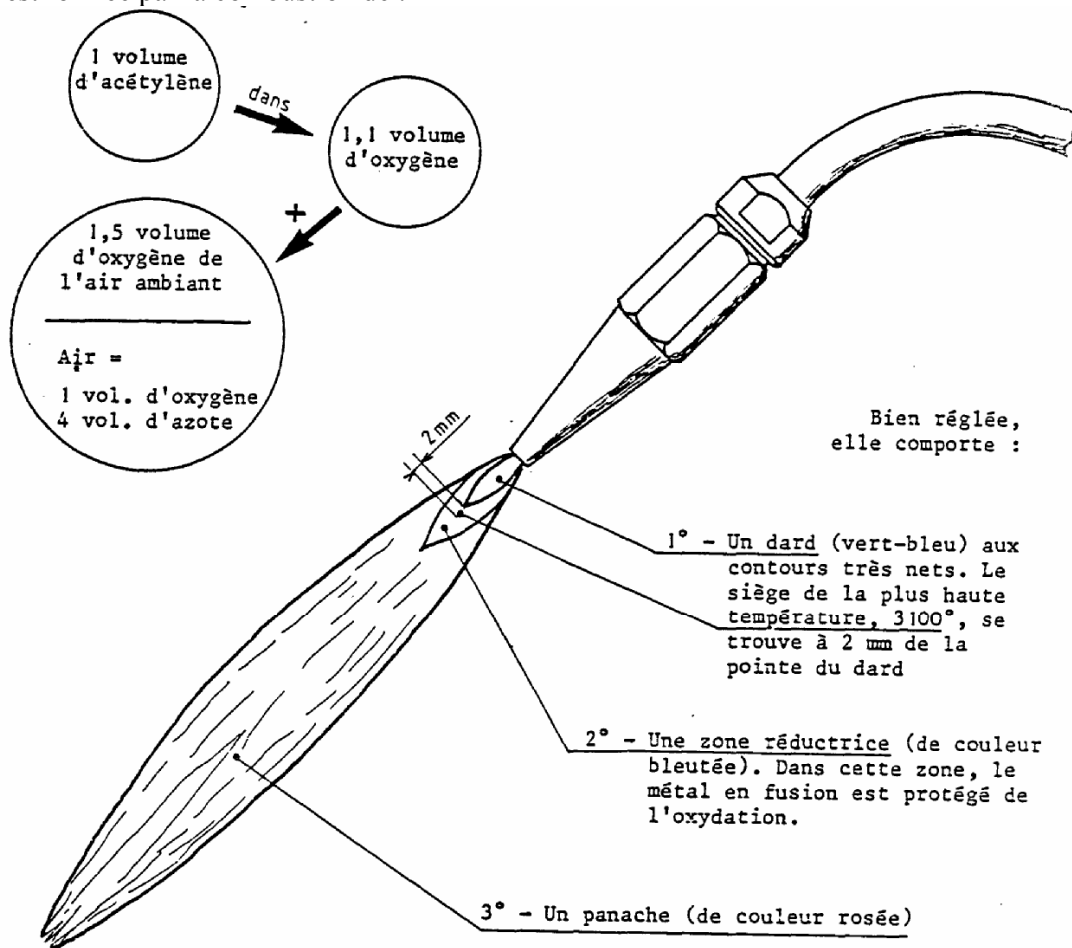


- Vérifier l'état des tuyaux pour éviter les fuites aux raccords
- Ne jamais graisser les pièces en contact avec l'oxygène (détendeur et vannes sur canalisation)
- Ne jamais accrocher le chalumeau allumé sur les bouteilles.

2 — LA FLAMME OXYACÉTYLÉNIQUE

Principe du soudage oxy—acétylénique

Ce procédé utilise la chaleur d'une flamme produite par la combustion de l'acétylène par l'oxygène. Elle est formée par la combustion de :

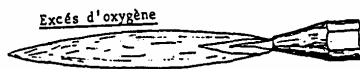


Dard aux contours très nets.
Flamme réductrice.
Fusion normale du métal.
Soudure saine.

3-LE REGLAGE DE LA FLAMME



Dard flou avec auréole blanchâtre, flamme carburante provoquant un bouillonnement du métal en fusion. Soudure carburée, poreuses et cassante.



Dard aminci avec sifflement accentué. Métal en fusion instable. Soudure oxydée, brûlée, cassante.



Dard dévié par des particules d'oxyde projetées à l'orifice de la buse. Remédier par nettoyage de la buse sur un morceau de bois ou à l'aide d'une aiguille en cuivre. Ne jamais utiliser d'aiguille en acier qui risquerait d'agrandir le trou.



Par une pression trop forte de l'un des deux gaz. Frotter la buse sur un morceau de bois ou réduire les pressions.

Incidents de marche :

- Par la diminution de la pression de l'un ou des deux gaz.
- Mauvais état du chalumeau.

Claquements :

- Obstruction de l'orifice de la buse par une particule d'oxyde.
- Pression trop basse.
- Echauffement de la buse du chalumeau (refroidir le chalumeau dans l'eau l'oxygène ouvert, l'acétylène fermé).
- Buse détériorée.

Feu interne au chalumeau

- Sifflement aigu,
- la flamme s'éteint,
- une fumée noire ou des étincelles sortent par la buse.
- Plier rapidement les 2 tuyaux pour couper l'arrivée des gaz.

PROTEGER LES YEUX PAR DES LUNETTES APPROPRIERS

4- INCIDENTS DE FONCTIONNEMENT DES CHALUMEAUX

Au cours du soudage divers incidents peuvent se produire qui sont :

Déréglage de la flamme

Par la diminution de la pression de l'un ou des deux gaz. Mauvais état du chalumeau.

Claquements

Obstruction de l'orifice de la buse par une particule d'oxyde. Pression trop basse.
Echauffement de la buse du chalumeau (refroidir le chalumeau l'oxygène ouvert, l'acétylène fermé), de préférence, tremper le chalumeau dans de l'eau propre.
Buse détériorée.

Feu interne au chalumeau

Sifflement strident apparaît et la flamme s'éteint.
L'échauffement excessif de la buse et du chalumeau se produit.
De la fumée noire ou des étincelles sortent par la buse.
Dans ce cas
Plier rapidement les tuyaux en caoutchouc en cas d'une rentrée de la flamme à l'intérieur du chalumeau, ensuite, fermer les robinets d'alimentation d'acétylène et d'oxygène.

Economiseur de gaz

Appareil accessoire permet de couper ou d'ouvrir automatiquement le circuit des gaz suivant l'arrêt ou l'utilisation du chalumeau.
Economies de gaz.

Sécurité

Vérifier périodiquement son étanchéité pour éviter les fuites.
Aux arrêts, utiliser l'économiseur coupant les deux gaz pour supprimer les risques de Brûlure.

- POUR EVITER LES FLAMMECHES NOIRES A L'ALLUMAGE, OUVRIR D'ABORD LEGEREMENT L'OXYGENE PUIS L'ACETYLENE.
- NE JAMAIS LAISSER UN CHALUMEAU OUVERT ET NON ALLUME, SURTOUT AU-DESSUS D'UN RECIPIENT VIDE.
- FERMER LES BOUTEILLES EN CAS D'ARRET PROLONGE.

5 - CHALUMEAUX SOUDEURS

Appareils mélangeant l'acétylène et l'oxygène pour fournir une flamme soudante stable et régulière. Modification du débit par changement de la buse, réglage des gaz par les robinets.

Deux types :

- Chalumeaux à haute pression.
- Chalumeaux à basse pression.

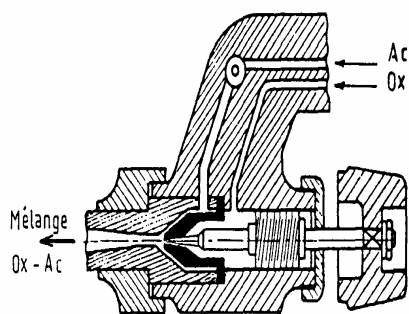
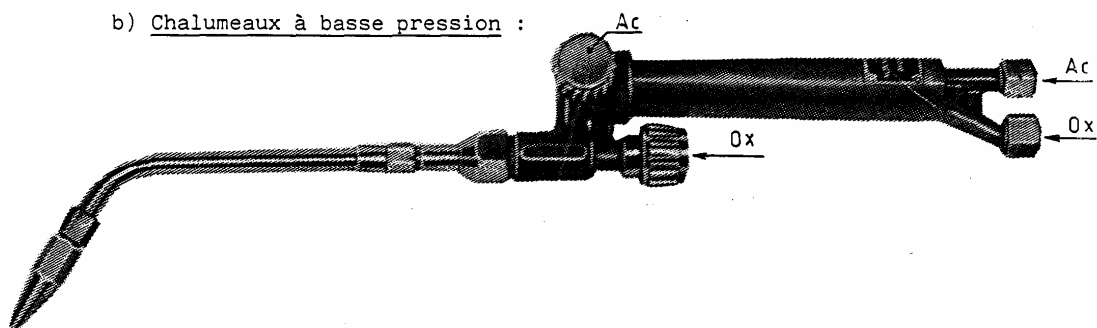
a) Chalumeaux à haute pression

Fonctionnement en employant une pression égale d'acétylène et d'oxygène (0,2 à 0,7 bar).

Ne peuvent être utilisés qu'avec un poste à acétylène dissous (bouteille) ou avec un générateur à acétylène à haute pression.

Principe de fonctionnement

Sous pression égale, les gaz convergent vers un orifice étroit, qui accélère l'écoulement, et leur réunion dans la chambre de mélange.



— L'acétylène arrive autour de l'injecteur sous une basse pression.

- L'oxygène jaillit au centre de l'injecteur sous une pression plus élevée. Il entraîne l'acétylène dans le à la sortie duquel il y a un gazeux.

6- LES BOUTEILLES

Bouteilles ou tubes en acier forgé.

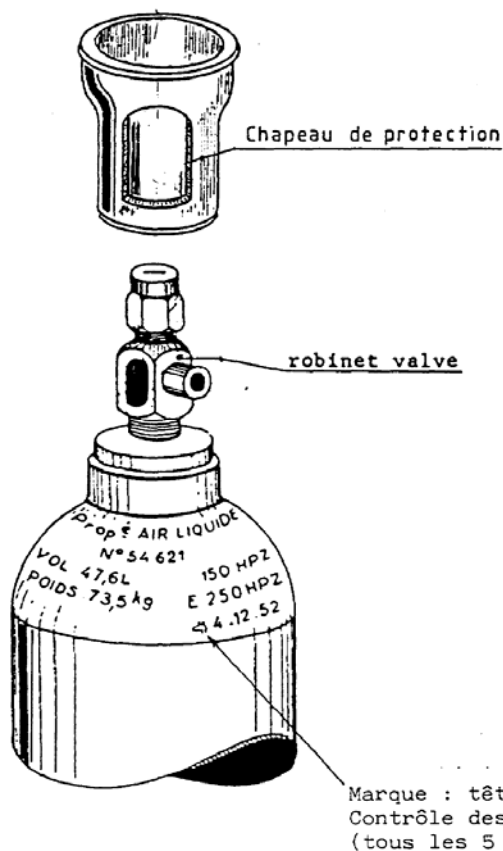
Robinets, valves et raccords de sortie différents suivant les gaz emmagasinés.

Reconnaissance des gaz par la couleur des ogives :

Oxygène : blanc
Hydrogène : rouge
Azote : noir
Hélium : brun

Acétylène : marron clair
Argon : jaune
Air comprimé : noir bandes
blanches

6.1. — BOUTEILLES D'OXYGENE



Contenance $7 \text{ m}^3 - 5 \text{ m}^3 - 2 \text{ m}^3$
pression 150 et 200 bars.

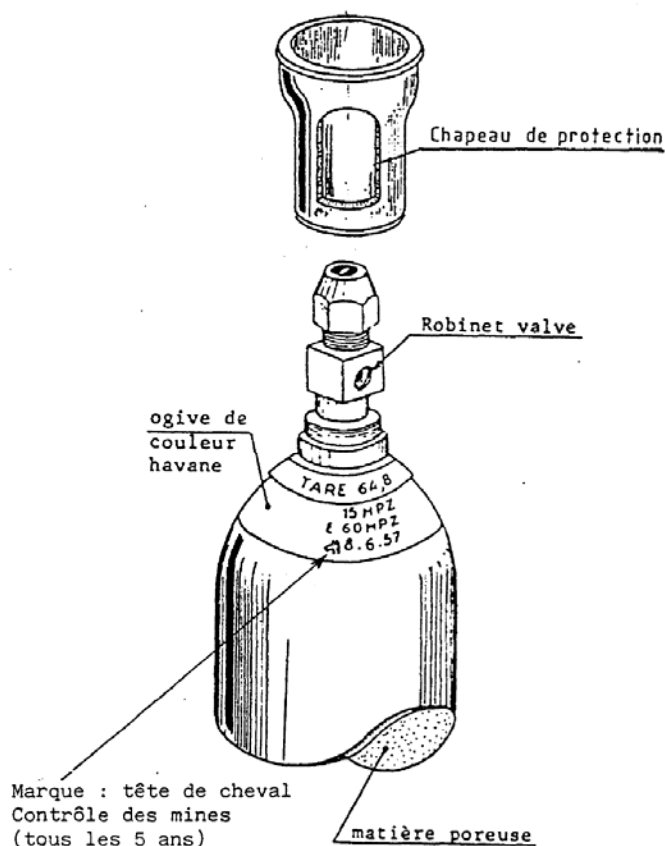
Sécurité

Les bouteilles pleines ou vides ne doivent pas recevoir de chocs.

Ne jamais graisser ni démonter un robinet de bouteille.

Purger la bouteille avant la pose du manomètre

6.2. — BOUTEILLES D'ACÉTYLENE



Contenance 4 m³ et 2 m³ .
pression 15 bar/cm² (kg cm²)

Emmagasinage du gaz dans une matière poreuse imbibée d'acétone. Ce liquide à la propriété de dissoudre l'acétylène et ainsi de pouvoir le comprimer sans danger.

Ne jamais dépasser un débit de 1 000 litres d'acétylène à l'heure par bouteille, ou le 1/4 de la capacité de la bouteille.

En service la clé de fermeture doit toujours être sur le siège du robinet.

Utiliser les bouteilles debout ou inclinées à 30° sur l'horizontale pour éviter l'écoulement de l'acétone.

Fermer le robinet dès que la bouteille est vide.

Ne jamais transvaser le gaz.

Sécurité

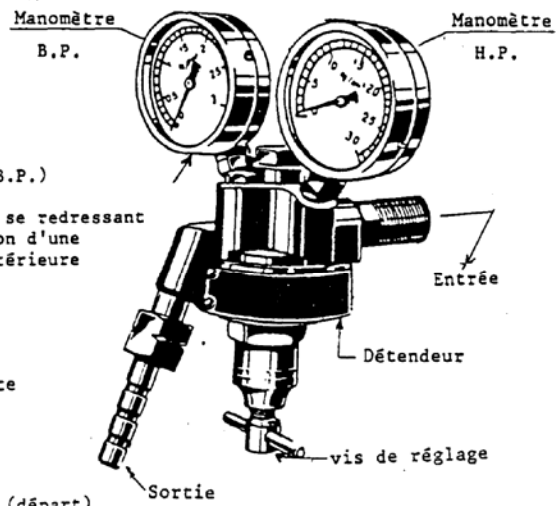
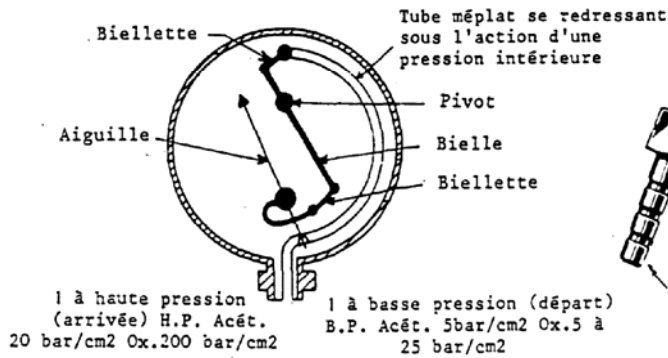
Ne pas exposer les bouteilles d'acétylène à la chaleur ni au soleil.

Fermer rapidement le robinet de la bouteille, en cas d'inflammation du gaz par suite d'une fuite.

7 - LES DETENDEURS

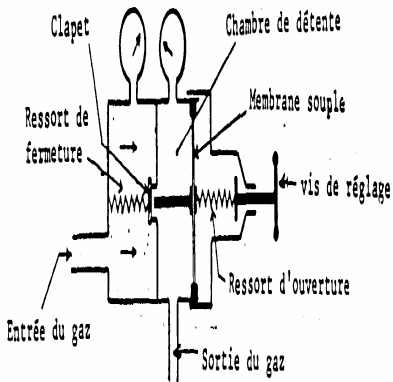
LE RÔLE { .abaisser la pression
 { .régler la pression

Manomètres : Appareils indiquant la pression d'emmagasinage (H.P.) ou la pression de débit (B.P.)

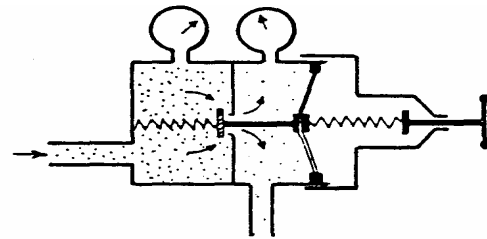


1 — Détendeur monté sur une bouteille pleine vis de réglage desserrée

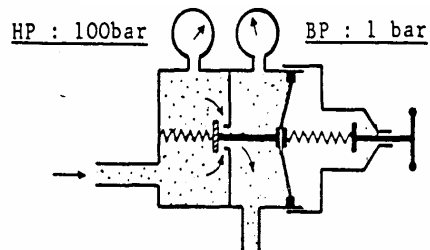
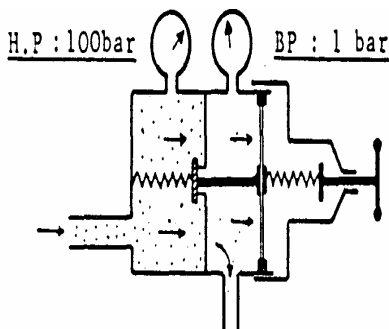
2 - On visse la vis de réglage pour obtenir une pression de 1 kg. Le gaz pénètre dans la chambre de détente.



3 — Le robinet du chalumeau étant fermé. La pression pousse la membrane et ferme le clapet.



4 — On dévisse le robinet du chalumeau. Le clapet s'entrouvre pour maintenir la pression réglée.



Purger la bouteille avant de raccorder le détendeur.

Vérifier l'étanchéité du raccordement pour éviter les •fuites. (Joints Presto, etc.

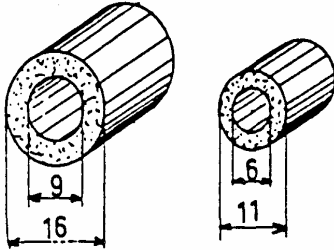
Ou avec une rondelle de plomb).

Dévisser la vis de réglage après utilisation pour éviter l'éclatement de la membrane.

Ne pas dégivrer les détendeurs avec une flamme, utiliser un réchauffeur

(Résistance électrique) ou de l'eau chaude.

8 - LES TUYAUX



Tuyaux spéciaux, en caoutchouc, souples et fortement entoilés pour être résistants.

Deux diamètres

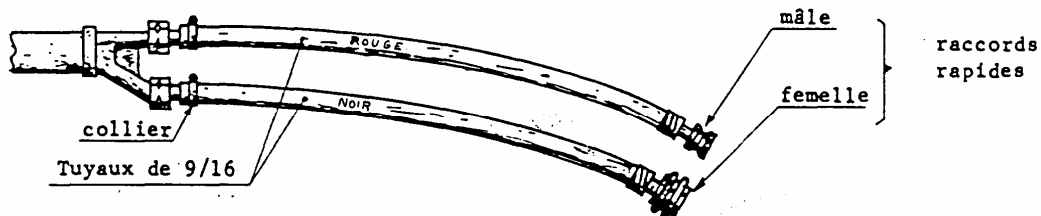
Tuyau de 6 x 11 pour chalumeaux n° 00 et n° 0. Tuyau de 9 x 16 pour chalumeaux n° I et n° 2

Deux couleurs

Rouge pour l'acétylène. Noire ou bleu pour l'oxygène

Fixation des tuyaux par colliers de serrage.

Raccordement des tuyaux par raccords rapides. Les inverser pour éviter les erreurs de branchement.



Sécurité

Ne jamais intervertir les tuyaux dans le montage d'un chalumeau, le caoutchouc étant imprégné d'acétylène peut s'enflammer au contact de l'oxygène sous pression.

Eviter le contact des tuyaux avec les produits gras qui dissolvent le caoutchouc, ou les projections d'oxyde qui les brûlent.

Fixer les tuyaux sur les appareils de soudage par des colliers pour éviter les déboîtements, les fuites, causes d'accidents souvent graves.

Rechercher les fuites d'acétylène avec de l'eau savonneuse à l'exclusion de toute flamme, les fuites d'oxygène avec une mèche d'amadou ou un chiffon en ignition.

Vérifier fréquemment l'état des tuyaux en caoutchouc, soigner la fixation des tuyaux sur les appareils.

9 - LE METAL D'APPORT

Présentation en : écheveaux, baguettes, couronnes.

Doit être de même composition que le métal à souder, ou contenir des éléments améliorants (joint homogène).

Eviter d'employer un métal d'apport oxydé.

Le choix du 0 du métal d'apport ne peut s'effectuer qu'en fonction de la méthode de soudage utilisée, de la nature et de l'épaisseur du métal à souder.

Un fil de faible 0 provoque la disparition des éléments améliorants.

Une mauvaise répartition du métal fondu sur la ligne de fusion.

Un fil de fort 0 provoque un ralentissement du soudage, des collages, un mauvais aspect de la soudure.

Recourber l'extrémité des baguettes pour éviter les accidents.

ECONOMISEUR

Appareil accessoire permet de couper ou d'ouvrir automatiquement le circuit des gaz suivant l'arrêt ou l'utilisation du chalumeau.

Economies de gaz.

Vérifier périodiquement son étanchéité.

LE SOUDO-BRASAGE

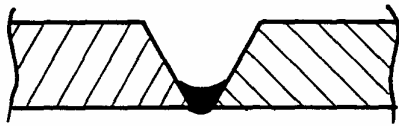
DEFINITION

C'est l'assemblage de 2 pièces métalliques (de même nature ou non)

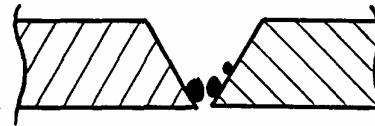
Sans fondre les bords à assembler, mais uniquement par la fusion d'un métal d'apport de soudo brasage qui sous l'effet de la flamme, vient mouiller sur les parties à assembler et forme le « cordon de soudure ».

MOLILLAGE

Phénomène d'accrochage caractérisé par la solubilité du métal d'apport qui en fusion se lie facilement (s'accroche) sur les parties à assembler



Le métal d'apport mouille



Le métal d'apport ne mouille pas

3 conditions à respecter pour obtenir un bon mouillage

- 1°) Température convenable
- 2°) Propreté des bords à assembler (décapage — limage — meulage)
- 3°) Métal d'apport en rapport avec la nature des matériaux à assembler.

Zone de température à respecter

Acier 750 à 900° C (rouge cerise)
Fonte 650 à 800° C (rouge sombre)
Cuivre 890° C
Aluminium 590° C

FLUX DECAPANT

Produit indispensable pour réaliser une brasure.

Il sert de fondant, c'est-à-dire : s'oppose à l'oxydation du bain de fusion, réduit les oxydes et facilite le mouillage.

Il s'applique à froid sur les bords à assembler et sur le métal d'apport. A utiliser avec précautions : se laver les mains après emploi

Ne pas respirer les vapeurs.

DOMAINE D'APPLICATION

- des fontes
- des aciers — aciers galvanisés — aciers alliés
- du cuivre — bronze — laitons
- de pièces de nature différente : Acier avec cuivre
Acier avec fonte

MÉTAL D'APPORT

Composition :

-Cuivre, zinc et parfois nickel ou argent suivant le type de soudo—brasure + silicium. Il forme en s'oxydant sur l'alliage fondu une pellicule qui s'oppose à la volatilisation du zinc. Il participe aussi à la désoxydation

Présentation

— sous fil de Ø 1,6 à 6 mm, de longueur de 500 ou 1 000.

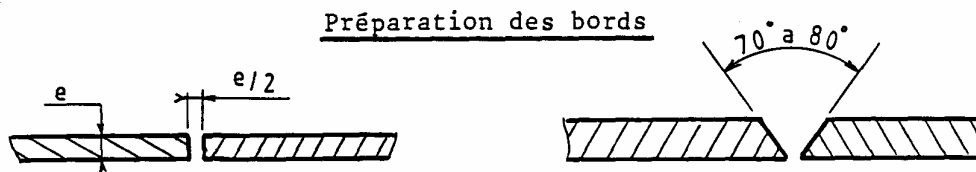
On trouve également des fils enrobés de flux.

EXECUTION

Le soudo-brasage demande une préparation très soignée.

Nettoyer très proprement les bords à assembler : à la meule ou à la lime.

Aucune trace de graisse, de rouille ou de corps étranger ne doit demeurer.



Jusqu'à 4 mm d'épaisseur

À partir de 5 mm d'épaisseur
Chanfreiner

Chauffage au chalumeau (au dard)

Même méthode que le soudage oxyacétylénique mais buse plus faible

75 l par mm d'épaisseur

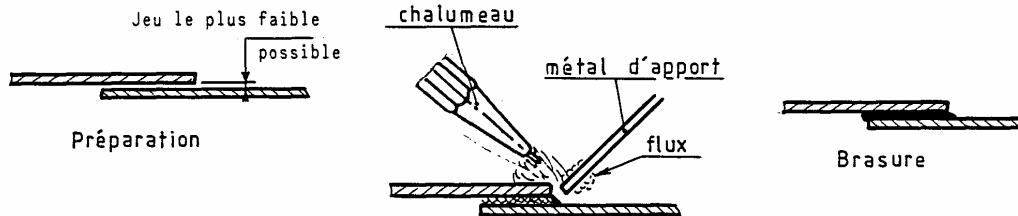
NOTA : Pour le soudo—brasage de la fonte, éviter les angles vifs lors du chanfreinage, il y a risque de fusion des arêtes et formation de fonte blanche.

LE BRASAGE

DEFINITION

Les pièces à assembler sont chauffées jusqu'à la température de mouillage, différente suivant le métal. Le joint est toujours à recouvrement.

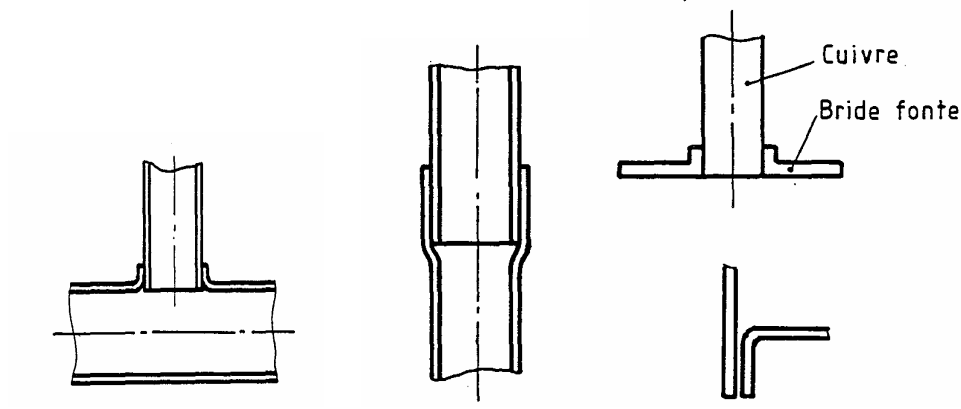
Dès que les pièces sont à la "bonne" température, le métal d'apport fond au contact, coule et remonte dans l'espace capillaire (jeu) réalisant ainsi l'assemblage.



Température de brasage

- Acier : 600 à 800°C
- Cuivre : 600 à 850°C
- Acier inoxydable : 600 à 650°C

DIFFERENTES APPLICATIONS



TUBE CUIVRE

NB : Le joint est toujours à recouvrement. Le jeu doit être le plus étroit possible.

EXECUTION

La préparation demande un ajustage soigné des pièces de l'ordre de 0,03 à 0,10 mm de jeu pour faciliter la capillarité et employer un bon décapage.

- Choisir le flux décapant correspondant bien à l'opération de brasage effectuée
- Chauffage : le chalumeau oxyacétylénique est le moyen le plus pratique.

IL résoud de nombreux cas.

- Attention à ne pas trop chauffer.

BRASURE TENDRE

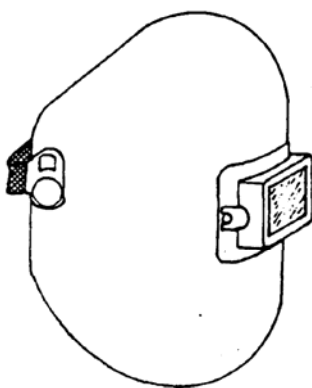
- C'est une brasure réalisée avec un métal d'apport très fusible (type soudure à l'étain) avec une température de chauffage très basse (de 180 à 450° C). L'emploi d'un fondant est nécessaire : Chlorure de zinc (ou Esprit de sel).

LE SOUDAGE ELECTRIQUE A L'ARC

1 - OUTILLAGE ET MATERIEL DE PROTECTION DU SOUDEUR A L'ARC



Masque à main



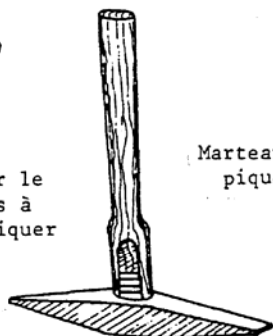
Casque



Brosse métallique

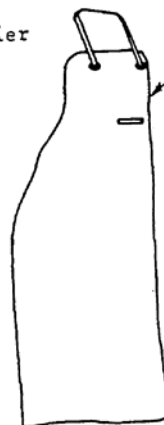


Lunettes blanches
à utiliser pour ôter le
laitier des soudures à
l'aide du marteau à piquer



Marteau à
piquer

Tablier



OBLIGATOIREMEN
A PORTER LORS
DU SOUDAGE
ARRETE LE
RAYONNEMENT



Gants

PINCES (à gaz)



mors

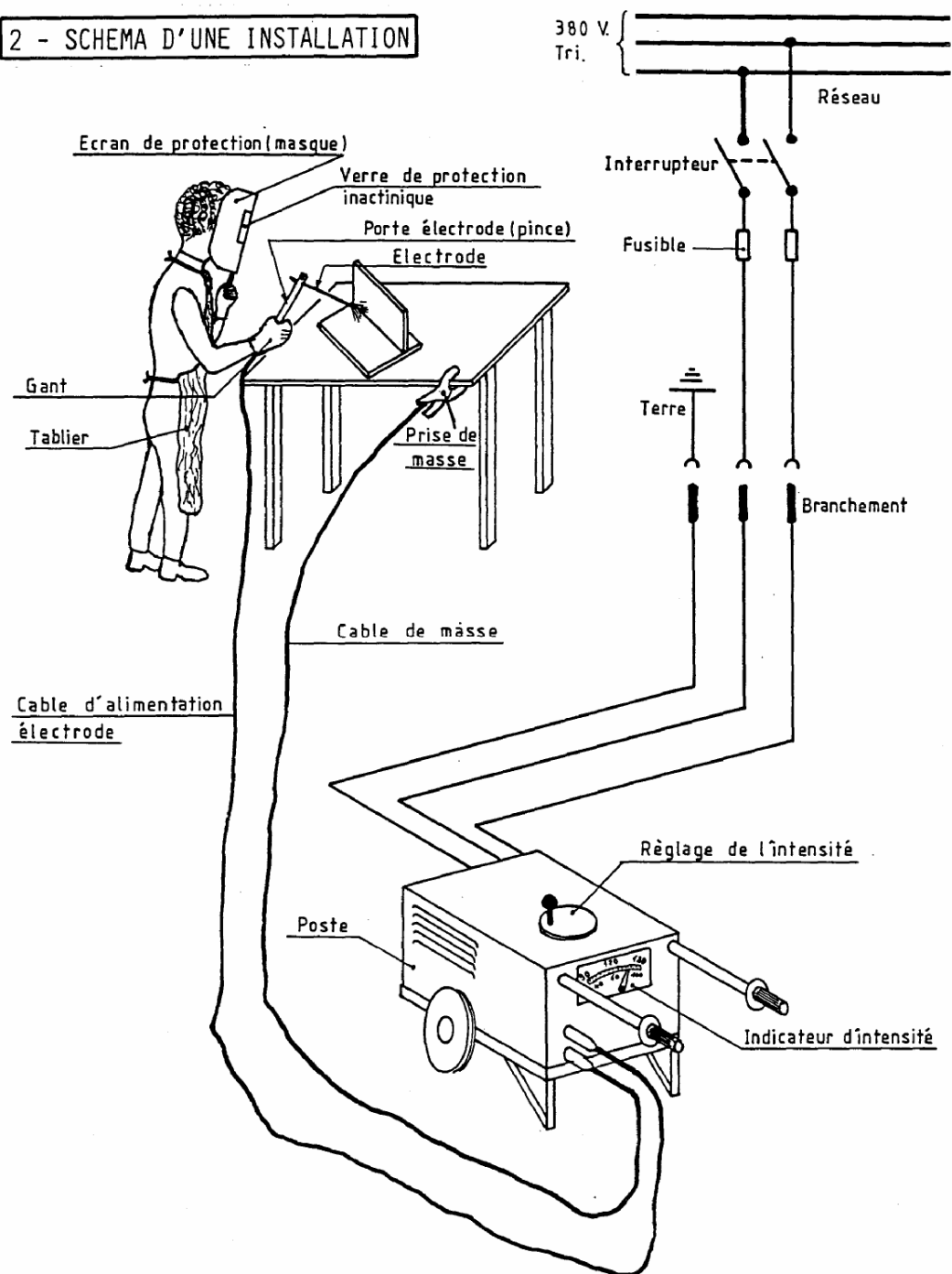
branches, acier doux forgé

Manipuler les pièces chaudes, de
préférence, avec des pinces et
jamais avec des gants de cuir :
celui-ci se rétrécit par la chale

SECURITE

Eviter de placer la pince porte électrodes à l'intérieur du masque. Utiliser les équipements de protection.

2 - SCHEMA D'UNE INSTALLATION



3 - APPAREIL DE SOUDAGE

(Appelé poste ou poste de soudage)

3.1. — ROLES

- Transformer le courant du réseau (tension élevée et faible intensité) en courant de soudage : forte intensité et faible tension.
- Permettre de régler l'intensité du courant de soudage.
- Réaliser les conditions permettant de maintenir un arc stable lors du soudage.

3.2. — TYPES

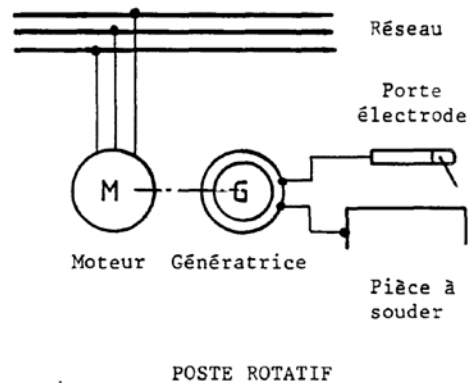
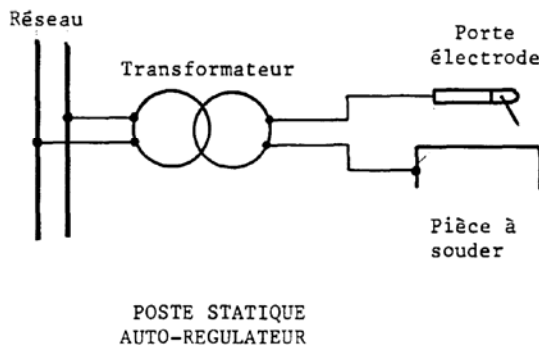
- Les appareils de soudage peuvent être classés en deux catégories, selon que le courant de soudage est continu ou alternatif.

3.2.1. — Courant continu

- Les postes sont des transformateurs triphasés avec redresseurs ou des génératrices (dynamo) entraînées par un moteur électrique ou sur chantier par un moteur à explosion.
- Ces postes permettent pratiquement le soudage de tous les métaux en toutes positions.

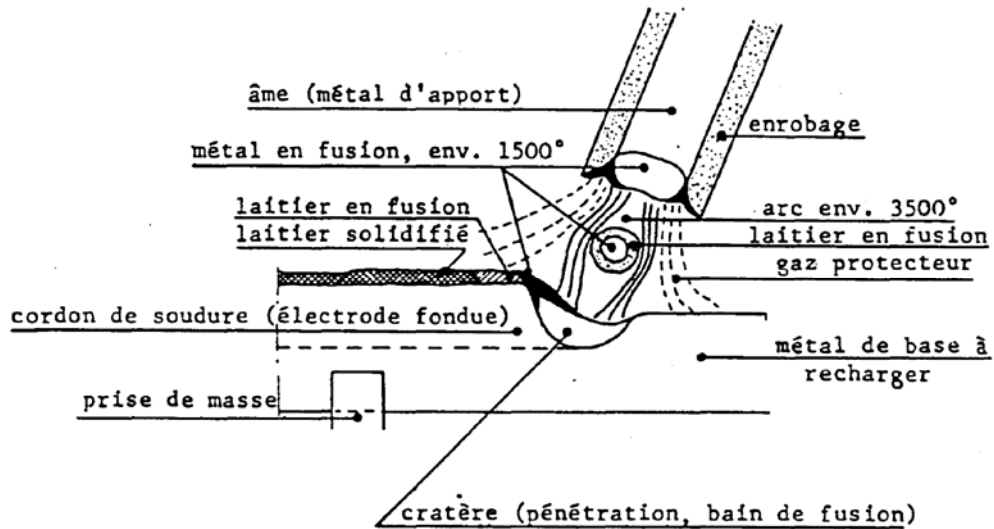
3.2.2. — Courant alternatif

- Les postes sont des transformateurs autorégulateurs, monophasés ou triphasés, à la fréquence du réseau (50 Hz)
- Ils conviennent parfaitement aux soudages des aciers d'usage courant avec des électrodes enrobées.



4 - ETUDE DE L'ARC

Le passage d'un courant électrique dans l'intervalle qui sépare l'électrode de la pièce provoque un arc, fuseau lumineux environné de gaz et de flammes colorées, produit par la combustion partielle des éléments de l'enrobage et du métal de l'âme volatilisés, avec l'oxygène de l'air.



4.1. — PRODUCTION DE L'ARC

L'amorçage

Se fait en frottant l'électrode sur une pièce métallique. Le mauvais contact (court—circuit) provoque l'échauffement de l'extrémité (résistance électrique). Des gaz provenant des éléments de l'enrobage rendent l'air conducteur de l'électricité (ionisation).

L'arc

Se produit, s'entretient en maintenant un intervalle sensiblement égal au Ø de l'âme de l'électrode (circuit de soudage).

Désamorçage de l'arc

Se produit, soit par un intervalle trop grand ou par le contact de l'électrode avec la pièce.

4.2. - CARACTERISTIQUES DE L'ARC EN FONCTION DE SA LONGUEUR

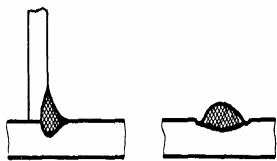
Arc court

Formation rapide des gouttes de métal.
Arc bien dirigé.
Le métal de base est bien pénétré et sain.

Arc long

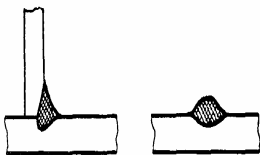
Formation espacée et tournoiement des gouttes de métal.
Arc instable et mal dirigé.
Manque de pénétration.
Soudure oxydée de mauvais aspect.
Echauffement anormal du métal de base
Collage sur pièces froides.
Soufflures avec électrodes basiques.

4.3. — ROLE DE L'INTENSITE SUR LA FUSION DES ELECTRODES



Trop d'intensité

L'arc crache, l'électrode devient rouge la soudure est large, la pièce chauffée, le métal est oxydé, joint avec des caniveaux, la déformation est grande.



Intensité normale

L'arc est facile à amorcer et à maintenir le métal se dépose régulièrement.



Pas assez d'intensité

L'arc est difficile à amorcer et à main tenir, le métal se dépose en boule et colle sur la tôle.

4.4. — REGLAGE DE L'INTENSITE DE SOUDAGE

Doit se faire, en général, d'après les indications du fabricant d'électrodes.

Plus l'intensité est grande, plus la fusion de l'électrode est rapide, le dépôt large et plat, la pénétration forte.

Augmenter l'intensité pour pièces froides ou pour le pointage.

Réduire l'intensité pour pièces chaudes (tendance du laitier à passer devant le métal déposé).

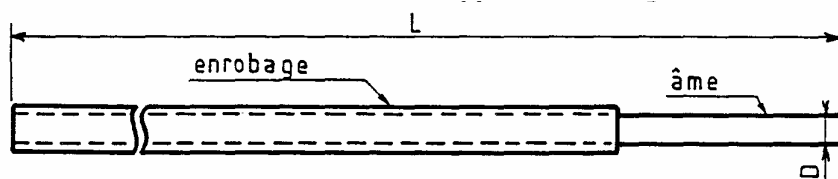
5- LES ELECTRODES ENROBEES

Les électrodes servent à la fois d'amenée de courant et de métal d'apport.

5.1. - CARACTERISTIQUES DES ELECTRODES

Les électrodes sont constituées

- d'une baguette métallique appelée âme
- d'un revêtement adhérent appelé enrobage.



Les électrodes sont désignées par le diamètre D de leur âme métallique.

5.2. - CARACTERISTIQUES DIMENSIONNELLES

La longueur de l'électrode est en rapport du diamètre pour limiter l'échauffement pendant sa fusion.

D en mm	1,25	1,6	2 - 2,5	3,15 - 4 - 5 - 6,3 - 8 - 10
L en mm	150 ou 200	200 ou 250	350	350 ou 450

5.3. — GENRES D'ELECTRODES

Electrodes pour courant continu.

Electrodes tous courants (alternatif et continu).

5.4. — CODE DE SYMBOLISATION NFA 8L 309

Les électrodes enrobées pour aciers non alliés ou faiblement alliés sont classées, en un code, selon les caractéristiques mécaniques du métal de l'âme, la nature de l'enrobage et leur mode d'emploi (position, courant).

5.5. — LES ENROBAGES DES ELECTRODES

Nature des enrobages des électrodes

L'enrobage est un mélange complexe de différentes matières. Chacune joue un rôle défini à l'amorçage, à la fusion, à la solidification.

Caractéristiques des enrobages

Composition étudiée pour satisfaire aux exigences :

- de la soudabilité du métal
- de la résistance du cordon et de la position du soudage.

Rôle des enrobages

Trois rôles principaux :

Rôle électrique

L'enrobage permet

- le soudage avec du courant alternatif
- l'amorçage et la stabilité de l'arc
- de s'opposer à l'amorçage d'arcs secondaires.

Rôle métallurgique

L'enrobage facilite

- la protection du métal, pendant sa fusion, en dégageant une atmosphère gazeuse
- la désoxydation du métal en fusion
- l'amélioration de la qualité du métal déposé par l'adjonction d'éléments spéciaux
- par sa transformation en laitier, la protection du métal en cours de solidification et le ralentissement de son refroidissement.

Rôle mécanique

L'enrobage permet :

- de diriger l'arc dans le prolongement de l'électrode
- le soudage en position par l'action capillaire et visqueuse du laitier qui maintient les gouttes de métal
- suivant la nature et l'épaisseur du laitier de modifier la forme du cordon déposé.

5.6 — CARACTERISTIQUES DES ELECTRODES EN FONCTION DE LA NATURE DE L'ENROBAGE

Les électrodes à enrobage basique (B)

- Enrobage épais contenant du carbonate de calcium et du spath fluor.
- Propriétés mécaniques du métal déposé : excellentes.
- Arc moyennement pénétrant. Laitier peu abondant et léger ; les inclusions ne sont pas à redouter, il se détache facilement.
- L'enrobage est très hygrophile, les électrodes doivent être séchées avant l'emploi et conservées dans un endroit sec.
- L'humidité provoque un arc crépitant avec de nombreuses projections, des porosités et un mauvais aspect de la soudure.
- Pour l'utilisation en courant continu, raccorder l'électrode au pôle positif. (au pôle négatif, risque de soufflures dans le métal déposé).
- Utilisation avec une tension à vide de 65 à 70 volts minimum, en courant alternatif (électrodes tous courants).
- Pendant le soudage, tenir un arc court.
- A la reprise du cordon, il est préférable de meuler le cratère pour supprimer les "nids de soufflures".
- Ce genre d'électrode est utilisé pour le soudage en toutes positions.
- Le soudage en courant alternatif supprime le soufflage magnétique et la formation du « cure-dent de fusibilité »
- Certaines électrodes contiennent de la poudre de fer pour augmenter le volume du métal déposé. Ce rendement peut être de 105 à 210 %. Le poids du métal déposé est supérieur au poids de l'âme.
- L'amorçage et la stabilité de l'arc sont facilités.
- Ces électrodes sont utilisées pour le soudage des aciers à haute limite élastique et alliés, les assemblages de grande sécurité (constructions navales et ferroviaires, chaudronnerie, mécano—soudure, etc.)
- Tôles de fortes épaisseurs.

Les électrodes à enrobage cellulosique (C)

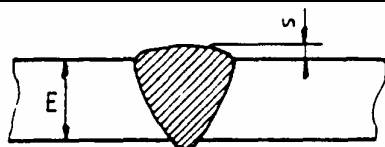
- Enrobage d'épaisseur moyenne, contient des matières organiques combustibles.
- Propriétés mécaniques assez bonnes.
- Arc pénétrant, projection abondante de particules métalliques, pendant le soudage.
- Dégagement considérable de gaz réducteurs.
- Laitier peu volumineux, se détachant facilement.
- Utilisation, en courant alternatif, avec une tension à vide de 60 à 70 V environ.
- Raccorder l'électrode au pôle positif (+ dans le soudage en courant continu)
- Ces électrodes peuvent être employées en toutes positions mais de préférence en soudage descendant et dans la première passe de fond dans le raboutage des tubes.
- Les cordons de soudure sont irréguliers et d'aspect médiocre.
- Pour améliorer la fusion, l'aspect et la qualité des soudures, il est utilisé des électrodes à enrobage rutile cellulosique avec plus ou moins de rutile et de poudre de fer (haut rendement)
- Ces électrodes sont utilisées en charpente métallique, chaudronnerie, mécano—soudure, etc.

Les électrodes à enrobage rutile (R)

- L'enrobage est d'épaisseur moyenne ou forte, comportant une grande quantité de rutil ou de composés dérivés de l'oxyde de titane.
- Suivant les compositions, le laitier est dense et visqueux ou fluide. Il se détache facilement.
- Ces électrodes sont utilisables, en courant alternatif, avec des tensions de fonctionnement basses (45 V), en courant continu, l'électrode raccordée en polarité négative (-)
- Arc très stable, facile à amorcer.
- Utilisation sur métal de base de bonne soudabilité.
- Propriétés mécaniques bonnes.
- Permet le soudage en toutes positions.
- Certaines électrodes contiennent de la poudre de fer pour augmenter le volume du métal déposé. Ce rendement peut être de 110 à 230 %. Au-delà de 130 %, ces électrodes ne sont utilisables qu'en position à plat par suite de l'importance du bain de fusion.

- Cette famille groupe des électrodes pour applications particulières. L'enrobage contient des produits en quantités variables.
Exemples : rutilo—cellulosique rutilo—basique
- Les électrodes à enrobage rutile sont utilisées en charpente moyenne et légère, réservoirs, wagonnage, constructions mécaniques et électriques, travaux d'entretien et artisanaux, canalisations diverses, carrosserie, etc.

CARACTERISTIQUE D'UNE BONNE SOUDURE



$$S = E \times 0,15$$

10— DEFANTS DES SOUDURES

Sur tôle épaisses



Caniveaux



Collage



Inclusions



Dénivellation des
Bords



Fissure



Soufflures,
porosités

Sur tôles d'épaisseurs 1 à 4 mm



Dénivellation des
bords



Manque de pénétration
Collage



Caniveaux
Morsures d'arc



Soudure affaissée



Soufflures ou inclusions

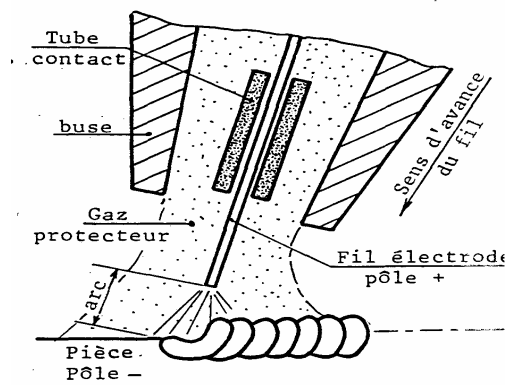


Fissures

SOUDAGE ELECTRIQUE A LARC AVEC ELECTRODE FUSIBLE MIG-MAG

I — PRINCIPE

Ce procédé utilise la chaleur d'un arc produit par le passage d'un courant électrique entre un fil électrode continu et fusible et les pièces assembler. Le métal est transféré à travers l'arc dans une atmosphère protectrice gazeuse inerte ou active.



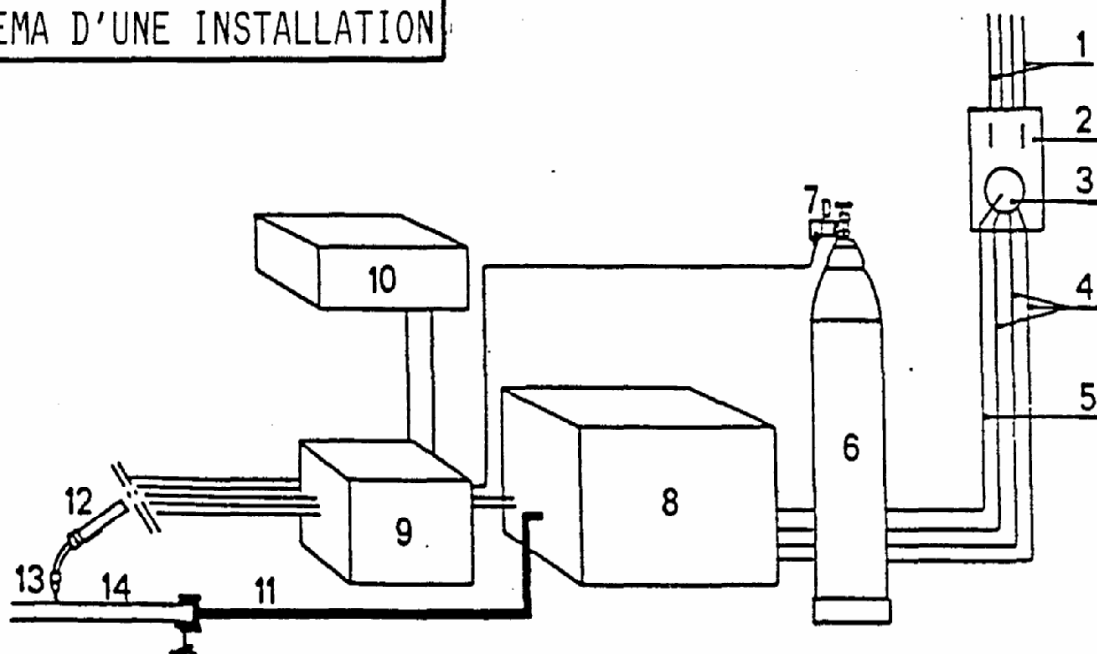
Le fil électrode peut être Dans ce cas on peut souder protection gazeuse.

En soudage avec fil plein, deux procédés sont à distinguer selon l'employé.

— Procédé MIG (métal inerte gas) l'arc jaillit dans une atmosphère inerte : argon ou hélium

— Procédé MAG (Métal actif gas) l'arc jaillit dans une atmosphère dont le gaz est chimiquement actif.

2 - SCHEMA D'UNE INSTALLATION



1 - Câbles du réseau

2 - Coffret interrupteur à fusibles

3 - Prise de courant

4 - Câbles d'alimentation

5 - Prise de terre

6 - Bouteille de gaz protecteur

7 - Détendeur - Débitmètre

8 - Générateur de courant de soudage

9 - Dévidoir de fil-électrode

10 - Groupe de refroidissement (éventuellement)

11 - Câble de masse

12 - Lance de soudage

13 - Arc de soudage

14 - Pièce à souder

3 - ETUDE DE L'ARC

3.1. — NATURE DU COURANT

Le courant continu est le seul courant de soudage utilisé par ce procédé,

3.2. — POLARITE DE L'ARC

En soudage MIG-MAG, on utilise toujours la polarité POSITIVE

Pôle + au fil électrode

Pôle - à la pièce à souder

Cela permet une plus grande vitesse de fusion du fil et dans le soudage de l'aluminium et de ses alliages, de briser la couche réfractaire les recouvrant.

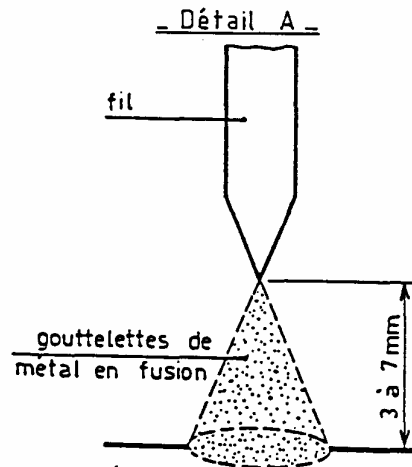
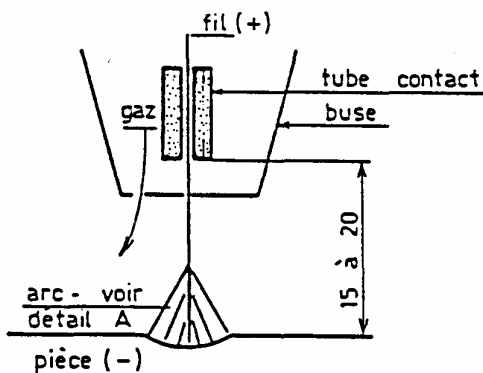
3.3. — MODES DE TRANSFERT DU METAL A TRAVERS L'ARC

Définition : façon dont le métal d'apport traverse l'arc électrique pour aller dans le bain de fusion.

2 modes de transfert les plus utilisés : Transfert par pulvérisation

Transfert par courts-circuits

A) Transfert par pulvérisation



— Le métal d'apport provenant du fil fusible traverse l'arc à très grande vitesse sous la forme de

gouttelettes très fines.

— La largeur d'arc est importante.

— Les vitesses de déroulement du fil sont importantes.

— Pour les fils pleins de $\varnothing$ 0,8 à 1,2 les conditions d'utilisation sont comprises entre les valeurs

suivantes

Tension (U_2) : de 26 à 35 volts

Intensité (I_2) : de 110 à 350 ampères

Avantages

Taux de dépôt de métal important

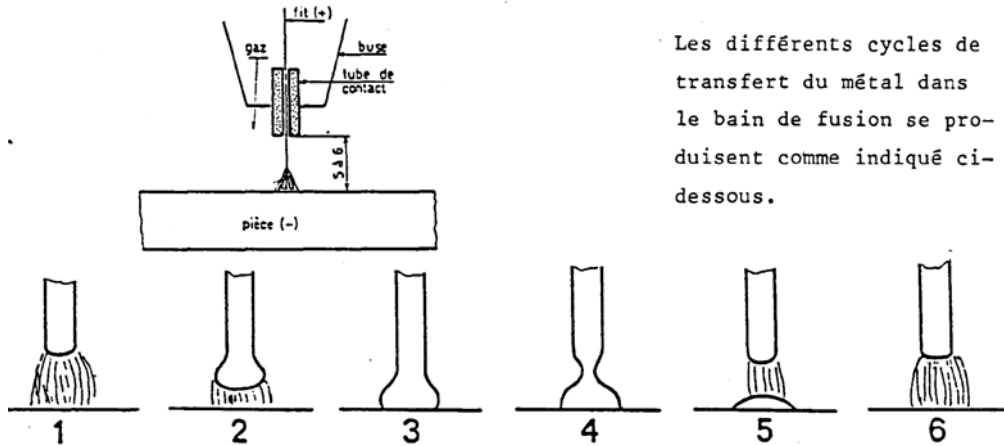
Grande vitesse de soudage

Pénétration importante (aux valeurs inférieures de la gamme des tensions)

Passes larges (aux valeurs supérieures de la gamme des tensions)

3.3. – MODE DE TRANSFERT DU METAL A TRAVERS L'ARC (Suite)

B) Transfert par court-circuit



- 1- Poussé par le moteur de dévidage, le fil arrive près des bords à assembler. L'arc s'amorce- Fil et pièce s'échauffent.
- 2- Une goutte se forme à l'extrémité du fil.
- 3- La goutte entre en court—circuit avec la pièce. L'arc s'éteint.
- 4 -Le court—circuit provoque une élévation de la température et fait apparaître l'effet de sectionnement.
- 5- La goutte de métal en fusion se sépare du fil et se projette dans le bain de soudure. L'arc s'amorce à nouveau, chauffe la pièce et le fil.
- 6- Comme en I, un autre cycle identique débute.

Suivant le diamètre du fil, la nature de la protection gazeuse, les intensités et tensions utilisées, ce cycle se produit de 50 à 100 fois par seconde environ.

Les vitesses de déroulement du fil sont moins importantes que dans le mode de transfert par pulvérisation. Pour les fils pleins de 0,8 à 1,2 les conditions d'utilisation sont comprises entre les valeurs suivantes

- Tension (U_2) : de 15 à 21 volts.
- Intensité (I_2) : de 50 à 180 ampères.

Avantages

Faible régime de dépôt

Peu de déformations

Assemblage de tôles fines

Soudage en toutes positions

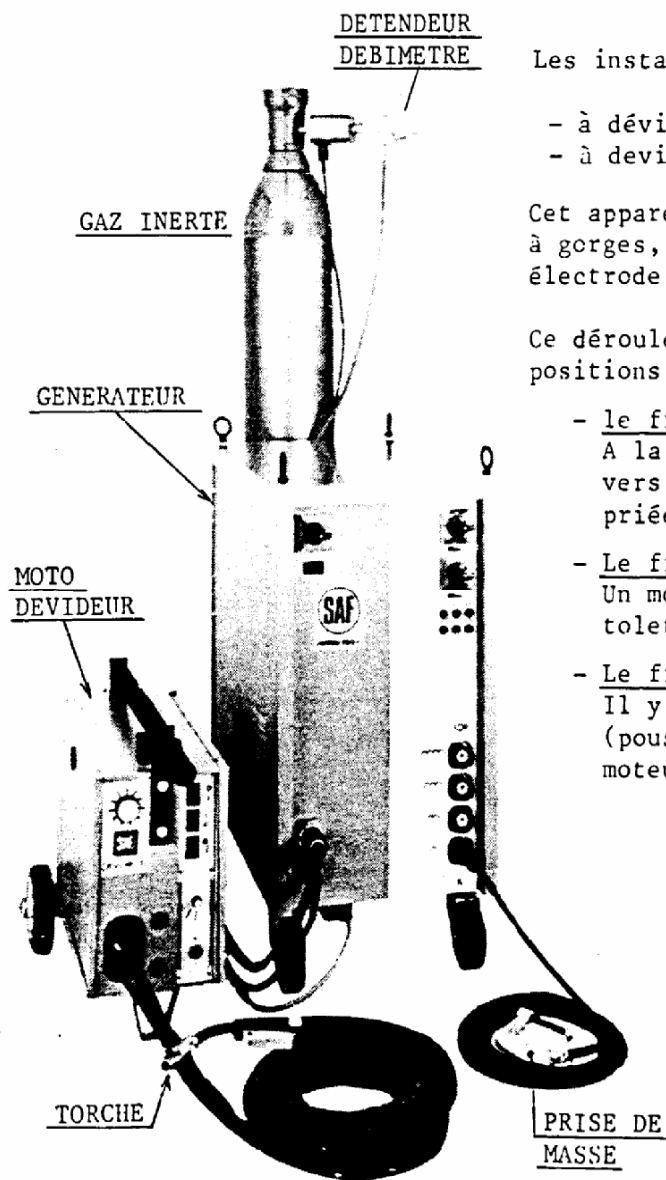
Exécution de passes de fond sans support à l'envers.

NOTA : Ce mode de transfert n'est pas employé pour les alliages légers, cuivreux, les aciers inoxydables qui sont soudés sous atmosphère inerte.

4 — APPAREILS DE SOUDAGE MIG-MAG

Constitution des installations –Une installation de soudage semi-automatique MIG—MAG comprend :

- 1- Un générateur de courant de soudage
- 2- Un mécanisme de dévidage du fil électrode
- 3- Une lance de soudage (torche ou pistolet)
- 4- Un faisceau de raccordement (éventuellement)
- 5- Une source de gaz (pour les procédés utilisant un flux gazeux)
- 6- Des matériels complémentaires (éventuellement) et accessoires.



Les installations peuvent être du type :

- à dévidoir séparé, ci- contre
- à dévidoir incorporé

Cet appareil est constitué de galets, généralement à gorges, entraînant à vitesse constante le fil électrode enroulé sur une bobine.

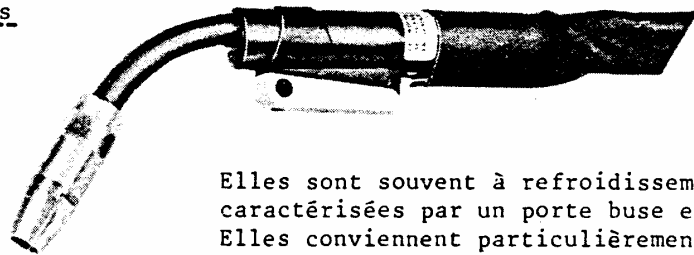
Ce déroulement peut se faire suivant trois dispositions :

- le fil est poussé :
A la sortie de la bobine, le fil est poussé vers la torche, au travers d'une gaine appropriée.
- Le fil est tiré :
Un moteur est placé dans la poignée du pistolet et tire le fil enroulé sur la bobine.
- Le fil est poussé tiré ou "PUSH PULL" :
Il y a dans ce cas double entraînement du fil, (poussé par le dévidoir et tiré par le petit moteur situé dans la poignée du pistolet).

5- LANCES DE SOUDAGE

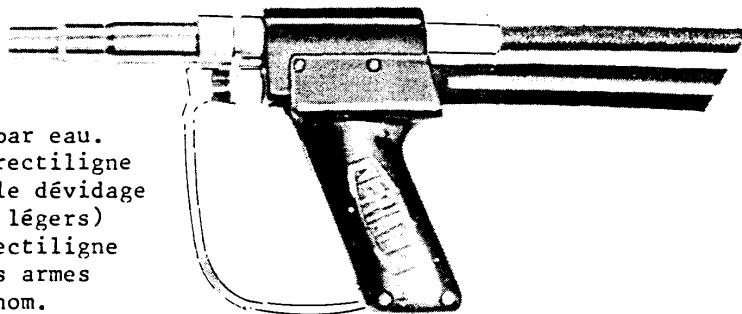
Elles sont de deux types :

- les torches



Elles sont souvent à refroidissement naturel et caractérisées par un porte buse en "col de cygne". Elles conviennent particulièrement bien pour les fils d'acier dont la raideur facilite le passage dans la courbe du porte buse.

- les pistolets



Généralement refroidis par eau. Grâce à la trajectoire rectiligne du fil, ils facilitent le dévidage des fils mous (alliages légers). Ils comportent un fût rectiligne et une crosse, comme les armes dont ils empruntent le nom.

En plus des pistolets traditionnels, pour certaines applications, il existe

Des pistolets moteurs :

Un ensemble moteur réducteur galets est logé dans la crosse pour tirer le fil.

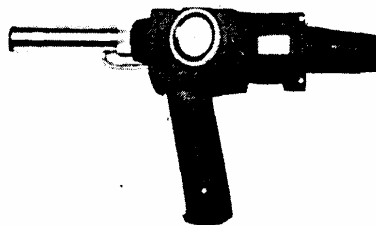
Pour dévidage du fil sur de grandes longueurs.

Ce système est dit

« Fil poussé titre »

— Poussé par le dévidoir

— Tiré par le pistolet.



6 — FIL ELECTRODE

6.1. — FONCTION

Le fil électrode sert à la fois d'amenée de courant de soudage et de métal d'apport pour le remplissage du joint.

6.2. - CARACTERISTIQUES

Forme — on distingue

— Les fils nus pleins — Acier — Alliages légers et cuivreux Ils ont un diamètre extérieur calibré

permettant :

Un entraînement régulier communiqué par les galets

Un bon frottement dans l'alésage du tube contact.

Les fils nus pleins en acier sont

• cuivrés extérieurement pour éviter l'oxydation et améliorer le contact électrique (sous l'effet de

la chaleur, le cuivre se volatilise avant d'arriver dans le bain de soudure).

• écrouis pour empêcher l'écrasement par les galets une grande rigidité facilitant le passage dans

la gaine (entraînement par coincement).

Fabriqués à partir d'un feuillard, ils contiennent un flux solide en poudre, qui lors de la fusion joue un rôle électrique et surtout métallurgique comme les enrobages des électrodes.

— Les fils fourrés

Fabriqués à partir d'un feuillard, ils contiennent un flux solide en poudre, qui lors de la fusion joue un rôle électrique et surtout métallurgique comme les enrobages des électrodes.



Diamètres

Ø	Fils nus pleins	Fils fourrés
0,6	Aciers au carbone Aciers alliés Aciers inoxydables	
0,8		
1		
1,2		
1,6	Alliages légers Alliages cuivreux	Aciers au carbone Aciers alliés
2		
2,4		
2,8		

7- PROTECTION GAZEUSE

ROLE — CLASSIFICATION

7.1. — ROLE DE LA PROTECTION GAZEUSE

- Protéger le bain de soudure contre l'action de l'air ambiant
- Donner à l'arc des caractéristiques qui ont une influence sur
 - Sa stabilité
 - Sa longueur
 - La forme du cordon
 - aspect et pénétration
 - Le mode de transfert du métal à travers l'arc
 - Les caractéristiques mécaniques et chimiques de la soudure.

7.2. — CLASSIFICATION

Selon sa nature, la protection gazeuse ne provoque pas ou bien provoque des réactions chimiques dans le bain.

1) La protection ne provoque pas de réaction chimique :

Elle est **INERTE** — C'est le procédé MIG (Métal Inerte Gaz)

L'argon et l'hélium sont des gaz inertes.

2) La protection gazeuse provoque des réactions chimiques :

Elle est **ACTIVE** — C'est le procédé MAG (Métal Active Gaz)

Le gaz carbonique (Ou CO₂) et l'oxygène sont des gaz actifs.

Une protection gazeuse constituée par un mélange de gaz inertes et actifs est classée :

- En MAG quand le pourcentage des gaz actifs est supérieur à 10 %
- En MIG quand ce pourcentage est inférieur à 10%

7.3 — ACIERS AU CARBONE ET FAIBLEMENT ALLIÉS

Procédé	Atmosphère gazeuse composition	Bouteille couleur ogive	Utilisation et caractéristiques
MJG	Argon 80% CO2 20%	Jaune avec bandes grises	- Fils nus Transfert par pulvérisation Transfert par courts—circuits Toutes positions Grande facilité d'emploi Bel aspect Pas de projections Utilisation sur têtes oxydées
MAC	CO2	Gris	— Avec fils nus Transfert par pulvérisation en grosses gouttes Transfert par courts—circuits Fils nus chargés en éléments désoxydants Toutes positions Pénétration importante Utilisation sur têtes oxydées en transfert par pulvérisations Projections nombreuses — Aspect médiocre — Avec fils fourrés Protection couramment employée
MAG	Argon 80% CO2 15 % Oxygène 5%	Jaune avec bandes grises et bandes blanches	— Fils nus Transfert par pulvérisation et courts—circuits Absence de projections Bel aspect Régularité du cordon Bonne compacité Très bonnes caractéristiques mécaniques Recommandé pour tôles d'épaisseurs moyennes et fortes
MIG	Argon 95% Oxygène 5%	Jaune avec bandes blanches	Transfert par pulvérisation et courts—circuits Grande facilité d'emploi très bon mouillage Bel aspect Toutes positions Verticale montante sur fortes épaisseurs avec transfert par courts—circuits Hautes caractéristiques mécaniques Utilisables avec certains fils fourrés
MIC	Argon 96,5% Oxygène 3,5%	Jaune avec bandes blanches	— Fils nus Transfert par pulvérisation et courts—circuits Facilité d'emploi dans le transfert et par pulvérisation Toutes positions Recommandé en demi—descendante sur têtes épaisses Caractéristiques mécaniques élevées Joints à souder doivent être propres

8- PROTECTION CONTRE LE RAYONNEMENT DE L'ARC - PROCEDE MIG-MAG

En soudage sous flux gazeux avec fil nu,
— l'absence de laitier
— la faible coloration des fumées
— les fortes intensités généralement employées

Font que le rayonnement de l'arc électrique est très important.

Dans le soudage des métaux brillants (alliages légers, aciers inoxydables), où le bain de fusion et les abords du joint jouent le rôle de réflecteurs, l'importance de ce rayonnement augmente.

Les "coups d'arcs" ou "coups de soleil" sur les parties exposées de l'épiderme sont plus fréquents et plus graves.

Protection individuelle

Le soudeur devra utiliser sans défaillance l'équipement de protection prévu pour le soudage avec électrodes enrobées (évacuation par ventilation ou aspiration des fumées).

Il améliorera encore sa. Protection par

- le choix judicieux d'un verre filtrant
- le port d'un casque avec bavette (protection de la gorge et de la poitrine)
- le port de gants appropriés.

Protection du voisinage

- Les postes de travail doivent être isolés du reste de l'atelier (cabines, panneaux rigides ou mobiles).
- Il est recommandé que les murs et panneaux soient enduits d'une peinture mate.

NUMERO DES ECHELONS DES VERRES FILTRANTS EN FONCTION DE L'INTENSITE DU SOUDAGE ET DU PROCEDE

Guide pour le choix

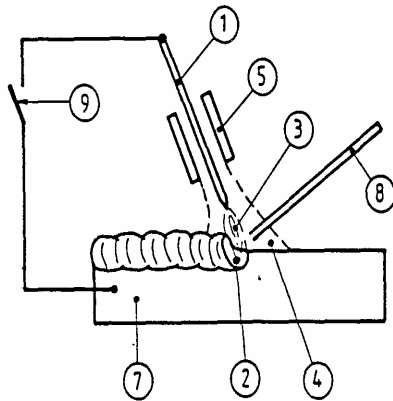
Procédés	Intensité du courant (ampères)									
	10	20	40	100	150	200	250	300	400	500
Electrodes enrobées	8	9	10	11	12	13	14			
MIG - Métaux mats				10	11	12	13	14		
MIG - Métaux brillants					11	12	13	14	15	
MAG				9	10	11	12	13	14	15
TIG - Tous métaux	8	9	10	11	12	13	14			

LE SOUDAGE A L'ARC AVEC ÉLECTRODE RÉFRACTAIRE EN ATMOSPHERE INERTE(T.I.G.)

I — PRINCIPE

A l'aide d'un courant, fourni par un appareil de soudage, dont la nature (continu ou alternatif) varie avec celle du métal de base, on fait jaillir dans un gaz inerte (argon ou hélium) un arc électrique entre une électrode réfractaire (tungstène) et la pièce, d'où le nom du procédé T.I.G. (Tungstène Inerte Gaz).

La chaleur dégagée par cet arc fait fondre localement la pièce et le métal d'apport, formant ainsi le joint. Le gaz inerte isole de l'air le métal en fusion et évite ainsi toute oxydation.



- 1-Electrode réfractaire
- 2-Bain de fusion
- 3-Arc
- 4-Gaz inerte
- 5-Buse
- 6-Métal déposé
- 7-Métal de base
- 8-Métal d'apport
- 9 -Bornes de l'appareil de soudage

Etude de l'arc

Suivant la nature alimenté

- soit en courant
- soit en courant

Polarité

L'arc se comporte différemment suivant que l'électrode est branchée au pôle- (polarité

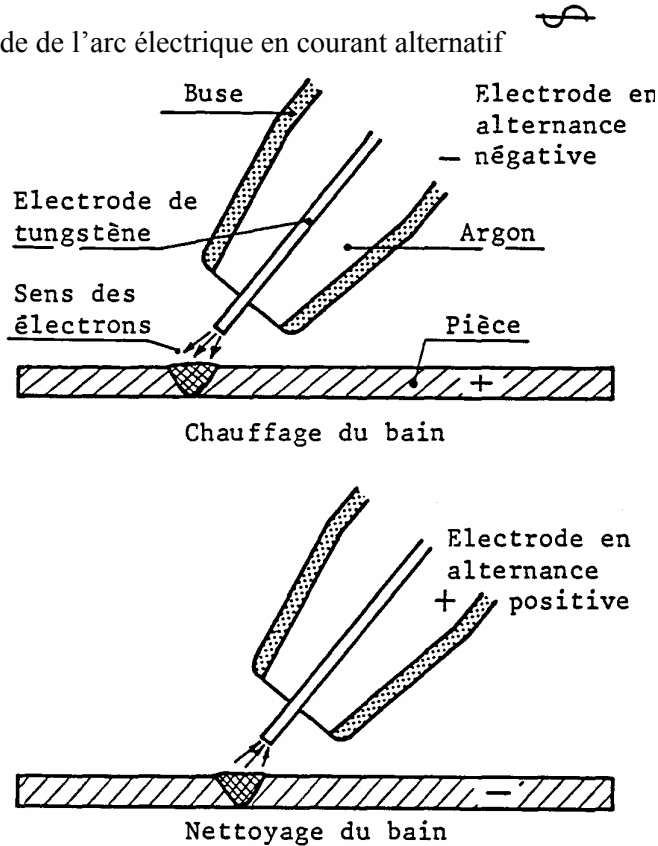
Au pôle + (polarité inverse).

Dans le cas de soudage en courant continu, l'utilisation de la polarité inverse, caractérisée par un grand dégagement de chaleur à l'électrode et une faible pénétration dans la pièce ne permet pas, pour les métaux lourds, le soudage de moyennes et fortes épaisseurs. On emploie donc pour ces métaux la polarité directe.

Par contre, pour briser la couche d'oxyde réfractaire recouvrant les alliages légers, l'utilisation de la polarité inverse est nécessaire. Cependant, son utilisation ne permettant pas l'emploi de fortes intensités, on a recours pour le soudage de ces métaux au courant alternatif.

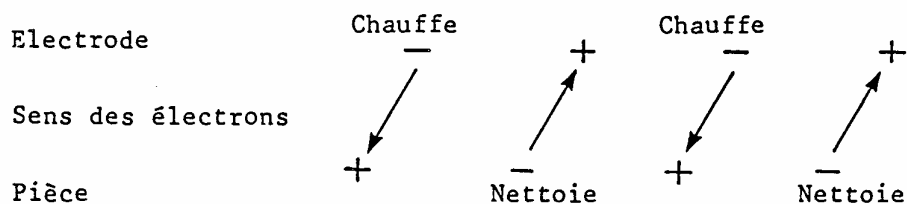
ETUDE DU COURANT ALTERNATIF AU SECONDAIRE

Etude de l'arc électrique en courant alternatif



Inversion du courant à chaque alternance.
L'électrode est successivement pôle positif et pôle négatif.
L'arc s'éteint tous les centièmes de seconde (courant 50 périodes).
Nécessité pour faciliter le réamorçage et la stabilité de l'arc, à chaque inversion de polarité, de superposer au courant de soudage, un courant à haute fréquence et à haute tension.
L'arc devient stable, l'électrode chauffe normalement et s'use faiblement.
Bain de fusion étroit et profond, propre et brillant. Possibilité de souder l'aluminium et ses alliages.
Impossibilité de souder les autres métaux.

Représentation du cycle de soudage

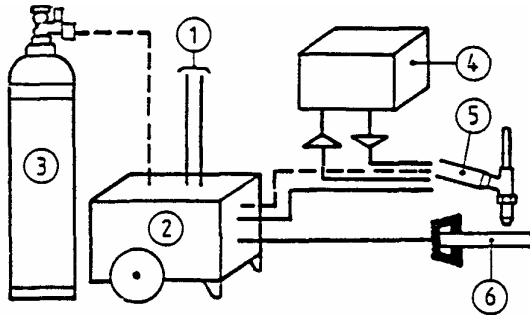


Mode d'alimentation donnant les meilleurs résultats

Nature du courant	Nature du métal à souder
COURANT CONTINU Polarité directe	Aciers de construction et faiblement alliés — Aciers inoxydables — Fontes — Cuivre et ses alliages — Nickel et ses alliages
COURANT ALTERNATIF	Aluminium et ses alliages — Magnésium et ses alliages

2 -INSTALLATION DE SOUDAGE

Schéma d'une installation



- Source d'alimentation en courant électrique (réseau)
- 2 — Poste de soudage (générateur et coffret de commande)
- 3 — Source d'alimentation en gaz
- 4 — Eventuellement une source d'alimentation en eau pour le refroidissement des torches soudant à de fortes intensités
- 5 — Torche de soudage
- 6 — Pièce à souder

Poste de soudage

Générateur

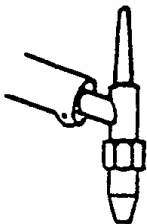
Pour le soudage en courant continu, on utilise les groupes rotatifs où les postes à redresseurs pour le soudage, à l'arc avec électrodes enrobées.

Pour le soudage en courant alternatif, on emploie un transformateur auquel on adjoint un stabilisateur d'arc qui superpose au courant de soudage un courant de haute fréquence facilitant l'amorçage et les réamorçages de l'arc.

Coffret de commande

Il a pour rôle :

- d'établir et de couper le courant de soudage
- de faire écouler le gaz protecteur et de l'arrêter après la coupure du courant de soudage de façon à éviter toute oxydation de l'électrode et de la fin du cordon de soudure.



Torche de soudage (voir page H 31) Elle a pour fonction de

- maintenir l'électrode réfractaire qui peut être en tungstène pur ou allié au thorium (1 à 2 % ou au zirconium (0,3 à 5%))
- conduire le courant électrique
- canaliser le gaz protecteur

On distingue deux types de torches les torches manuelles et les torches machines. Les premières se divisent en 2 catégories :

- celles refroidies par air (intensité inférieure à 200 A)
- celles refroidies par eau (intensité supérieure à 200 A)

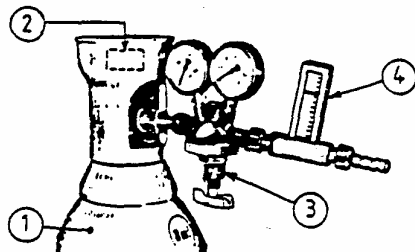
Métal d'apport

Le métal d'apport doit être de même composition que celui des pièces à souder. En soudage manuel, il se présente sous forme de baguettes comme en soudage oxyacétylénique.

En soudage automatique, c'est un fil enroulé sur une bobine d'un dévidoir comportant des galets entraînés par un moteur. La vitesse de dévidage est fonction de la vitesse de soudage.

Gaz protecteur

Le flux protecteur est un gaz inerte. Les gaz, argon et hélium, sont livrés comprimés à 200 bars dans des bouteilles en acier de 5 à 7 m³. Lors de leur utilisation, elles sont équipées de détendeurs - débitmètres, comme nous la montre le croquis ci-dessous
Les débits utilisés en soudage sont de l'ordre de 5 à 2 l/mm



- 1— Bouteille
- 2 — Robinet bouteille
- 3 — Détendeur
- 4 — Débitmètre

3 - MODE OPERATOIRE

Ce procédé s'apparente au soudage oxyacétylénique par ses modes opératoires. On peut souder en avant ou en arrière, toutefois cette dernière méthode est peu utilisée.
Les exemples ci—dessous nous indiquent, pour les principales positions de soudage, les positions de la torche et du métal d'apport.

SOUDAGE A PLAT	SOUDAGE EN CORNICHE
Bord à bord	Bord à bord
SOUDAGE VERTICAL	SOUDAGE AU PLAFOND
Angle intérieur	Bord à bord

4- DIFFERENTES APPLICATIONS DE CE PROCEDE

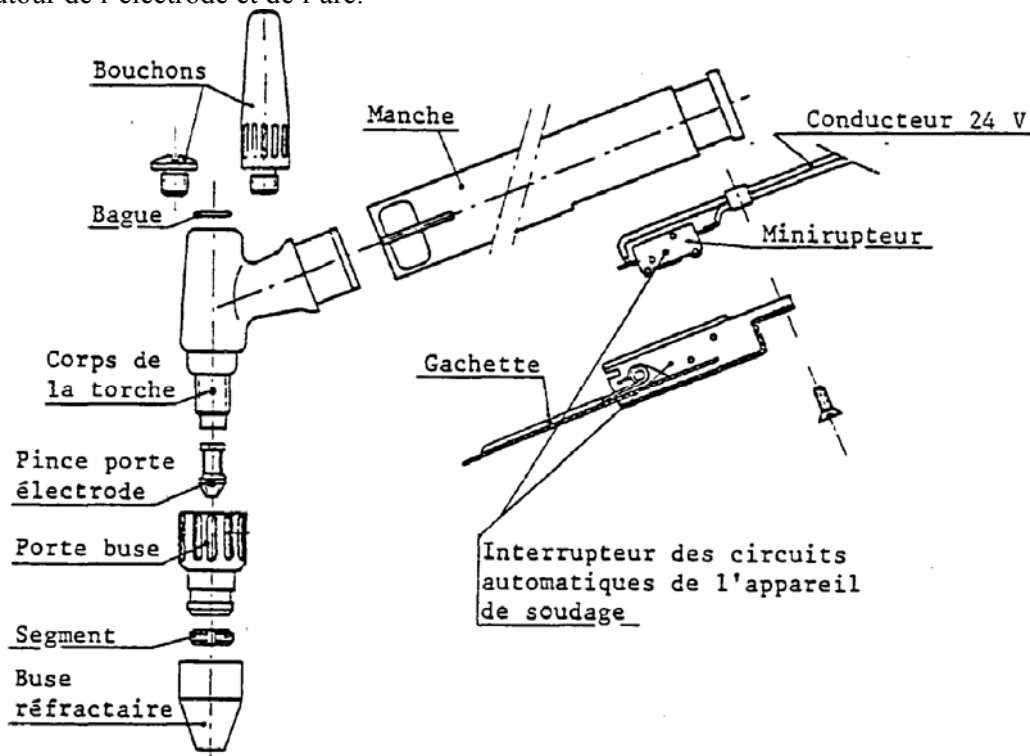
Le domaine d'application de ce procédé est très vaste quant aux possibilités de soudage Il peut être pour tous les métaux et alliages usuels et a pratiquement remplacé le soudage oxyacétylénique pour les aciers alliés et inoxydables, les alliages légers, le nickel et ses alliages.

Cependant, lorsque les épaisseurs dépassent 4 u, on préfère utiliser le procédé MIG qui permet des vitesses de soudage plus élevées.

Les industries aéronautiques, alimentaires, nucléaires et spéciales en sont les principales utilisatrices.

5 - TORCHES DE SOUDAGE

La torche sert à amener le courant électrique à l'électrode de Tungstène et à diriger l'écoulement de l'argon autour de l'électrode et de l'arc.



Exemples de diamètre de buse à prendre par rapport à l'intensité de soudage :

Buse de 6 ou 9 mm pour intensité inférieure à 70 A

Buse de 9 ou 11 pour intensité de 70 à 150 A

Buse de 11 ou 13 mm pour intensité de 150 à 250 A

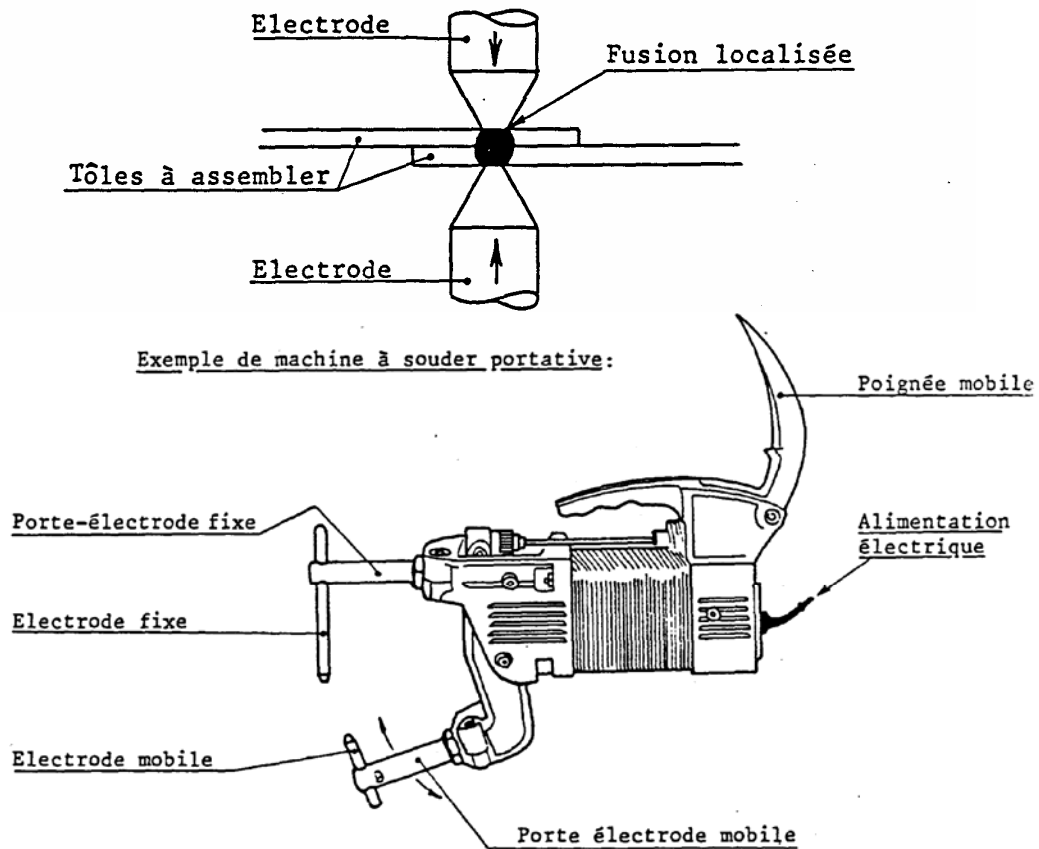
Buse de 13 ou 15 mm pour intensité de 250 à 300 A

Nettoyer l'intérieur des buses pour éviter les projections métalliques diminue l'isolement électrique entre la buse et le siège de la pince porte-électrode.

SOUDAGE ELECTRIQUE PAR RESISTANCE

I-PRINCIPE

Ce procédé consiste à assembler des têtes se recouvrant, grâce à une fusion locale provoquée par la concentration d'un courant électrique de forte intensité entre des électrodes cylindriques.



Cycle de soudage :

- 1-Accostage : établissement d'un bon contact entre les deux tôles par pression entre les deux électrodes.
- 2-Soudage : Après accostage, le courant passe entre les électrodes pendant un temps déterminé. La fusion se forme entre les deux épaisseurs.
- 3-Forgeage : Ensuite, la pression est maintenue pour permettre aux deux parties en fusion de se lier.
- 4-Temps mort : évite les projections de métal en fusion et au point de soudure de se refroidir sans déformation.

2 - REGLAGES A EFFECTUER

Trois paramètres. :

I - Pression ou effort de serrage

Ce paramètre assure l'accostage et le forgeage du point.

Sur les pinces à souder cette pression est appréciée par l'effort manuel à exercer.

L'opérateur procèdera à des essais.

Pression insuffisante

- Crachement du métal
- Points creux
- Points d'électrodes se détériorant

Pression trop forte

- Empreinte profonde du point soudé
- Bourrelet sur les rebords

Le réglage de l'effort est fonction de l'épaisseur des tôles à assembler et de la longueur des portes électrodes.

II — Intensité de soudage

Se reporter au tableau fourni par les fabricants de matériel.

Retenir : plus l'acier est propre, plus l'intensité doit être grande.

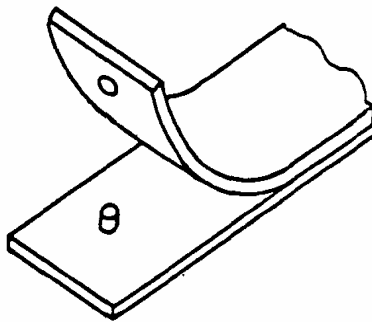
III — Temps de soudage

Plus l'acier est propre, plus le temps de soudage doit être court.

Le temps croît avec les épaisseurs à souder

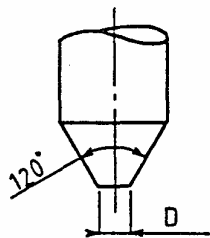
Pratiquement :

- Procéder à des essais dans les mêmes conditions que le travail à effectuer et procéder au déboutonnage des points. Le noyau de la soudure doit rester sur l'une des tôles.
- L'intensité de soudage et le temps seront bien réglés lorsque la tôle la plus mince rougira rapidement sur une surface réduite.



3- PREPARATION DES ELECTRODES ET DES TOLES

Affûtage des électrodes

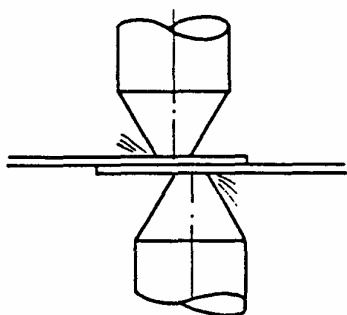


$$D = 2e + 2 \text{ à } 3\text{m}$$

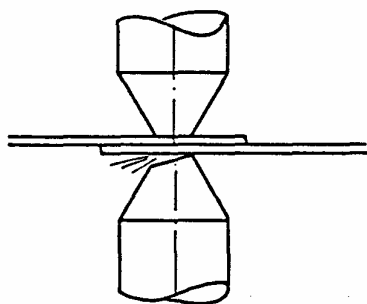
e = épaisseur de la tôle

Si les tôles ne sont pas de même épaisseur, prendre l'épaisseur la plus faible.

Montage des électrodes



Les électrodes doivent être en ligne

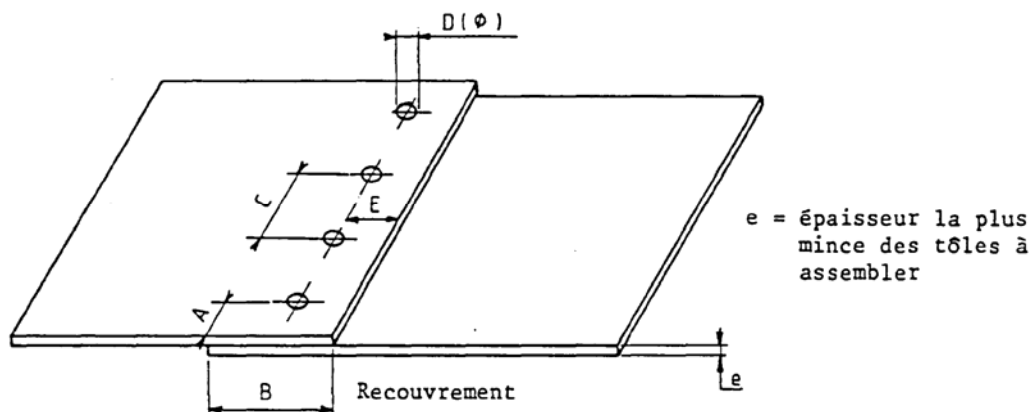


Les faces de portées doivent être parallèles

Préparation des tôles

- o Nettoyer les tôles par meulage ou par décapage afin d'éliminer : rouille, calamine, peinture
- o Maintenir les tôles en appui à l'aide de pinces ou de serre-joint

4 — DISTANCE ET GRANDEUR DES POINTS



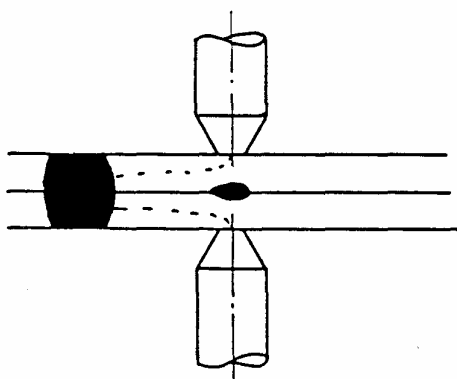
A Distance du bord de la tôle au 1er point : $2e + 4 \text{ mm}$

B Recouvrement minimum: $4e + 8 \text{ mm}$

C Pas pour acier doux : $2e \times 10$

D Diamètre du point : $2e + 2$ à 3 mm

E Pince : $\varnothing$ du point au minimum



Le pas ou distance entre chaque point doit être respecté pour éviter qu'une partie du courant ne soit dérivée vers le point effectué au préalable. La chaleur dégagée devenant insuffisante, le point se réduit à un collage.

CONTROLE ET ESSAI DES SOUDURES

I – DEFINITION

En construction soudée, la détection des défauts et l'évaluation de leur gravité sont indispensables. Le contrôle a donc essentiellement pour but de garantir l'obtention de soudure de la qualité recherchée. Le contrôle est donc une action de vérification de la conformité à des données préétablies, suivie d'un jugement.

Le contrôle peut

- déboucher sur des renseignements
- décider une action ou décision
- aboutir sur des actions correctives

Pour obtenir ce résultat, le contrôle s'effectue à 3 niveaux bien distincts avant soudage, pendant soudage, après soudage.

2 - AVANT SOUDAGE

Examen critique du projet pour éviter les erreurs de conception (accessibilité des soudures).

Vérification de la matière d'oeuvre (essais mécaniques, analyse chimique)

Contrôle de la réception des métaux d'apport

Contrôle de la qualification de la main d'oeuvre

Examen de la préparation du joint (chanfrein, écartement ...)

3 - PENDANT SOUDAGE

Respect des paramètres de soudage : réglage du poste - débit du gaz protecteur -vitesse de déroulement du fil électrode

Contrôle de l'exécution de la soudure : respect des passes, gougeage correct

Contrôle de la préparation des éléments

Contrôle des traitements thermiques

4 — CONTROLE APRES SOUDAGE

Peut être classé en 3 catégories

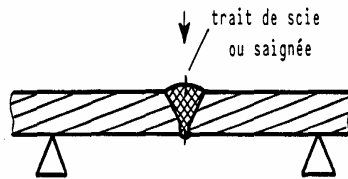
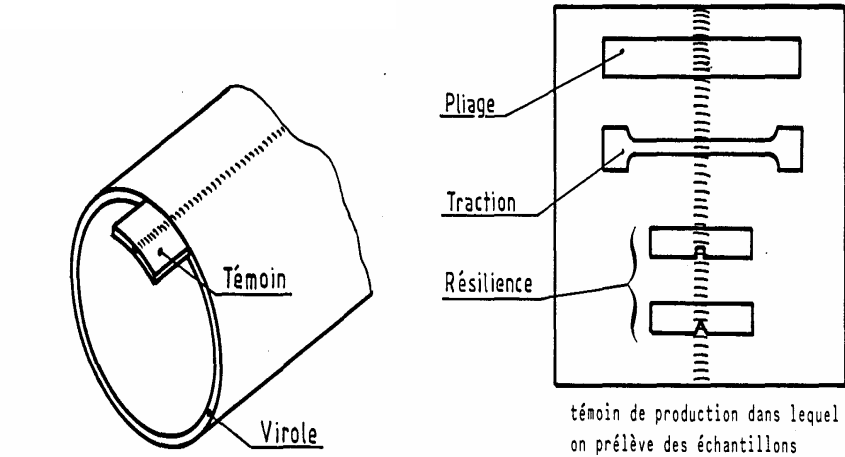
- les contrôles destructifs
- les contrôles semi destructifs
- les contrôles non destructifs

CONTROLES DESTRUCTIFS

A — Prélèvement d'échantillons pour essais mécaniques

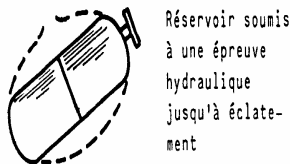
Les contrôles destructifs sont appliqués sur des échantillons de soudure prélevés sur des longueurs prévues sur les pièces, ou sur des échantillons appelés témoins de production, spécialement exécutés dans les mêmes conditions opératoires que les soudures d'assemblage.

Ces témoins permettent l'exécution d'essais mécaniques de tous types pour vérifier si les caractéristiques souhaitées sont bien obtenues.



B — Examen de texture

Après avoir exécuté une amorce de cassure par une saignée, on soumet l'échantillon ou la pièce à une série, de pliages jusqu'à rupture, ce qui permet d'examiner la texture du métal déposé.



C — Destruction de quelques pièces Prélevées dans une série

CONTROLES SEMI—DESTRUCTIFS

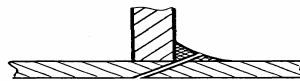
Ils consistent à opérer localement un soudage qui permet de juger la qualité de la soudure dans la zone affectée par cette opération.

Ces contrôles sont réalisés par :

Perçage ou trépannage Fraisage ou sciage Par fusion Par meulage	}	L'échantillon prélevé est étudié en laboratoire
--	---	---

Perçage d'un trou pour apprécier la pénétration

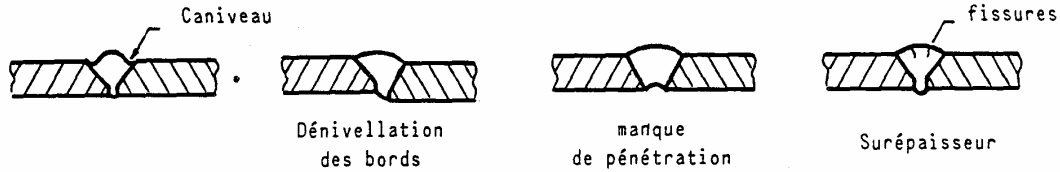
D'une soudure d'angle (essai schmuckler)



6- CONTROLES NON DESTRUCTIFS

A — examen visuel des soudures

Il est fréquemment nécessaire d'utiliser une loupe (grossissement 4 ou 5). Elle permet d'observer : les caniveaux, les dénivellations des bords, manque de pénétration, les surépaisseurs, les gorges ainsi que certaines fissures superficielles.



B — Contrôle par ressuage

Il est destiné à détecter les fissures débouchant à la surface.
Il peut être employé pour tous les métaux.

Sur le cordon de soudure, on dépose un liquide (dit pénétrant) qui a la propriété de s'étendre facilement et de pénétrer dans les plus fins défauts de compacité (le pétrole et le gaz—cil ont cette propriété) (fig. 2). Il faut laisser le temps dit "d'imprégnation" suffisamment long pour que le liquide pénétre.

La surface du cordon est ensuite nettoyée, mais le liquide reste dans les fissures (fig. 3). La surface (fig. 1).

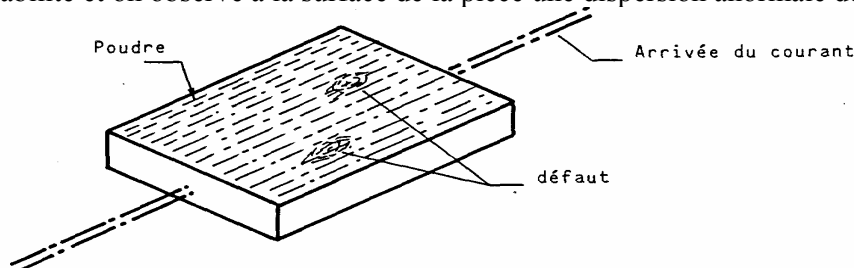
On projette sur le cordon une poudre sèche appelée révélation, qui absorbe le liquide emprisonné dans ces infractuosités et provoque localement une tache.



C — Contrôle par aimantation (magnétoscopie)

Ce procédé n'est applicable qu'aux métaux Ferro—magnétiques.
Une poudre magnétique est déposée à la surface de la pièce que l'on fait parcourir par un champ magnétique.

Lorsque le flux magnétique rencontre des défauts, il se produit des variations de la perméabilité et on observe à la surface de la pièce une dispersion anormale de la poudre.



D — Contrôle radiographique

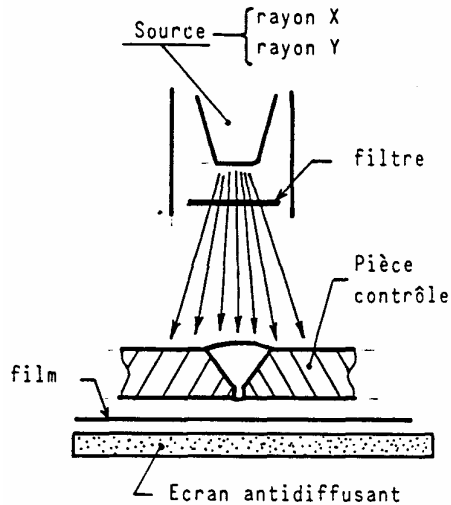
Le contrôle radiographique utilise les propriétés des ondes électromagnétiques (rayon) invisibles à l'œil, mais capables de traverser les corps opaques à la lumière.

Comme la lumière visible, ces ondes ont également le pouvoir d'impressionner les émulsions photographiques (film).

Après avoir placé la pièce à contrôler sur un film, on soumet celle-ci à un rayonnement.

Si la pièce est homogène, le noircissement du film est uniforme.

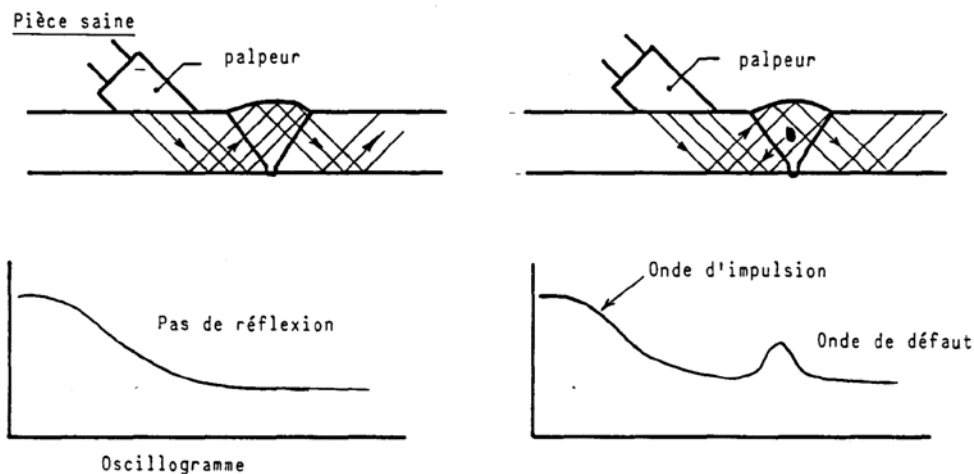
Par contre, le moindre défaut (soufflure, fissure, inclusions) se traduira sur le cliché par une tache plus ou moins



E — Contrôle par ultrasons

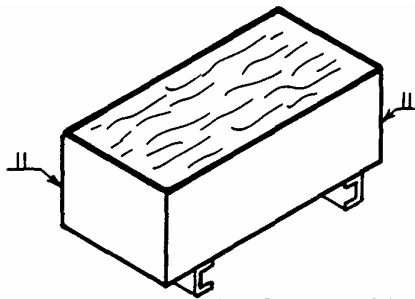
Ce contrôle est couramment utilisé pour détecter les défauts dans les pièces métalliques. Il permet la détection des défauts internes même dans des pièces de forte épaisseur. Il est simple et sans danger. Les ultrasons sont des vibrations acoustiques (de même nature que les ondes audibles) mais de fréquence très élevée (10 millions Hz dans le contrôle). A ces fréquences, les ultrasons ne se propagent que dans les liquides et les solides.

Le contrôle consiste. À émettre des ultrasons sous un certain angle dans une pièce et d'en recueillir l'onde réfléchie par le défaut s'il y a. Si l'onde ne rencontre aucun défaut, elle s'amortit dans le matériau par réflexions successives.



8-CONTROLE D'ETANCHEITE

A — Méthodes d'essai aux ensembles non fermés



La capacité est remplie d'eau.
On observe les soudures pour détecter les fuites.

B Principe du contrôle par liquide pénétrant

Le liquide pénétrant doit avoir un grand pouvoir mouillant favorisant le cheminement de celui-ci dans les conduits capillaires.

Sont utilisés à cette fin

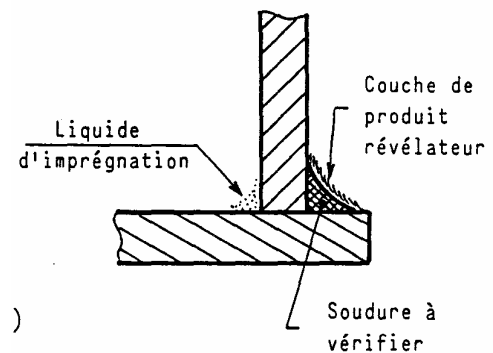
- le pétrole (ancienne méthode)
- les liquides pénétrants

Comme révélateur

- le blanc d'Espagne (pour le pétrole)
- le talc -les révélateurs spéciaux

Mode opératoire

- nettoyage et dégraissage des surfaces
- enduire la paroi interne du liquide pénétrant
- sur la paroi opposée enduire du produit révélateur
- s'il y a fuite, une tache apparaît sur le révélateur



C — Epreuve d'étanchéité à l'eau sur ensembles fermés

C'est l'essai hydraulique proprement dit. Il permet de déterminer simultanément l'étanchéité et la résistance mécanique d'une pièce. Il nécessite l'utilisation d'une pompe hydraulique. La pression d'épreuve est égale à 1,5 fois la pression de service.

Le grignotage

PRINCIPE :

Le grignotage est un procédé de découpage réalisé par des machines assimilables à des poinçonneuses animées d'un mouvement rapide (250 à 1200 coups par minute) (fig. 48).

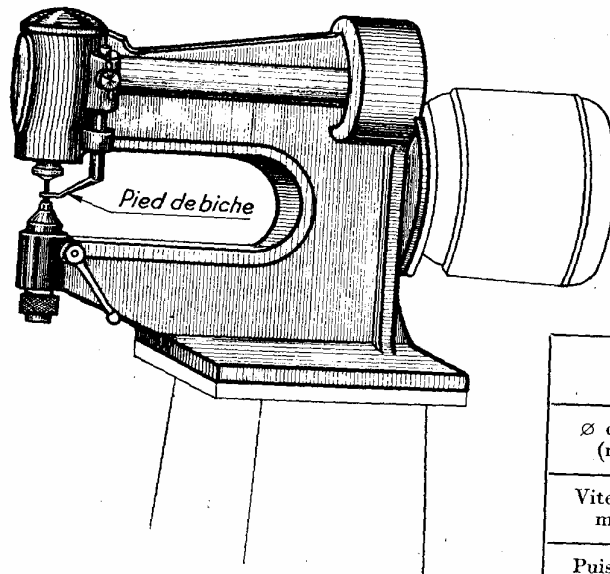
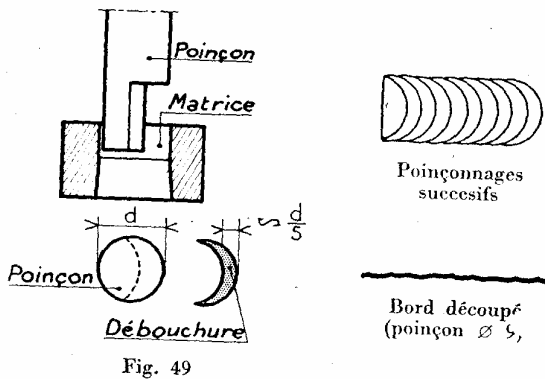


Fig. 48
Grignoteuse « Bombed ».

Pour découpage acier doux
($R_e = 40 \text{ kg/mm}^2$).

c (mm)	2,5	3	5
Ø des poinçons ... (mm)	5	5	9
Vitesse moyenne en mètres-minute	1	1	1,2
Puissance nécessaire (ch)	0,5	0,6	2



L'organe de découpage est un poinçon de forme spéciale qui reste constamment engagé dans la matrice; il opère une succession de découpages en forme de croissants (fig. 49).

La vitesse moyenne du découpage Varie de 1. m à 1,20 in par minute.

Le champ des tôles découpées à la grignoteuse est dentelé : le métal semble avoir été «grignoté» (fig. 49).

QUALITÉS ET EMPLOIS DES GRIGNOTEUSES

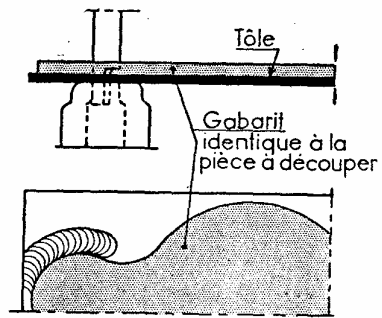


Fig. 50

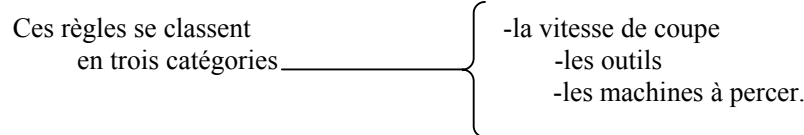
Les grignoteuses réalisent, sans aucune déformation, des découpages sinueux suivant les plus petits rayons sur tôles planes ou formées. Elles sont surtout employées pour les découpages sans tracé en utilisant un gabarit fixé sur la tôle à découper. L'ouvrier déplace l'ensemble tôle et gabarit, et maintient celui-ci constamment en contact avec la partie cylindrique du poinçon qui lui sert de guide (fig. 50).

LE PERCAGE

1. GENERALITES

Le perçage des tôles est une opération mécanique, qui généralement est exécutée par des ouvriers spécialisés, ce n'est pas à proprement parler le travail du chaudronnier.

Le perçage d'une tôle de 5 mm par exemple en acier doux, en acier inoxydable, ou en aluminium, demande des précautions et le respect de certaines règles techniques appropriées aux différents métaux ou alliages usinés.



2. LA VITESSE DE COUPE

2.1. $V = \pi .D.N$: Elle s'exprime en "mètre-minute" et varie suivant la matière usinée et la qualité des forêts utilisés.

Pour l'opération de perçage elle est définie par la formule :

$$V = \pi .D.N$$

Ou N= Nombre de tours par minute de foret.

D= $\varnothing$ du foret en mètre.

V=Vitesse de coupe en m/mn d'ou la définition :

- La vitesse de coupe est le chemin parcouru en mètre par un point défini de l'arête coupante du foret, en une minute.
- La vitesse de rotation est le nombre de tours fait par ce même point en une minute.
- Comme sa longueur de la circonférence décrite par ce point est égale à $2\pi R$, si N est la vitesse de rotation :

$$V = 2 \pi .R.N \quad V = \pi .D.N \quad \text{d'où } N = \frac{V}{\pi .D}$$

2.2. FACTEURS INFLUENCANT LA VALEUR DE LA VITESSE DE COUPE

a) la pièce à percer :

- sa forme, ses dimensions ;
- la nature de l'opération (ébauche ou finition) ;
- les qualités du métal à usiner (dureté, résilience, composition, etc.)

B) le foret utilisé :

- sa nature (acier fondu ou rapide) ;
- ses angles de coupe ;
- sa forme.

c) la machine utilisée :

- son état
- ses caractéristiques (gammes de vitesse, avances, puissance etc.

3. LES OUTILS : LE FORET

3.1. LE FORET

Les outils utilisés pour les travaux de perçage sont les forets hélicoïdaux ou forets américains, ils sont en acier rapide.

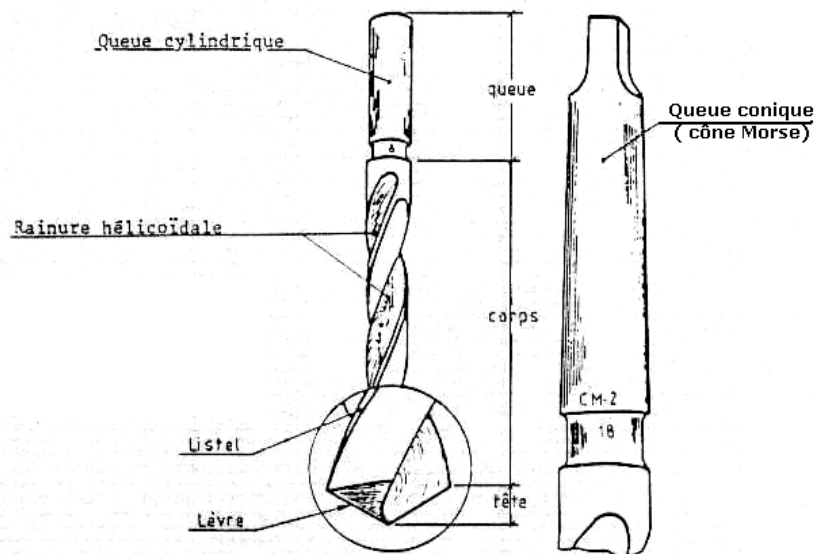
Ils comprennent 3 parties :

- a) Le corps : constitué d'un cylindre avec 2 rainures hélicoïdales (goujures) servant au dégagement des copeaux.
- b) La tête : ou la partie active du foret
- c) La queue : est cylindrique jusqu'à un diamètre de 13 mm.
Elle peut être tronconique également.

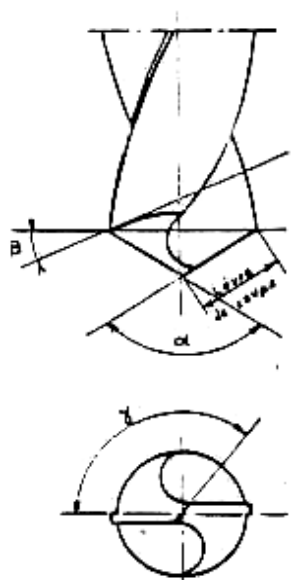
Les caractéristiques principales du foret sont :

- a) L'angle de pointe
- b) L'angle d'arête
- c) L'inclinaison de L'hélice
- d) L'angle de dépouille

Ces différentes valeurs varient suivant le métal à percer. Un foret doit toujours être bien affûté pour obtenir un trou rond, lisse et aux cotes désirées, pour préserver le matériel, et avoir un bon rendement.



- Longue pour r
- Normale pour la plupart des métaux
- Courte pour métaux tendres



Ø FORET	VITESSE DE ROTATION(TOUR/MN) EN TONCTION DU ↵									
	ACIERS INOXYDABLES vit.de coupe de 5à 10 m/mn			ACIER JUSQ'A 60 KG /MM2 (vit.de coupe de 20à 30m/mn)				METAUX LEGERES (vit.de coupe de 50à 120m/mn)		
	5	8	10	20	22	26	30	60	80	100
1	1600	2540	3180	6370	7000	8280	9550	19100	25480	31850
2	800	1270	1590	3180	3500	4140	4780	9550	12740	15920
3	540	850	1060	2120	2330	2760	3180	6360	8490	10610
4	400	630	800	1590	1750	2070	2390	4780	6370	7960
5	320	510	640	1270	1400	1650	1910	3820	5100	6370
6	260	420	530	1060	1170	1380	1600	3180	4250	5310
8	200	320	400	800	870	1030	1200	2770	3180	3980
10	160	250	320	640	700	830	950	1910	2550	3180
12	130	210	270	530	580	650	800	1590	2120	2650
14	110	190	230	450	500	590	680	1360	1830	2270
16	100	160	200	400	440	520	600	1190	1590	1990
18	90	140	180	350	390	460	530	1060	1410	1770
20	80	130	160	320	350	420	480	950	1270	1590
Angle de pointe	α 130 à 140°			118 à 120°				140°		
Angle de dépouille	β 6 à 8°			6°				10°		
lubrification	Huile de coupe ou pétrole			Huile de coupe				Huile de coupe ou à sec		

3.2. CARACTERISTIQUES COMMERCIALES D'UN FORET

- Le diamètre marqué sur la queue
 - La série : ou longueur du foret

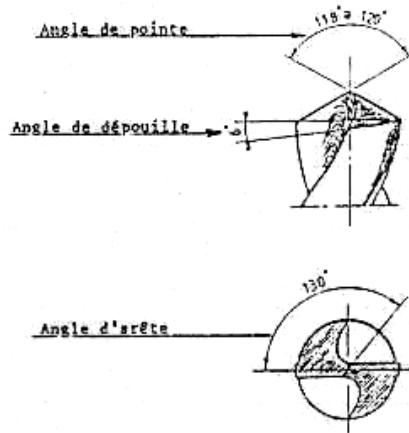
{	série courte(normale) série longue (pour trous profonds) série extra-courte
---	---
 - La forme de la queue : cylindrique ou conique
 - La matière : acier rapide.
- Exemple : désignation d'un foret : diamètre 12mm, série courte
queue cylindrique, acier rapide.

3.3 REGLES D'AFFUTAGE

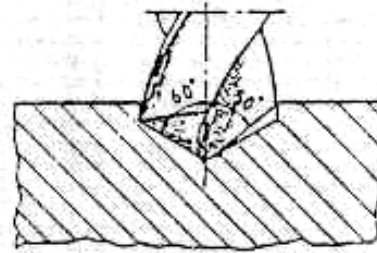
Pour couper correctement, la tête du foret doit avoir :

- 1°) les 2 arêtes d'égale longueur
- 2°) L'angle de pointe respecté ou inclinaison égale des arêtes
- 3°) l'angle de dépouille correct pour ne pas "talonner"

Angle d'affûtage pour l'acier

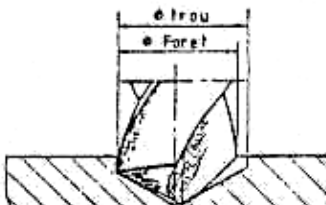


Angle de pointe dissymétrique



- Les arêtes listel-lèvre ne sont pas à la même hauteur
- Une seule lèvre travaille et se détériore rapidement

Longueurs de lèvres inégales

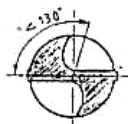


- La pointe du foret n'est pas dans l'axe du foret
- Les arêtes listel-lèvre ne sont pas à la même hauteur
- Une seule lèvre travaille et se détériore rapidement
- Le trou obtenu est d'un $\diagup$ sup. à celui du foret

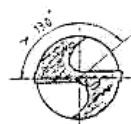
Angle de dépouille incorrect



Influence sur angle d'arête



Dépouille nulle: le foret "talonne", ne coupe pas, s'échauffe et "grille"

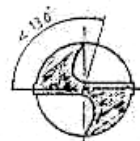


Dépouille exagérée: les lèvres s'émoussent rapidement et le foret "engage" (risque de bris)

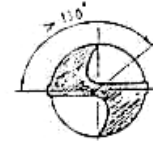
Angle de pointe incorrect



Influence sur angle d'arête



Trop plat: le foret coupe mal

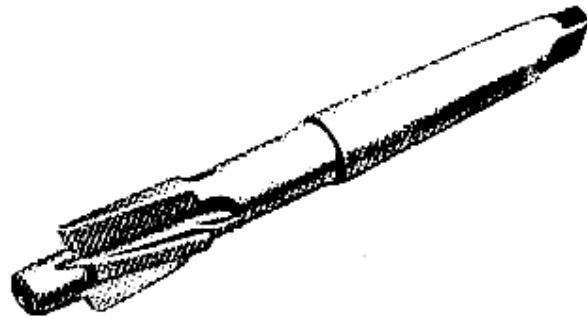
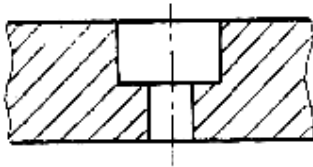


Trop pointu: les lèvres s'émoussent rapidement le foret "engage" (risque de bris)

3.4. AUTRES TYPES DE PERCAGE

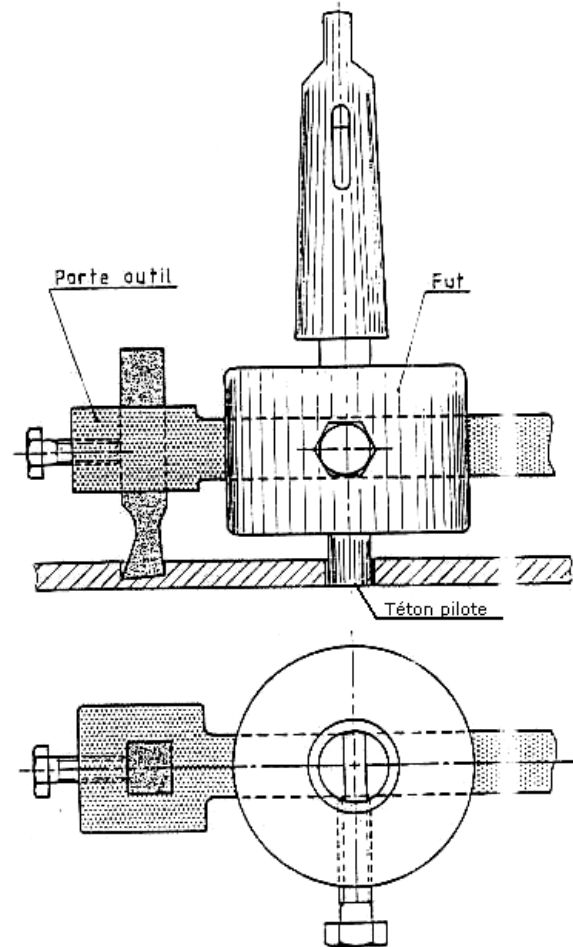
3.4.1. Le lamage

Le foret à la lamer est surtout utilisé pour l'exécution de trous borgnes, à fond plat. On appelle cette opération : lamage.



3.4.2. Le trénnage (ou trous de grand diamètre)

- cet outil est utilisé pour le perçage de trou de grand diamètre.
- le diamètre du trou s'obtient en réglant le coulisseau porte-outils.
- L'outil de coupe ressemble à un outil à tronçonner de tourneur.
- L'on perce un avant-trou du diamètre du téton pilote.
- En tournant, l'outil enlève le métal sur une saignée circumférentielle, ce qui produit le trou.
- Travail assez lent, mais précis.



4 LES MACHINES A PERCER

Les machines à percer, appelées couramment perceuses, peuvent être divisées en 2 familles :

- a) les perceuses portatives
- b) les perceuses fixes .

4.1 LES PERCEUSES PORTATIVES

a) la chignole

.C'est le porte-foret plus connu sous le non de chignole,
.la rotation du foret est assurée par une manivelle et l'intermédiaire d'un couple d'engrenage se rencontre de moins en moins,

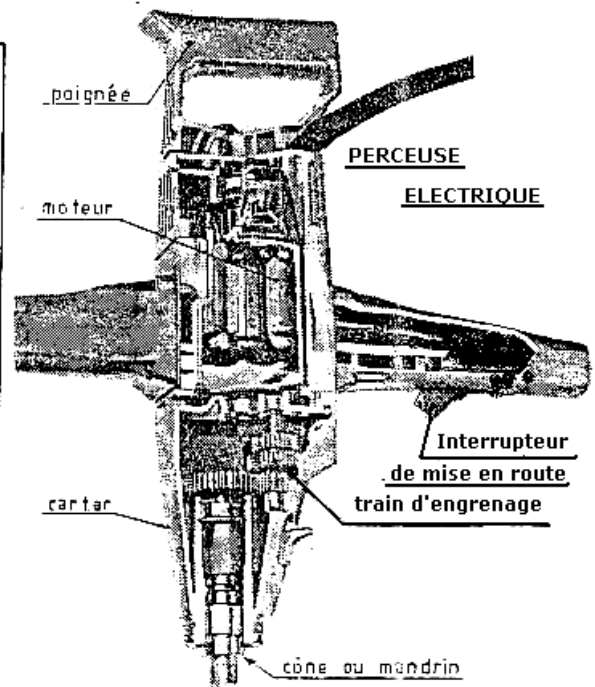
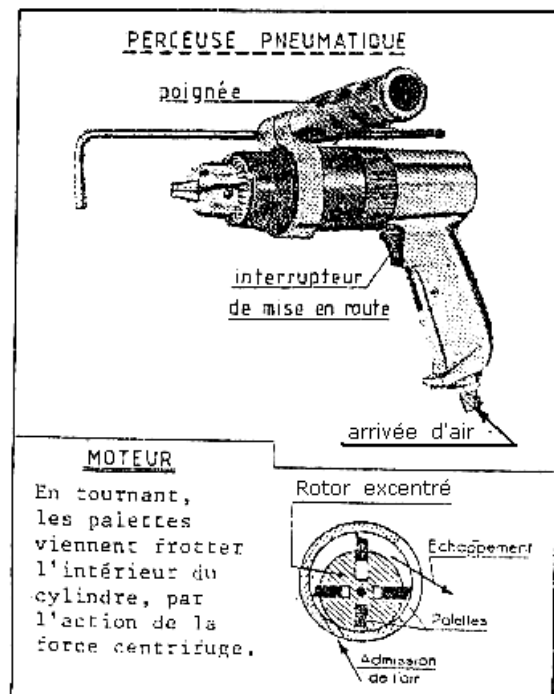
b) Les perceuses électriques ou pneumatiques

.Elle sont très utilisées dans les ateliers de tôlerie chaudronnerie, car elles rendent de nombreux services. Leurs caractéristiques sont variables suivant le type de la machine.

.Les diamètres des forets utilisés couramment peuvent être compris entre 3et 15 mm.

Les vitesses de rotation de 300 à 2 000 T/mm.

.Ne pas imposer à ces machines, un travail au-dessus de leur capacité, sous peine rendre rapidement la machine hors d'usage.

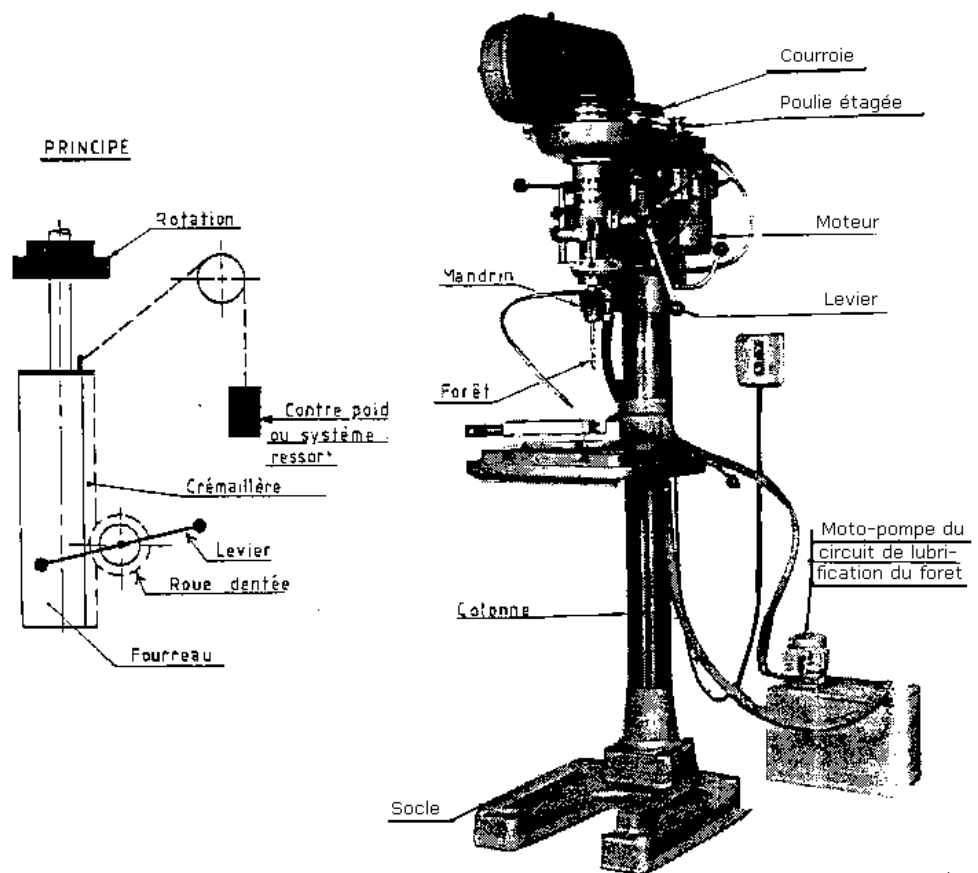


4.2. LES PERCEUSES FIXES

Ces machines sont classées suivant leurs capacités, leur aspect .O n rencontre les perceuses :
SENSITIVES - A COLONNE - RADIALES.

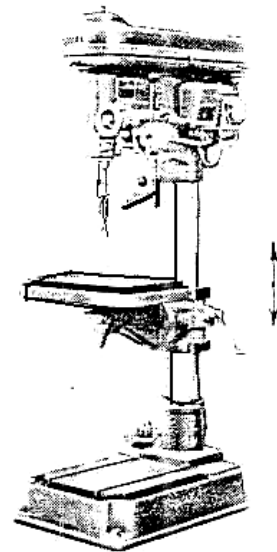
4.2.1. les perceuses sensibles

La rotation du foret obtenue mécaniquement soit par courroies ou boîte de vitesses.
la descente du foret est assurée à la main par la manœuvre d'un levier, l'opérateur sent très bien si l'effort qu'il applique au foret est approprié au diamètre de celui ci à l'épaisseur et la nature du métal à percer.C'est de là que vient l'appellation sensitive donnée à ce type de perceuse.Comme l'effort à exercer sur le levier croît avec les diamètres des forets, on ne peut pour cette raison employer des forets dont le diamètre est supérieur à 23 mm.



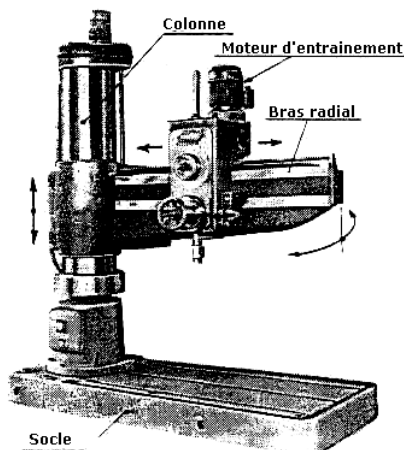
4.2.2. les perceuses à colonne

Elle sont plus robustes que les sensibles.
Dans ce type de machine la descente du foret est assurée manuellement ou automatiquement.
La table de travail(plateau) est réglable en hauteur et articulée de la colonne.



4.2.3 les perceuses radiales

De toutes les machines à percer, la radiale est celle qui offre dans les ateliers de tôlerie-chaudronnerie le plus grand rayonnement de perçage, la plus grande souplesse de commande, la suppression du problème de manutention. On peut dire qu'elle est indispensable à cause de ses caractéristiques nombreuses variables suivant le type de la machine. La coordination des mouvements circulaires verticaux et horizontaux détermine une aire de travail assez étendue.

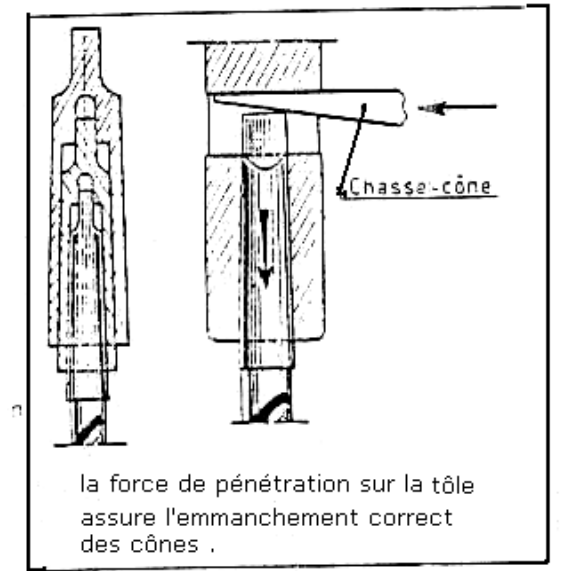


Elles se décomposent :

- 1°) Le socle : en fonte parfois sur monté d'une table de travail
- 2°) La colonne : très rigide, elle supporte le bras radial, et l'ensemble mécanique de perçage.
- 3°) Le bras radial :
 - il rayonne autour de la colonne et se règle en hauteur.
 - Toutes les commandes sont écaniques Ne doit pas vibrer
- 4°) Le chariot porte –outils :
Monté sur le bras et groupe tous les organes.

5.1. MONTAGE DU FORET

- Serrer fortement le foret dans l'axe du mandrin (actionner successivement la clé de mandrin dans les 3 trous), pour éviter à celui-ci de pivoter avec risques de détérioration.
- Les forets à queue conique se montent directement dans le logement de la broche.

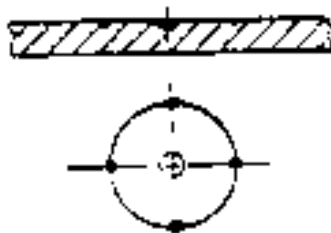


5.2. PERÇAGE – PRECAUTIONS A PRENDRE

- Avoir des forets bien affûtés et en parfait état
- S'assurer que la vitesse de coupe correspond au ϕ du foret et au métal à percer
- Ne pas avoir de vêtements flottants
- Protéger les cheveux
- Relâcher la pression au débouchage du foret
- Maintenir les pièces de petites longueurs en état
- S'assurer que le foret puisse déboucher sans entamer l'étau ou le plateau
- Lubrifier (évite l'échauffement ; huile soluble)
- Pour percer les tôles fines, et obtenir des trous ronds, diminuer l'angle de pointe, pouvant aller jusqu'à 90°. le foret ne'' broutera '' plus, et fixer solidement les pièces au plateau :
- Inutile d'interposer un morceau de chiffon entre le foret et la pièce à percer
- Pour réaliser des trous de diamètre supérieur à 13 mm, percer un avant-trou qui aura pour effet de guider la pointe du foret

-Repérage des trous :

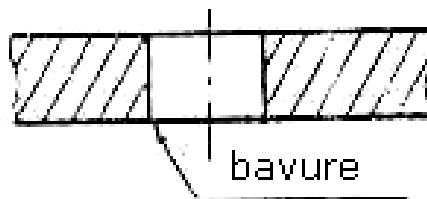
- Pointer finement le repérage du trou d'après le tracé.
- Tracer un cercle de même diamètre que le trou.
- Donner 4 coups de pointeau aux 4 axes sur le cercle.
- Ce sont les repères du trou.
- Pointer fortement le centre.
- Dès que le perçage est amorcé, vérifier d'après vos repères si le foret est bien centré.
- Si le trou est excentré (on dit qu'il coule), rattraper en appliquant à la pièce une force inverse à l'excentration tout en descendant le foret doucement à la main de manière qu'il retourne vers le centre (opération délicate à réaliser, se fait sur l'avant trou).



5.3. EBAVURAGE DES TROUS

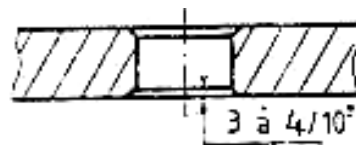
-En débauchant, le foret produit une bavure qui est dangereuse lors des manipulations de pièces et bien gênant lors de l'assemblage

-Pour faire disparaître cette bavure, avoir un foret dont l'angle de pointe est de 90° avec très peu de coupe de diamètre supérieur au trou percé (3 à 4 mm)



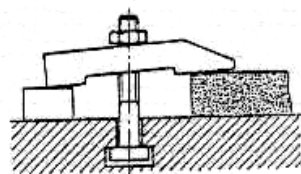
- Après perçage, avec ce foret, "repasser" légèrement sur les trous de manière à réaliser une fraisure de 3 à 4 dixième de millimètre le trou est net et la bavure a disparu.

- Réservez-vous un foret uniquement pour cet usage.

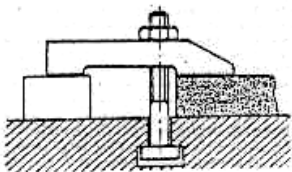


5.4 SECURITE

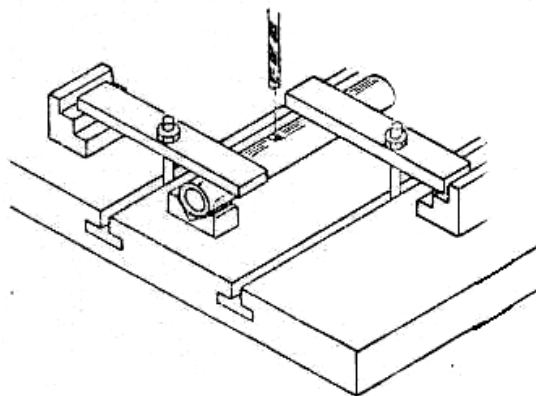
Bloquer correctement vos pièces à percer.



Mauvais

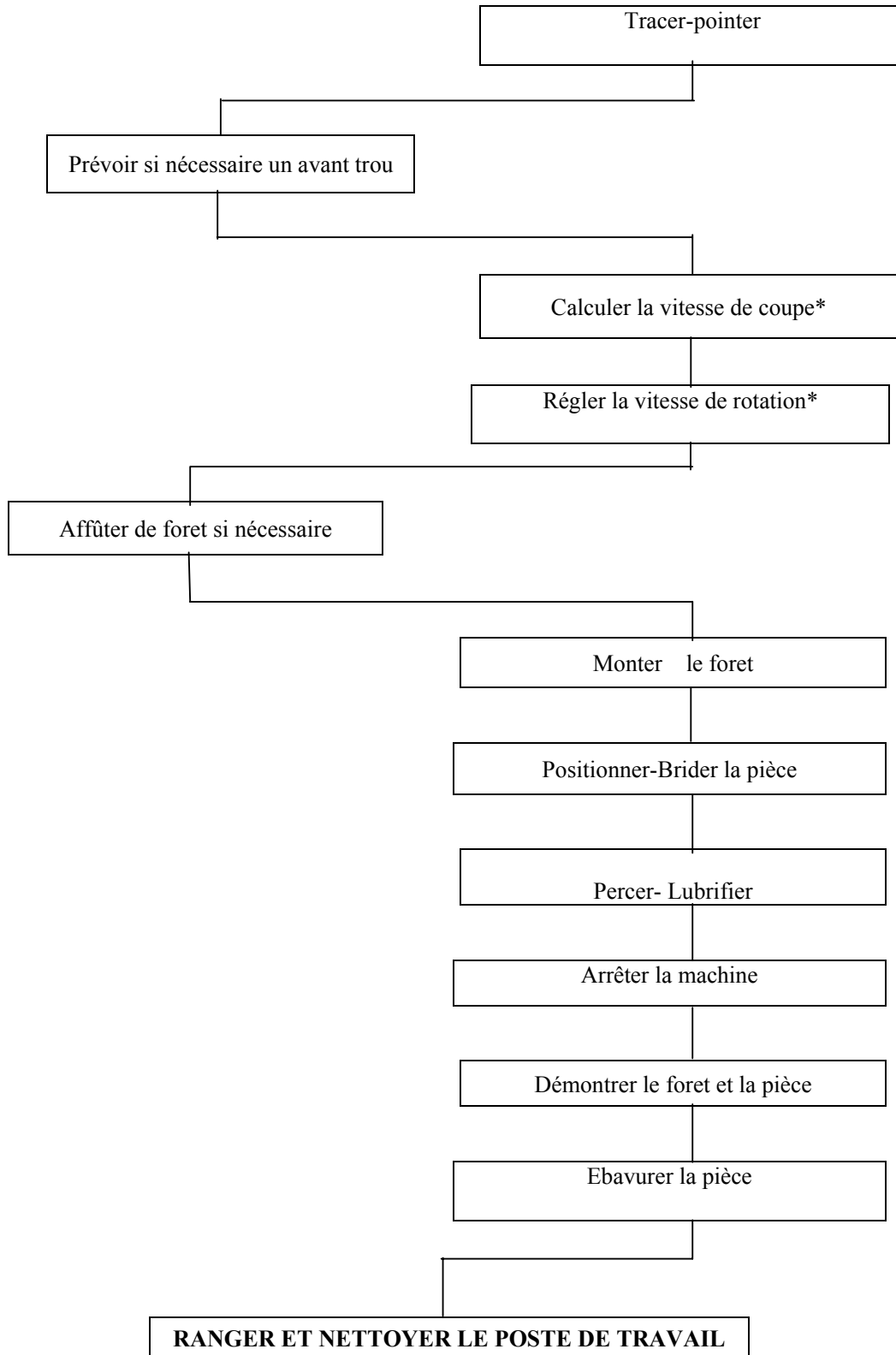


BON

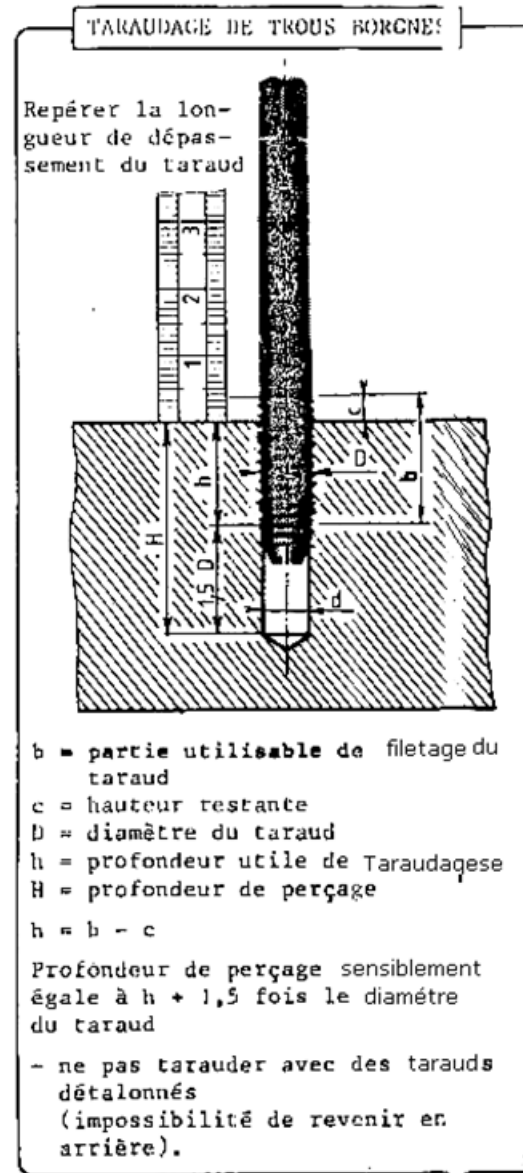
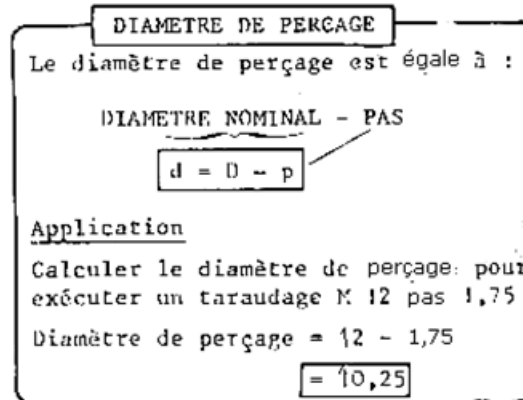
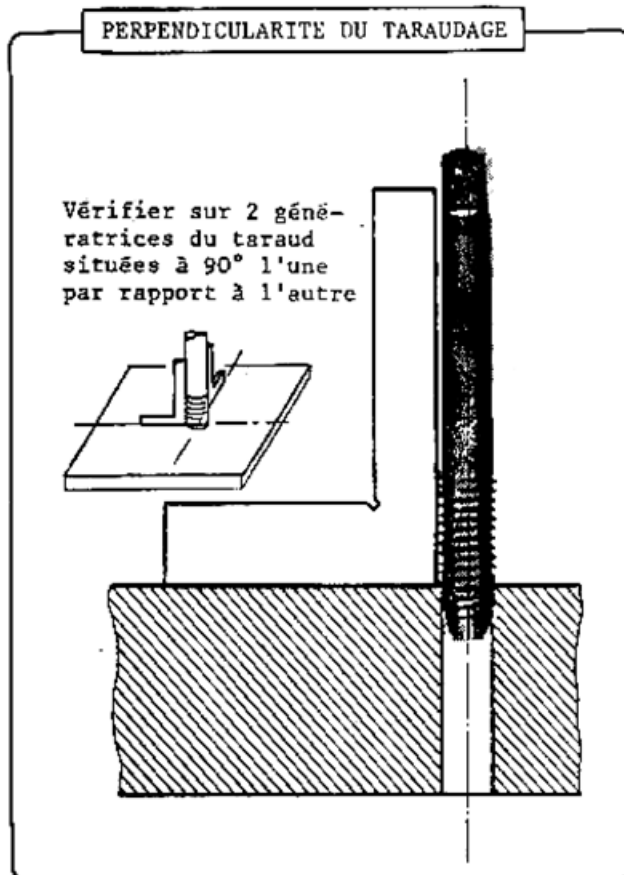
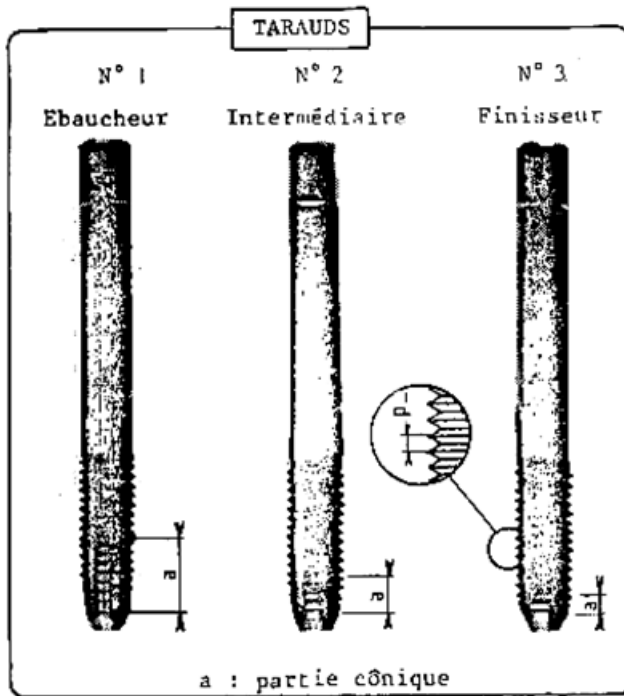


Les tôles minces sont les plus dangereuses :
-leur faible épaisseur les rend coupantes ;
-le foret a tendance à plonger en débauchant ;
-Les trous déportés augmentent les risques car la pièce, en tournant, décrit un grand cercle.

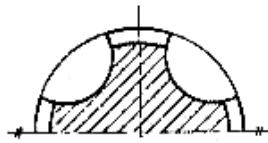
OPERATION SUCCESSIVES POUR EXECUTER UN PERÇAGE



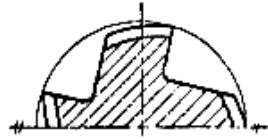
TARAUDE



TARAUDS



ordinaire



détalonné

AVANTAGES	INCONVENIENTS
-peut être déviré (retour en arrière), donc utilisable pour les trous borgnes -peut être affûté sans que le diamètre ne diminue	-conditions de coupe médiocres d'où : effort de coupe plus grand, travail plus long, risque de bris.
-conditions de coupe meilleures. d'où ,effort de coupe réduit, travail plus rapide, risque de bris réduit.	-ne peut être déviré, donc inutilisable pour trous borgnes. -ne peut être affûté sans diminution de diamètre.

TABLEAU DES PAS I.S.O ET DES DIAMETRES DE PERCAGE POUR TARAUDAGE

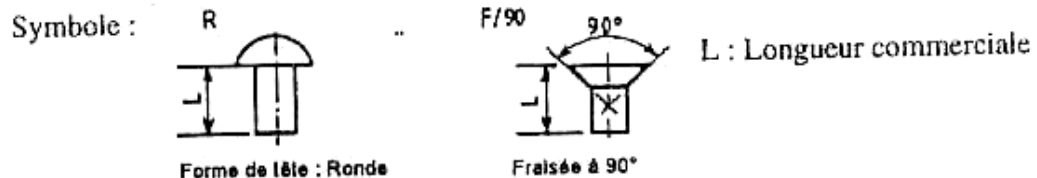
Nominal	pas	Perçage acier Travail courant $d=D- P$	Perçage bronze Ou laiton et fonte $d= D-(p \times 1,2)$
3	0,50	2,5	2,4
4	0,70	3,3	3,2
5	0,80	4,2	4
6	1,00	5	4,8
8	1,25	6,75	6,5
10	1,50	8,50	8,2
12	1,75	10,25	9,9
14	2,00	12	11,6
16	2,00	14	13,6

ASSEMBLAGES RIVES

(ou assemblages Rivetés)

Définition :

Rivets : ils peuvent être en acier doux (recuit), en inox en cuivre, en laiton ou en aluminium.



DESIGNATION D'UN RIVET

Indiquer : 1. la forme de la tête (symbole)
2. le diamètre du corps
3. La longueur commerciale

EXEMPLES

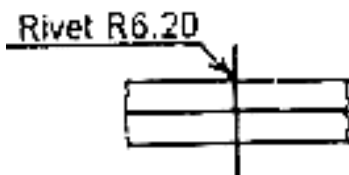
Rivet R 620
Soit un rivet à tête ronde,
6 et longueur 20mm

REPRESENTATION DES RIVETS SUR UN DESSIN

-La symbolisation de représentation des rivets évite d'avoir à dessiner, parfois à petite échelle, la forme réelle des rivets.

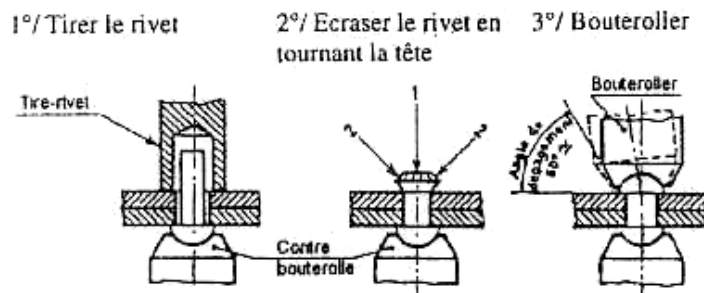
-L'information complémentaire (désignation du rivet) sera toujours portée sur le dessin.

Exemple :



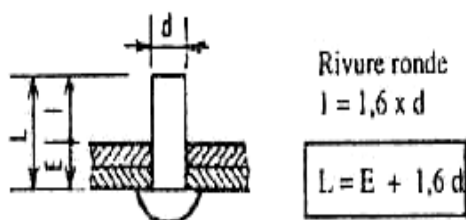
Rivets posés à l'atelier		Mode d'assemblage utilisé
vue de dessus	profil ou coupe	
		Rivet à tête et rivure ronde 
		Rivet à tête ou rivure fraisée, placée côté vue du dessin 
		Rivet à tête ou rivure fraisée, placée côté caché du dessin 
		Rivet à tête et rivure fraisées 

CONDUITE DU RIVAGE (ou RIVETAGE)

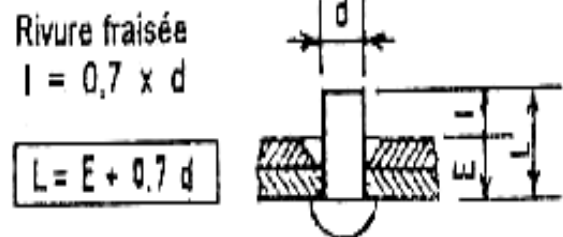


Tourner la bouterolle en inclinant légèrement pour ☐pincer☐le rivet. L'angle de dégagement permet le déplacement de la bouterolle sans marquer la pièce.

DETERMINATION DE LA LONGUEUR



Exemple : 2 plats épaisseur : 4mm
 Rivets $\rightarrow$ 10- longueur du rivet :
 $L = (2 \times 4) + (1,6 \times 10)$
 $= 8 + 16 = 24$



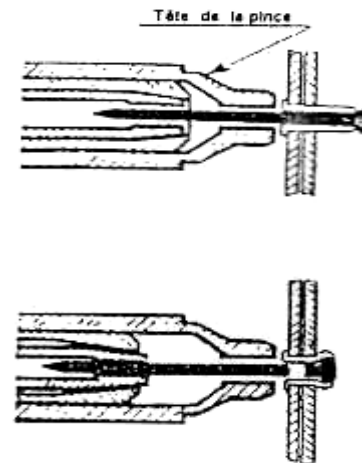
Exemple : 2 plats épaisseur : 4mm Rivets $\rightarrow$ 10
 longueur du rivet :
 $L = (2 \times 4) + (0,7 \times 10)$
 $= 8 + 7 = 15$

RIVETS A RUPTURE DE TIGE (Rivets aveugles)

PRINCIPE

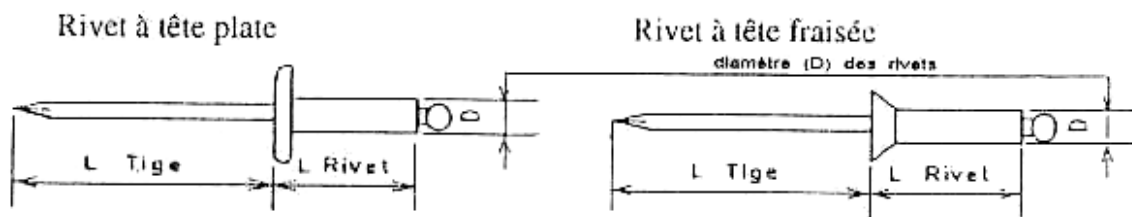
Le rivet est introduit à fond dans le trou de perçage puis tiré axialement en arrière par l'outil à river (pince à riveter)

- Par augmentation de l'effort on obtient :
 - Un serrage des pièces à river
 - Un serrage sur les parois du trou
 - Une rupture de la tige à son épaulement en fin de tirage.



RIVETS

a) Deux formes de têtes



b) Plusieurs matières

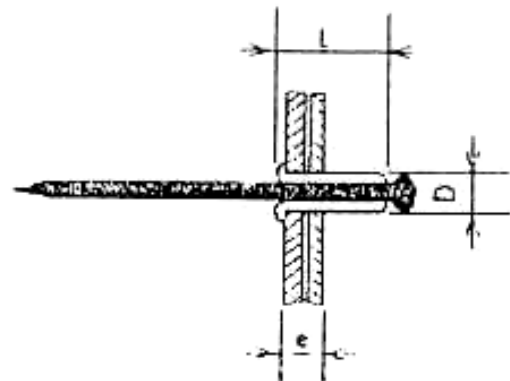
Acier, Acier inoxydable, Alliage d'aluminium, Cuivre etc.

DIAMETRE DU TROU DE PERÇAGE

$$D_p = D + 0,1\text{mm}$$

LONGUEUR DU RIVET A PREVOIR

$$L = e + (D + 1\text{mm})$$



REPRESENTATION DES ASSEMBLAGES VISSÉS

(convention non normalisée)

VIS TETE FRAISEE (Symbole F /90)



VIS TETE RONDE (Symbole R) ou TETE CYLINDRIQUE- BOMBEE (symbole CB)

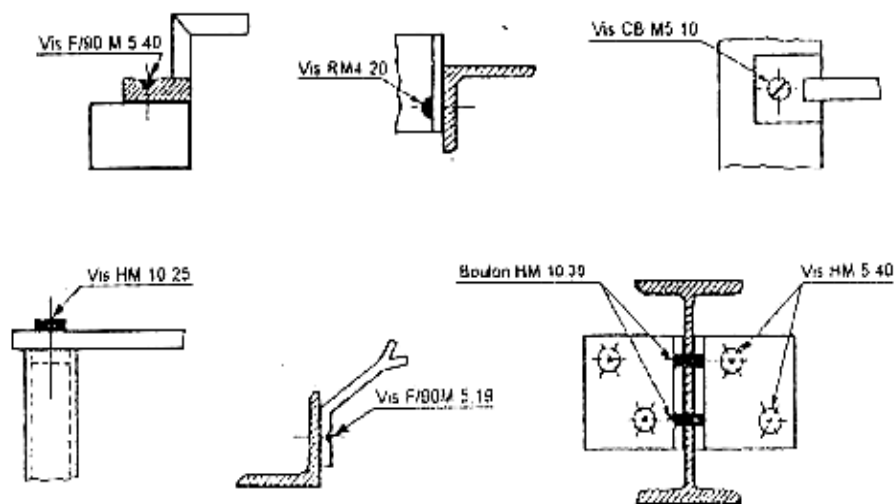


VIS TETE HEXAGONALE (Symbole H)



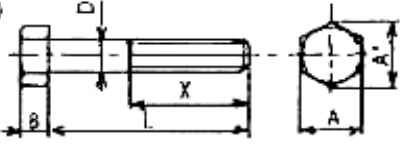
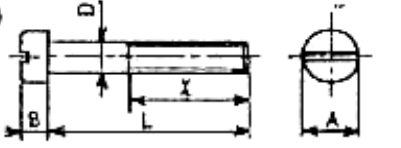
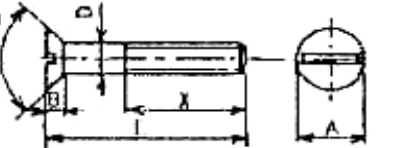
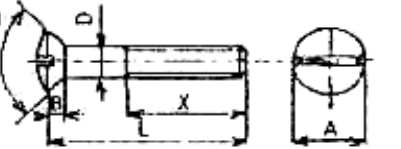
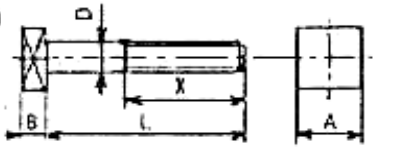
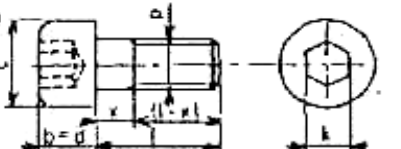
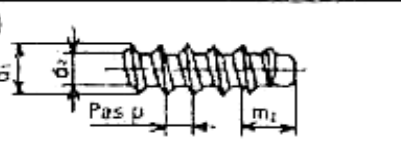
INFORMATIONS COMPLEMENTAIRES AUX REPRESENTATIONS

(Conformes à la normalisation de désignation des visseries)



En complément de la représentation symbolique des assemblages vissés, il est indispensable de donner l'information sur la visserie prévue, pour permettre l'établissement du débit ou de la commande de ces quincailleries.

Vis et boulons d'utilisation courante

QUINCAILLERIE VIS ET BOULONS (1)			
①		Symboles	Désignations
			Vis ou boulon à tête hexagonale Ex. : Vis H 10/45/28
②		H (fig. 1)	Vis à tête cylindrique : Ex. : Vis C8 10/10
③		C (fig. 2)	Vis à tête fraisée à 90° Ex. : Vis F90 6 30/22
④		F90 (fig. 3)	Vis à tête fraisée à 90° bombée : Ex. : Vis F90 B 20/20
⑤		F8/90 (fig. 4)	Corps de boulon, tête carrée normale : Ex. : Boulon Q 14 130/44
⑥		Q (fig. 5)	Vis à tête cylindrique à six pans creux NF E 27-161
⑦		CHc (fig. 6)	Vis pointue à toile (autotaraudeuse) Tête cyl. large Tête fr. plate NF E 27-131 NF E 27-132
⑧		P (fig. 7)	Vis sans pointe Tête fr. bombée Tête hexagon. NF E 27-132 NF E 27-133

TUYAUTERIE

GENERALITES

1. Définition :

Tube ou tuyau désigne un canal ou conduit tubulaire destiné à laisser passer intérieurement un liquide, de la vapeur, des gaz, des fumées, des conducteurs électriques etc.

Les tubes peuvent être réalisés en différents matériaux : acier, cuivre, aluminium, fonte, verre, fibrociment, plastique etc.

2. Les choix d'un tube :

Le choix d'un tube dépend de nombreux facteurs :

a) Son utilisation :

- transport des liquides ou des gaz
- exécution de mobilier tubulaire
- ossature pour la construction etc.

b) Le matériau :

Il dépend de la nature du fluide à véhiculer et du milieu ambiant qui se manifeste par le phénomène de corrosion.

c) La catégorie de tubes

Elle sera en fonction :

- de la pression maximale admissible
- de la température d'emploi
- du procédé d'assemblage
- de la résistance mécanique

3. Recherche de la dimension des tubes :

Le diamètre et l'épaisseur d'un tube sont obtenus par des calculs ou sur un abaque. Le diamètre est fonction de la section de passage qui dépend du débit désiré du fluide. L'épaisseur est choisie en fonction des sollicitations mécaniques (la pression supportée).

Désignation des tubes

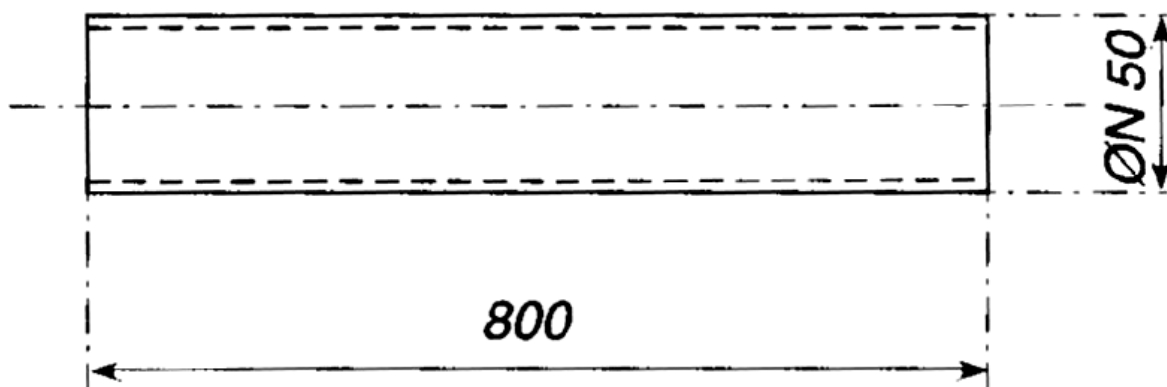
Une fois les caractéristiques des tubes établis la désignation des tubes doivent contenir :

- le diamètre
- l'épaisseur
- la norme

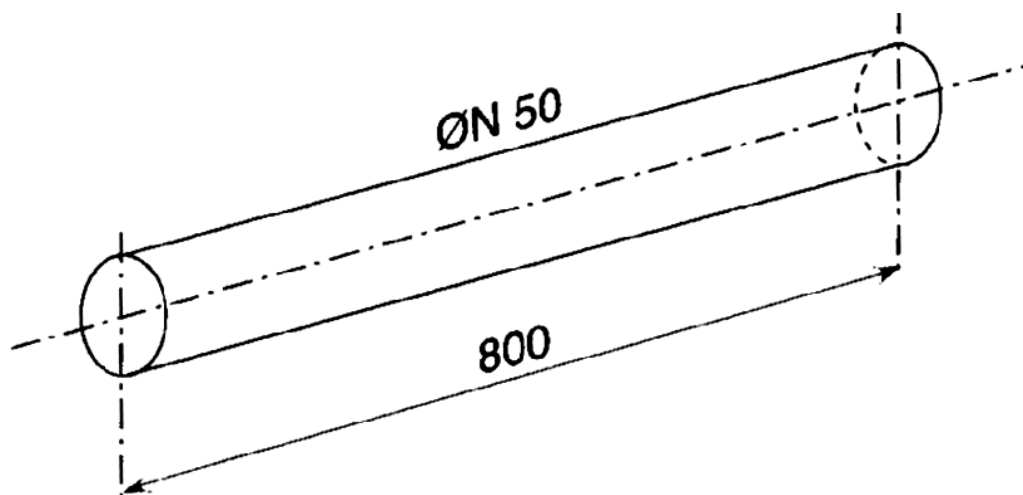
Ex. tube Ø 60,3x3, 2 NF A 49-501 (diamètre 60,3 ; l'épaisseur 3,2 ; norme NF A 49-501)

Représentation d'un tube simple :

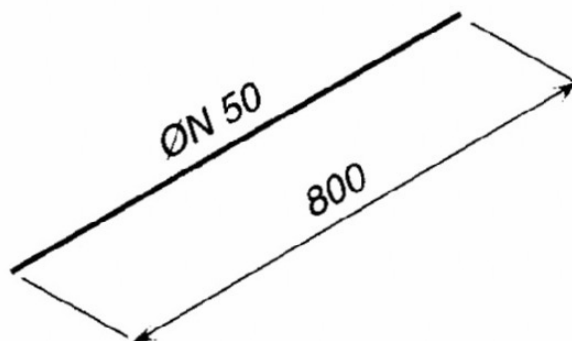
En dessin une tuyauterie se représente comme suit :



En perspective :

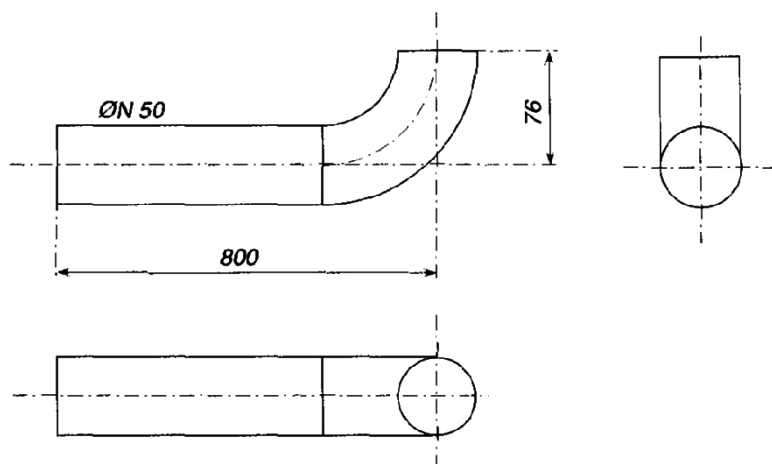


En perspective isométrique unifilaire, ce bout de tube se représente par un simple trait:

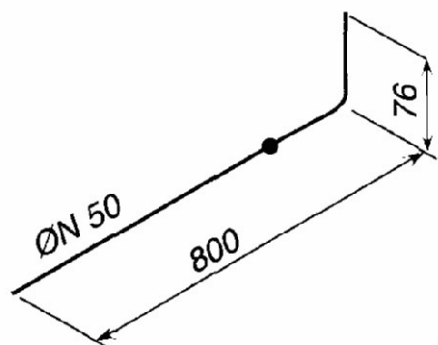


Représentation d'un tube avec une courbe :

Représentation orthogonale bifilaire .



En perspective isométrique unifilaire

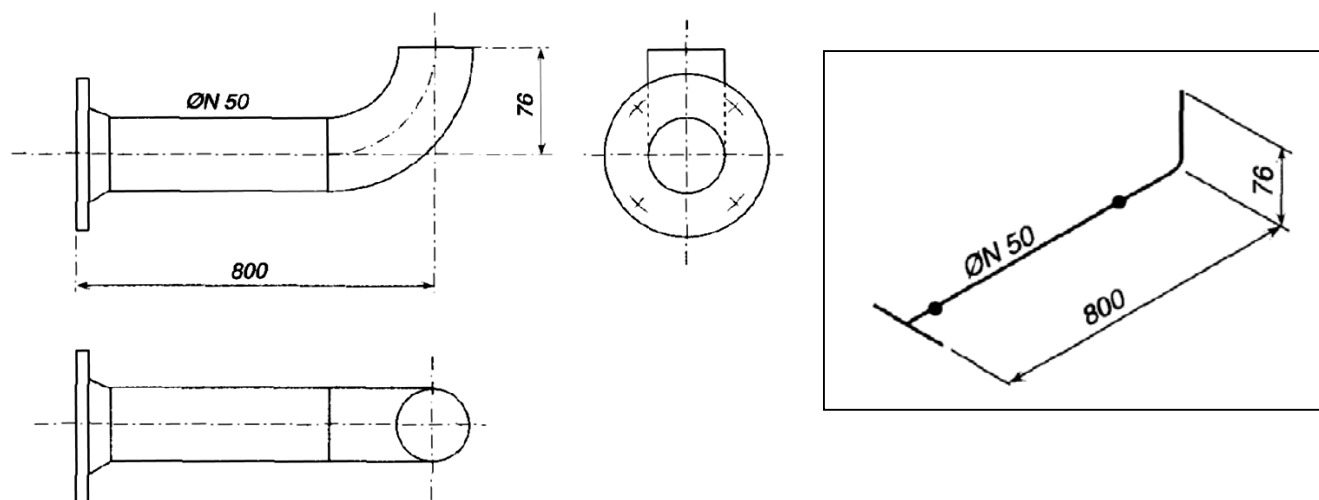


Le point noir représente la soudure.

Cette courbe étant une courbe radio soudée, la longueur du tube sera égale à :

$800 - (\text{encombrement de la courbe} + 1 \text{ écartement})$

Représentation d'un tube avec une courbe et une bride à talon :



La longueur du tube sera égale à :

Encombrement 1 courbe + 800 + encombrement 1 bride + 2 écartements (soudures)

Les brides :

Elles sont déterminées par le diamètre nominal (ØN ou DN) du tube en:

- mm (NF) norme française
- pouce (ASA) norme américaine
- mm (NW) norme allemande

Elles sont également déterminées par la pression d'utilisation ou pression nominale (PN)

- FR. - PN 6, 10, 16, 25, 40, 64) en bar
- AL. - ND 6, 10, 16, 25, 40, 64) kg/cm²
- Am.- ASA - en livres par pouce carré

Elles sont également déterminées par:

- la portée du joint
- le type de bride (plate, à talon, libre, ...)

Exemple:

Dénomination d'une bride talon Øext. 114, épaisseur 6, pression 40 bars, portée de joint surélevée.

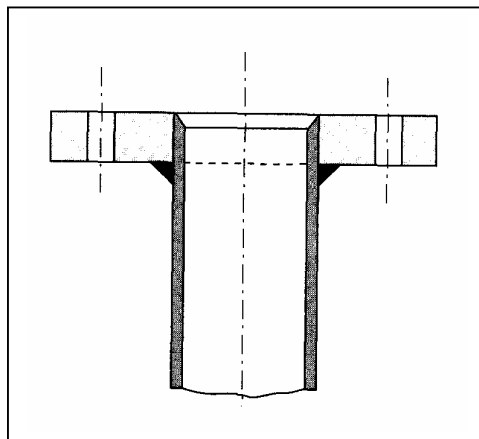
- FR. -NFE29.286 PN40 à DN100

les types de brides :

Brides plates a souder :

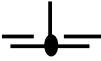
Symbole ISO 

Français: pour ØN de 10 à 1000
PN 10 NFE 29282
PN 16 NFE 29.283

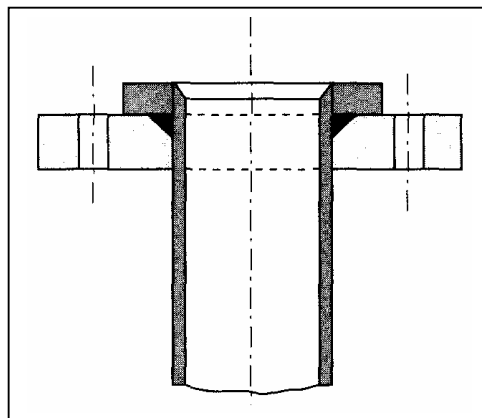


Brides plates sur collet plat soudé :

(brides flottantes, folles, tournantes)

Symbole ISO 

NFE 29.294 pour ØN 50 à 500



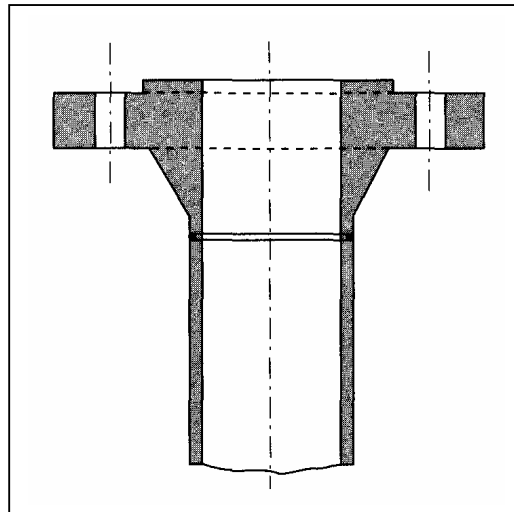
Brides à collerette à souder en bout :

(Bride à talon, pétrole)

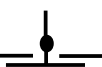
Symbole ISO 

Ø nominal jusqu'à 1000

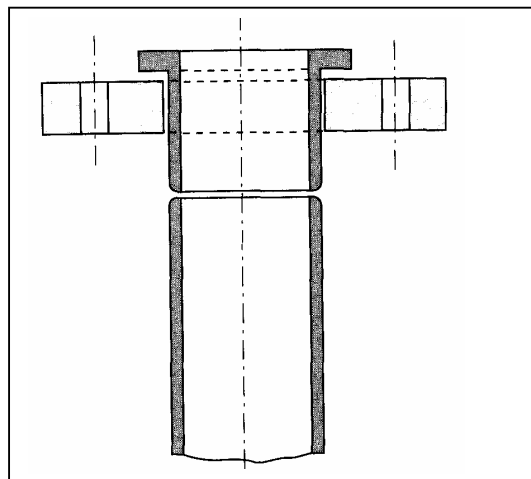
Français: NFE 29.284 pour PN 16
NFE 29.285 pour PN 25
NFE 29.286 pour PN 40
NFE 29.287 pour PN 64



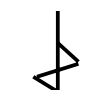
Brides libres sur collet à collerette soudée :

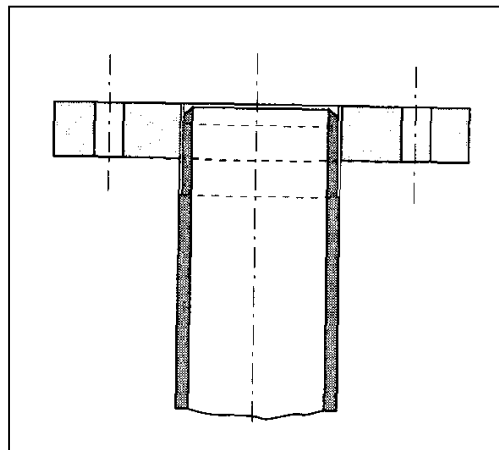
Symbole ISO 

Français: NFE 29.296 PN jusqu'à 500 mm

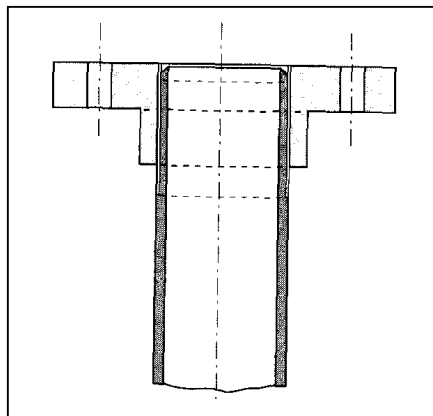


Brides plates filetées rondes :

Symbole ISO 



Brides à collerette filetées rondes :



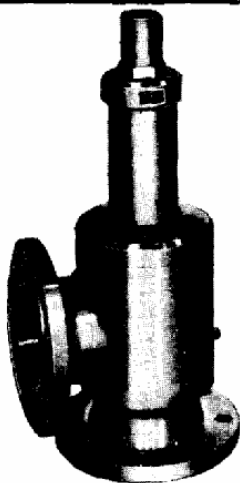
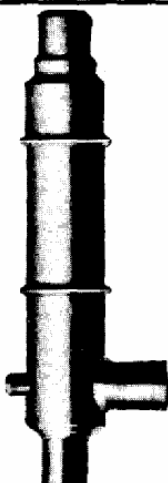
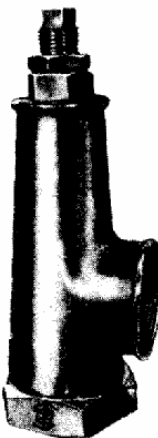
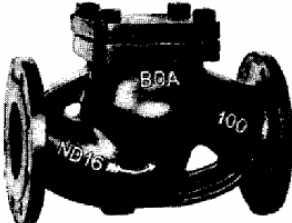
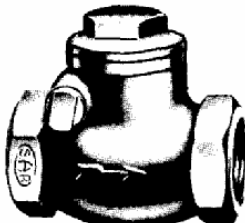
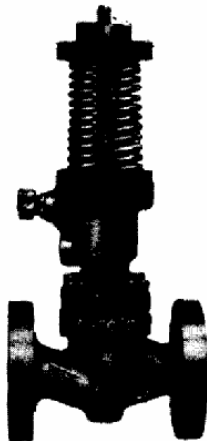
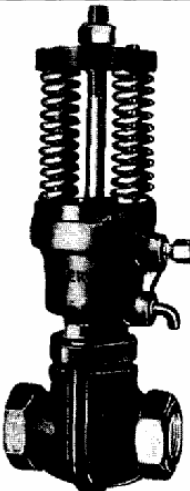
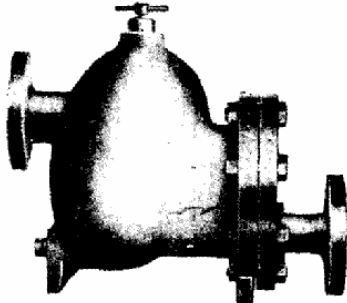
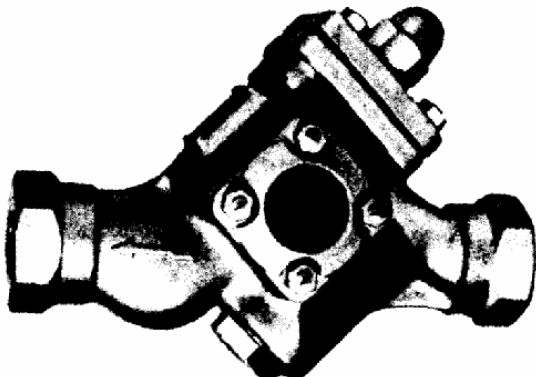
APPAREILS DE ROBINETTERIE

Symboles de raccordement

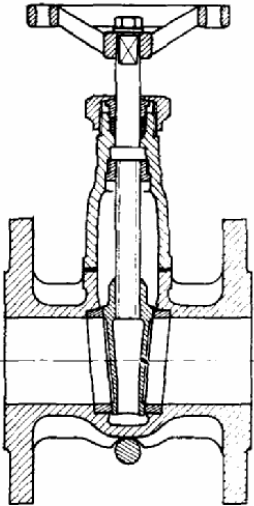
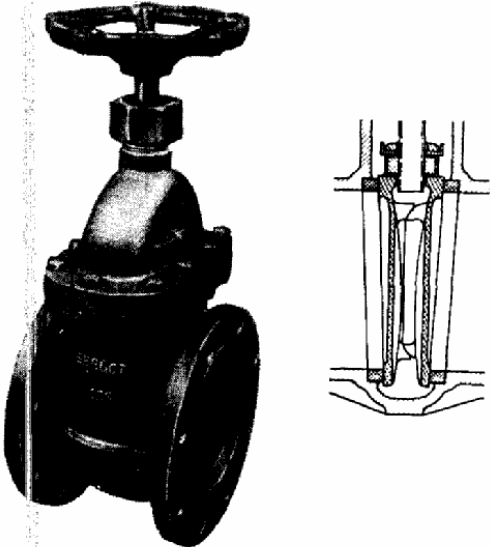
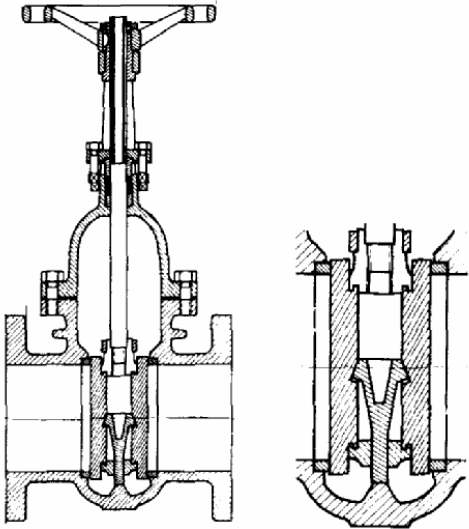
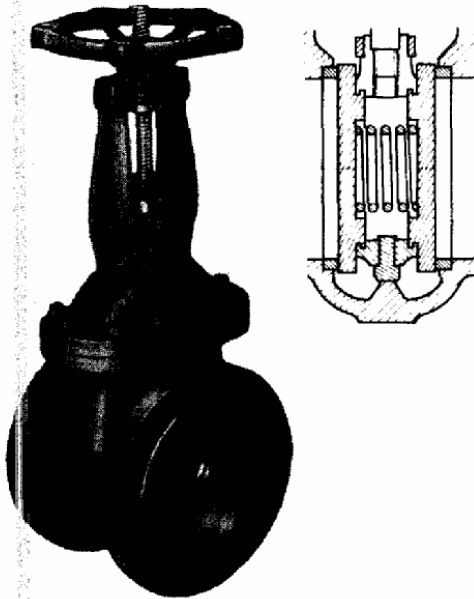
Types		Robinets	Clapets	Appareils
Brides				
Filetage	Abouts filetés			
	Manchons taraudés			
Soudage	par aboutage			
	avec emboîtement			

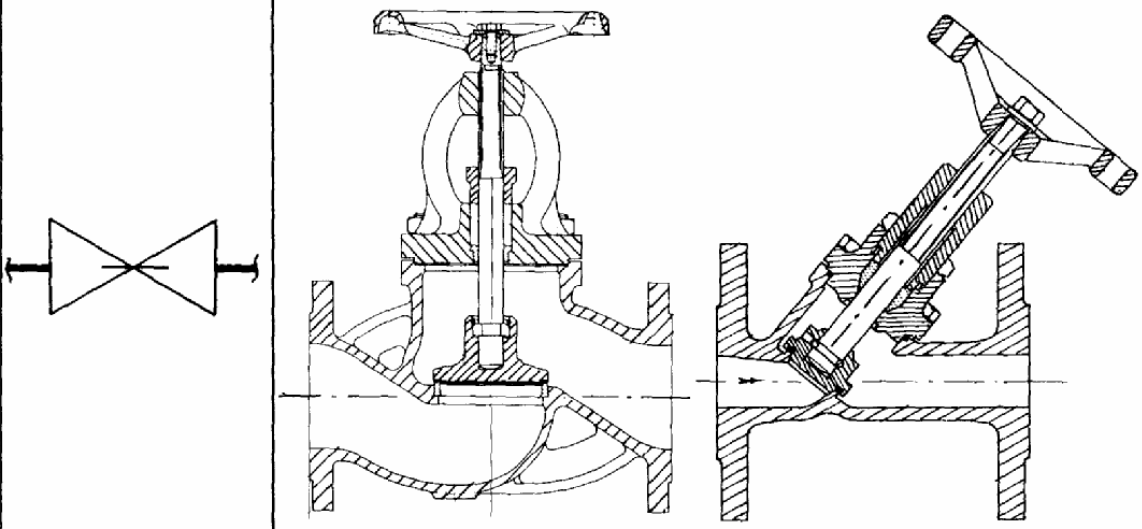
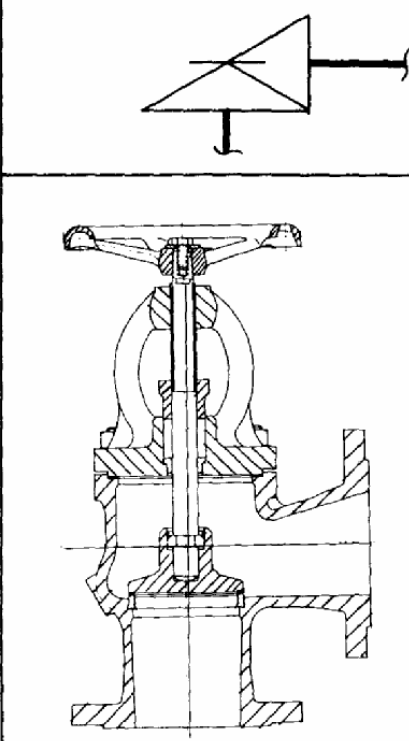
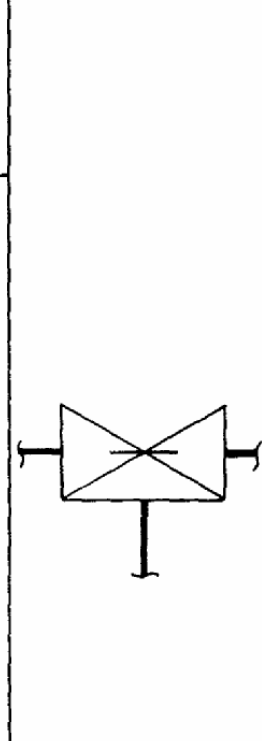
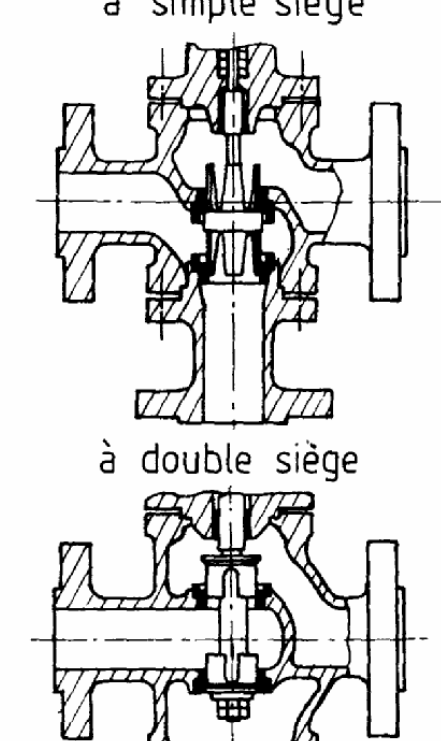
Exemples de raccordement

Robinets - Vannes			
A brides	Par soudage	Filetage	
		Abouts	Manchons

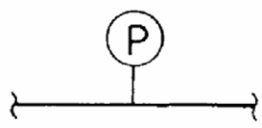
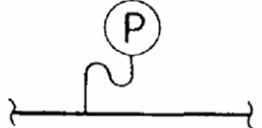
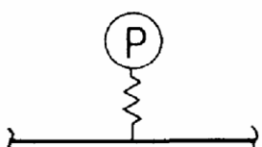
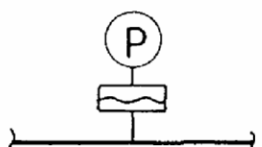
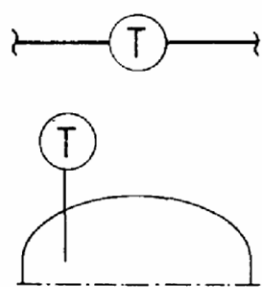
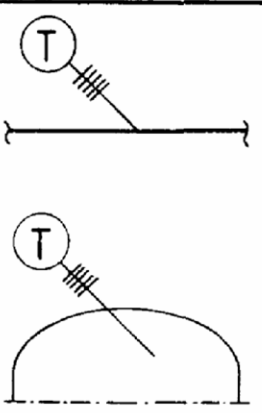
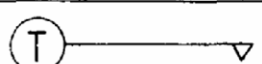
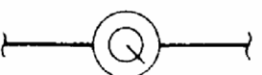
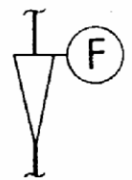
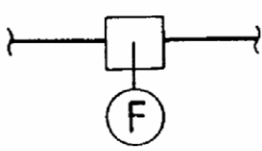
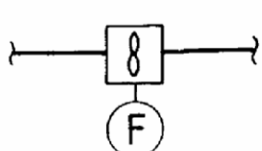
	À BRIDES	PAR SOUDAGE	FILETAGE	
			mâle	femelle
SOUPAPES				
CLAPETS				
DÉTENDEURS	A BRIDES		FILETAGE	
				
PURGEURS				

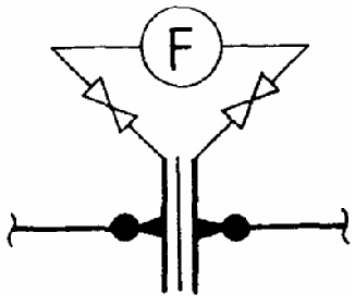
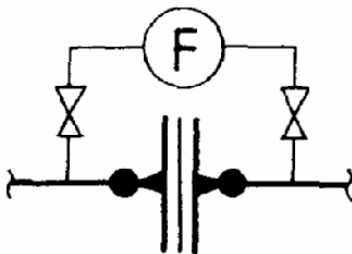
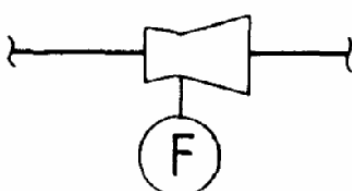
Exemples des différents types d'obturation

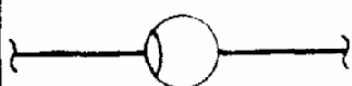
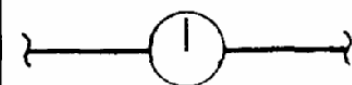
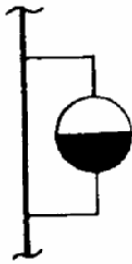
Robinet - Vannes			
SIÈGES OBLIQUES	A opercule monobloc	A opercules bivalves	
			
SIÈGES PARALLÈLES	Opercules à serrage mécanique	Opercules à libre dilatation	
			

Robinet à soupape		
Droit	à siège incliné	
		
D'équerre	A 3 voies	
		à simple siège  à double siège

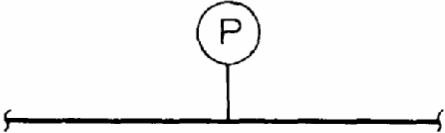
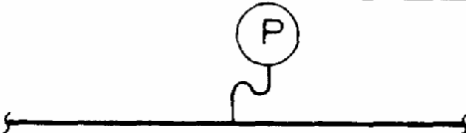
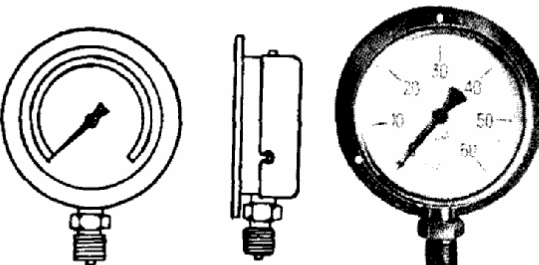
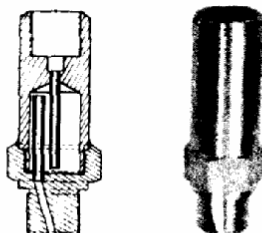
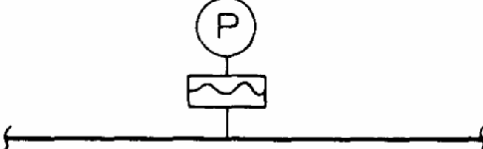
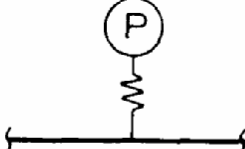
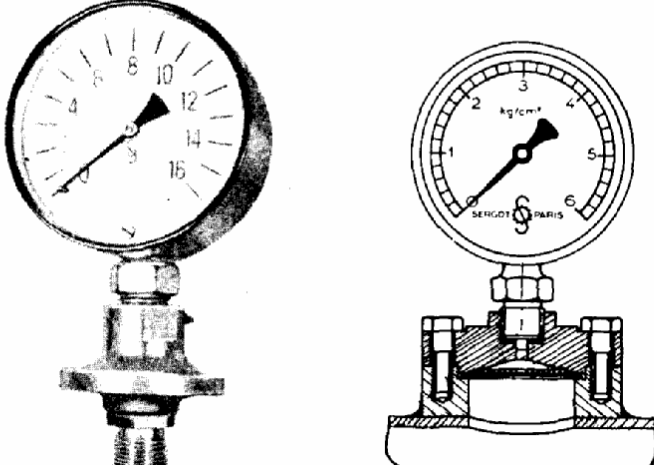
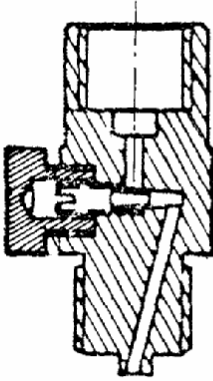
Symboles généraux :

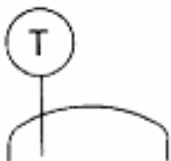
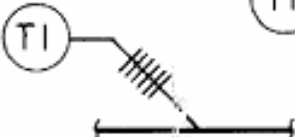
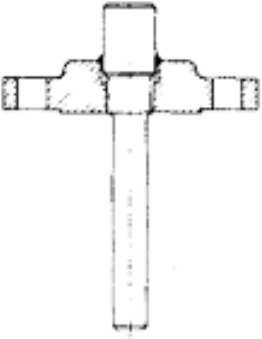
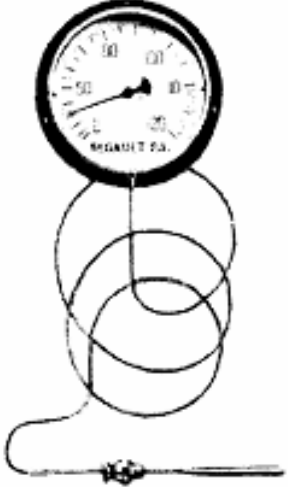
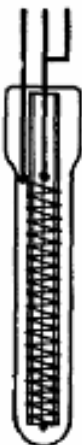
PRESSION			
Manomètre simple		Manomètre avec siphon	
Manomètre avec amortisseur		Manomètre avec séparateur	
TEMPÉRATURE			
Thermomètre simple		Thermomètre à dilatation	
Sonde	à couple thermo-électrique		
	à résistance		
DÉBIT			
Compteur simple		Débimètre à flotteur	
Compteur à palette simple		Compteur à turbine simple	

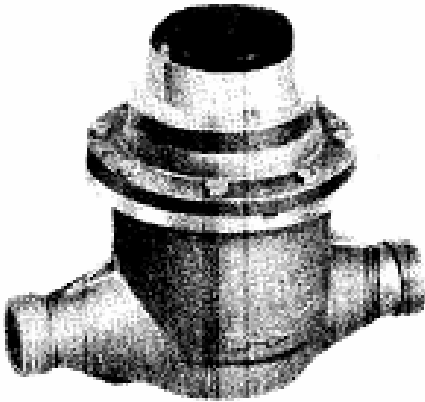
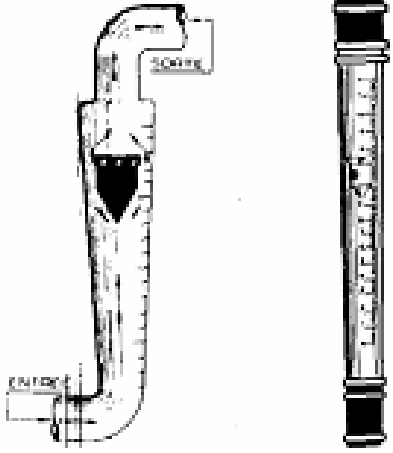
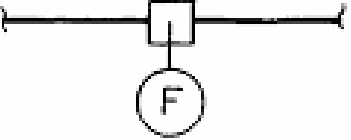
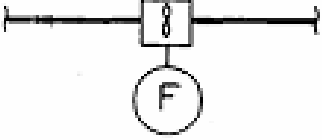
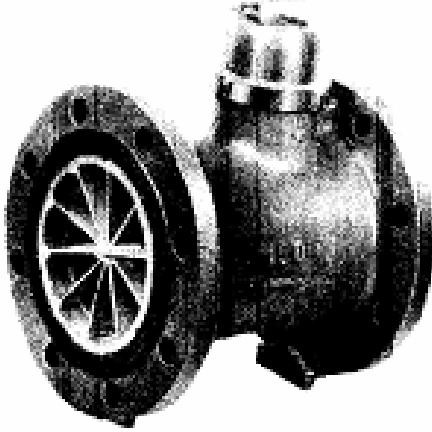
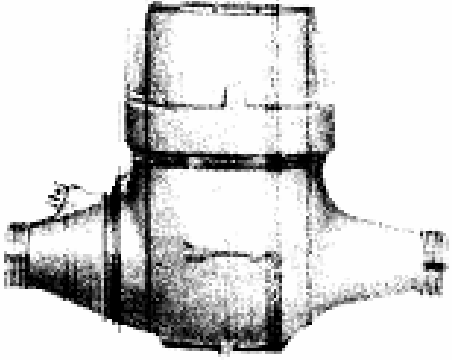
DÉBIT	
Diaphragme avec prise sur les brides	
Diaphragm avec prise sur la tuyauterie	
Tube de venturi simple	

CONTRÔLEURS		
de circulation	regard d'écoulement à vitre d'observation	
	indicateur d'écoulement à voyant	
de niveau		

Exemples d'instruments :

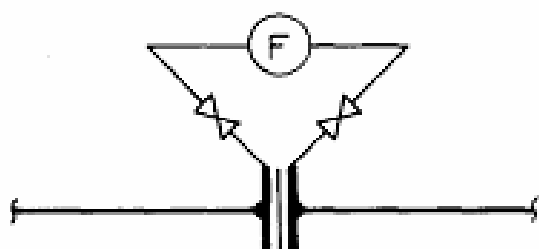
PRESSION	
MANOMÈTRE SIMPLE	AVEC SIPHON
	
	Cor de chasse en 1/2"  Type monobloc (laiton ou acier) 3/8" et 1/2" 
AVEC SÉPARATEUR	AVEC AMORTISSEUR
	
 Pour produits chimiques Pour produits pâteux	

TEMPÉRATURE	
THERMOMÈTRE SIMPLE	THERMOMÈTRE A DILATATION
 	 
DROIT  D'ÉQUERRE 	A PLONGEUR  
SONDE A COUPLE THERMO-ELECTRIQUE	SONDE A RÉSTANCE
	
GAINE POUR PRISE DE TEMPÉRATURE MONTAGE A BRIDE    Schéma de la sonde à résistance.	

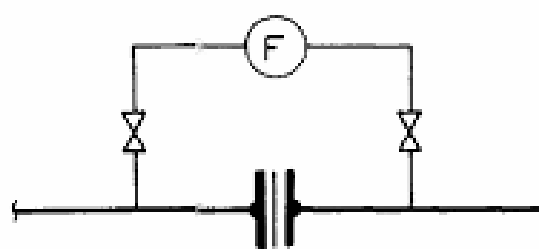
DÉBIT	
COMPTEUR SIMPLE	DEBIMETRE A FLOTTEUR
	
	A LECTURE DIRECTE 
A PALETTE SIMPLE	A TURBINE SIMPLE
	
	

DÉBIT

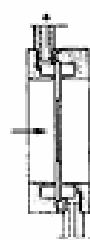
DIAPHRAGME AVEC
PRISES SUR LES BRIDES



DIAPHRAGME AVEC PRISES
SUR LA TUYAUTERIE



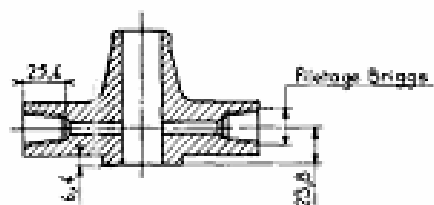
DIAPHRAGME POUR GAZ ET LIQUIDES



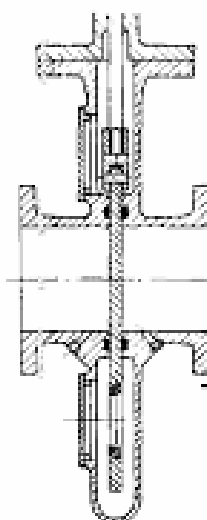
DIAPHRAGME POUR VAPEUR



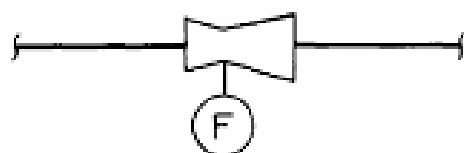
BRIDE A ORIFICES



VANNE A DIAPHRAGME



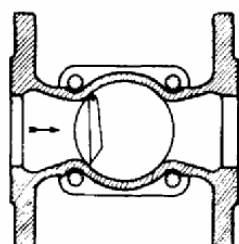
TUBE DE VENTURI SIMPLE



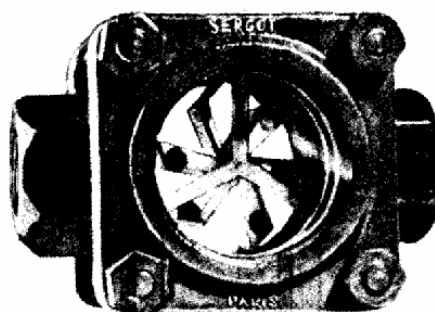
CONTRÔLEURS DE CIRCULATION

INDICATEUR D'ÉCOULEMENT A VOYANT

A DEVERSOIR ET PALETTE INDICATRICE
MODÈLE A BRIDE



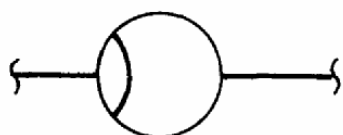
A DOUBLE GLACE "PYREX" ET MOULINET
RILSAN



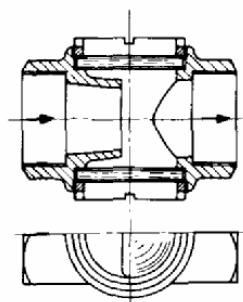
1. Débit proportionné à la grosseur du jet.
2. Débit nul, conduite aval engorgée.
3. Débit selon inclinaison, mais conduite engorgée.
4. Débit nul, conduite amont vide.
5. Débit de gaz ou vapeur, conduite vide de liquide.

REGARD D'ÉCOULEMENT A VITRE D'OBSERVATION

MODÈLE A MANCHONS TARAUDÉS

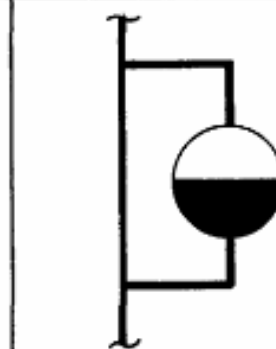
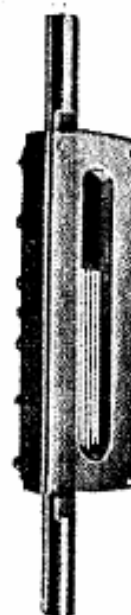
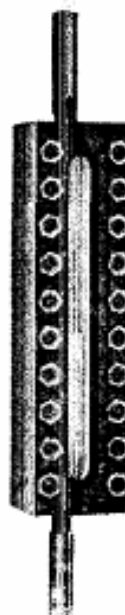
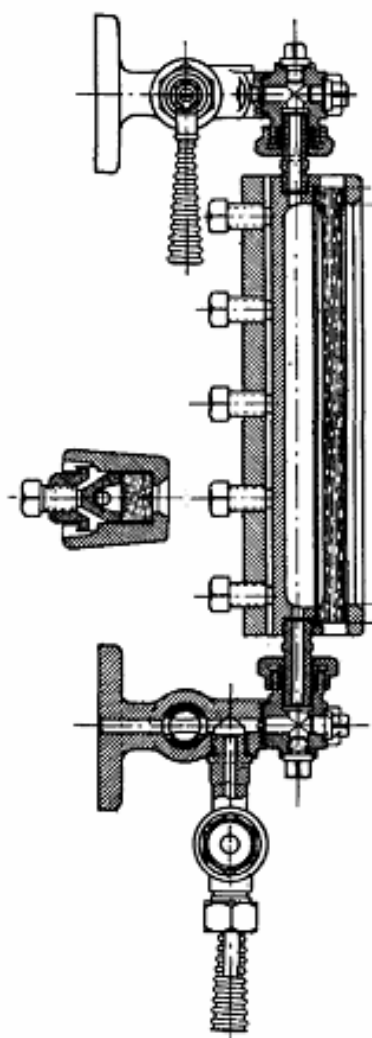


OU

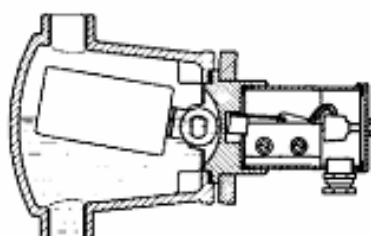


CONTRÔLEURS DE NIVEAU

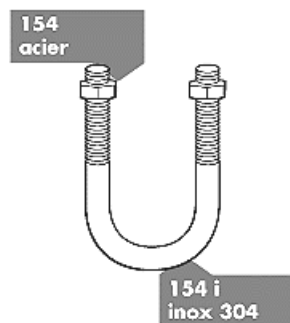
À GLACE



À FLOTTEUR



Supports de tuyauterie :



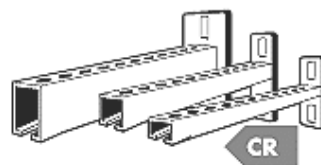
Collier de serrage



Collier M8 galvanisé avec garniture



Rail de fixation



Console de rail

COULEURS CONVENTIONNELLES DES TUYAUTERIES RIGIDES (NFX 08-100)

Les lignes de tuyauterie des plans d'ensemble ou de circulation peuvent être coloriées pour permettre l'identification des fluides liquides ou gazeux circulant dans une installation.

Principe de repérage sur les tuyauteries

Le repérage des fluides dans les tuyauteries est effectué au moyen de trois systèmes de couleurs :

- couleurs de fond permettant de caractériser chaque famille de fluides,
- couleurs d'identification, permettant d'identifier certains fluides particuliers,
- couleurs d'état, indiquant l'état dans lequel se trouve le fluide.

Les couleurs peuvent être apposées :

- soit sur toute la circonférence de la tuyauterie (anneaux),
- soit seulement sur une partie de la circonférence (bandes).

Couleurs de fond

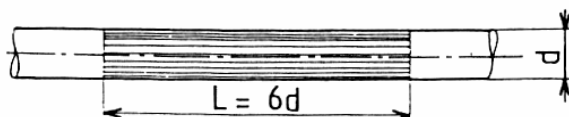
Les fluides sont répartis par familles, chacune des familles étant caractérisée par une couleur de fond spécifiée dans le tableau page 12.

La couleur de fond peut être apposée :

1er cas : sur toute la longueur de la tuyauterie



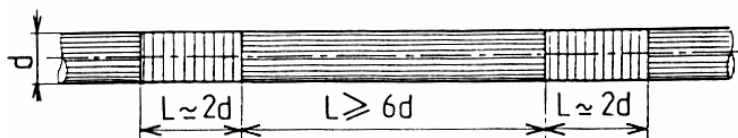
2^{ème} cas : sur une partie seulement de la longueur de la tuyauterie, égale au moins à 6 fois son diamètre



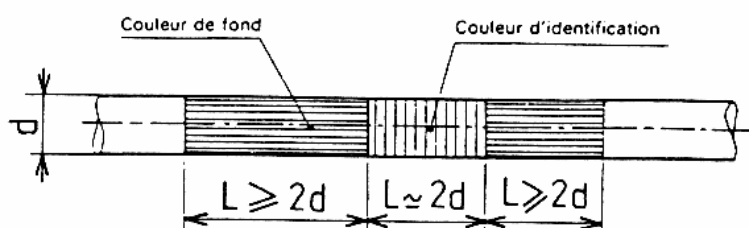
Couleurs d'identification

Dans chacune des familles repérées par une couleur de fond certains fluides sont définis par une couleur d'identification selon les indications du tableau page 12.

1^{er} cas : couleur de fond sur toute la longueur



2^{ème} cas : couleur de fond sur une partie de la longueur



TABEAU DES COULEURS DE FOND ET D'IDENTIFICATION

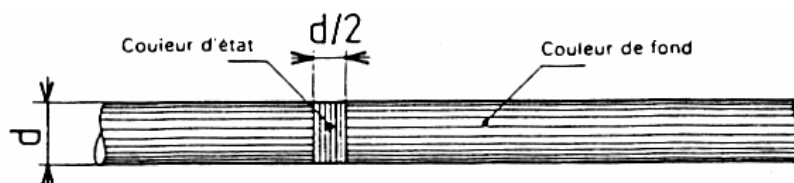
FAMILLES	COULEURS DE FOND	NATURE DU FLUIDE	COULEURS D'IDENTIFICATION
EAU	VERT JAUNE	Eau distillée épurée ou déminéralisée Eau potable Eau non potable Eau de mer Eau d'extinction d'incendie	ROSE MOYEN GRIS CLAIR NOIR NOIR ROUGE ORANGE VIF
HUILES MINERALES, VEGETALES, ET ANIMALES, LIQUIDES COMBUSTIBLES	MARRON CLAIR	Liquides particulièrement inflammables de point d'éclair < 0°C Liquides inflammables de : - points d'éclair < 55 ° C - de point d'éclair ≥ 55° C et dont la température est égale ou supérieure à leur point d'éclair Liquides inflammables de point d'éclair ≥ 55° C et dont la température est inférieure à leur point d'éclair	BLANC VERT JAUNE CLAIR BLEU VIOLET VIF
		Lubrifiants Huiles pour transmission hydraulique	JAUNE MOYEN ORANGE VIF
		Gaz combustibles industriels ou domestiques	ROSE MOYEN
GAZ	JAUNE ORANGE MOYEN	Autres gaz Acétylène Ammoniac Anhydride carbonique Argon Azote Chlore Cyclopropane Ethylène Hydrocarbures chlorofluorés Hélium Hydrogène Oxygène Protoxyde d'azote Mélange respirable Oxygène - Azote	MARRON CLAIR VERT JAUNE CLAIR GRIS FONCE JAUNE MOYEN NOIR GRIS/BLEU ORANGE GRIS VIOLET MOYEN VERT JAUNE MARRON MOYEN ROUGE ORANGE VIF BLANC BLEU VIOLET VIF BLANC ET NOIR
ACIDES ET BASES	VIOLET PALE	Acides Bases	BLANC NOIR
AIR	BLEU CLAIR	Air respirable à usage médical Air pour aspiration médicale	BLANC ET NOIR VERT JAUNE

Couleurs d'état des fluides

Si nécessaire, des indications complémentaires concernant l'état des fluides définis par la couleur de fond et éventuellement par les couleurs d'identification peuvent être données par l'adjonction **des couleurs d'état**.

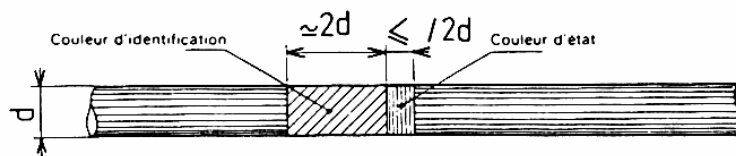
ETAT DU FLUIDE	COULEURS D'ETAT (anneau ou bande)
CHAUD OU SURCHAUFFE	ORANGE GRIS
FROID OU REFROIDI	VIOLET MOYEN
GAZ LIQUEFIE	ROSE MOYEN
GAZ RAREFIE	BLEU CLAIR
POLLUE OU VICIE	MARRON MOYEN
SOUS PRESSION	ROUGE ORANGE VIF

1^{er} Cas :



Les couleurs d'état sont apposées sur toute la largeur de la couleur de fond et se présentent sous forme de rectangles dont la longueur apparente est perpendiculaire à la direction de la tuyauterie et dont la largeur est au plus égale à la moitié de la longueur apparente.

2^{ème} cas :



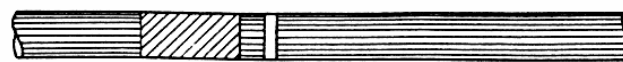
S'il doit y avoir une identification et une indication d'état, les rectangles correspondants doivent être accolés, la largeur du rectangle d'identification étant égale à la longueur du rectangle d'état.

3^{ème} cas :



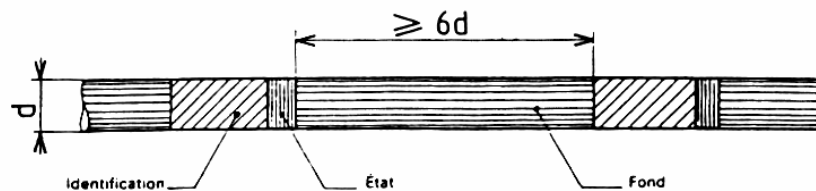
Dans les rares cas où les deux rectangles sont de même couleur, on doit les séparer par un léger intervalle au besoin par un filet blanc ou noir selon la couleur pour obtenir un meilleur contraste.

4^{ème} cas :



On doit procéder de la même façon lorsque la couleur de fond est identique à la couleur d'état ou lorsqu'il y a un manque de contraste entre les deux couleurs.

5^{ème} cas :



Si la couleur de fond est apposée de façon continue, on doit laisser entre les rectangles d'état ou les groupes de rectangles d'identification et d'état, une plage de couleur de fond de longueur au moins égale à 6 fois sa largeur.