OFPPT

ROYAUME DU MAROC

مكتب التكوين المهني وإنعاش الشغل

OFFICE DE LA FORMATION PROFESSIONNELLE ET DE LA PROMOTION DU TRAVAIL
DIRECTION RECHERCHE ET INGENIERIE DE LA FORMATION

RÉSUMÉ THÉORIQUE
&
GUIDE DE TRAVAUX PRATIQUES

MODULE N°: 03	TECHNOLOGIE PROFESSIONNELLE

SECTEUR : CONSTRUCTION METALLIQUE

SPECIALITE : TCM

NIVEAU : TECHNICIEN

DOCUMENT ELABORE PAR :

*L'EQUIPE DU **CDC** GM –POLE **CM***

REVISION LINGUISTIQUE

-
-
-

VALIDATION

-
-
-

LES UTILISATEURS DE CE DOCUMENT SONT INVITES A COMMUNIQUER A LA DRIF TOUTES LES REMARQUES ET SUGGESTIONS AFIN DE LES PRENDRE EN CONSIDERATION POUR L'ENRICHISSEMENT ET L'AMELIORATION DE CE PROGRAMME

DRIF

SOMMAIRE

METALLURGIE

- PROPRIETES PHYSIQUES DES METAUX
  - **METAUX FERREUX**
  - **METAUX NON FERREUX**
  - **COMPARAISON ENTRE LES METAUX FERREUX ET LES METAUX NON FERREUX**
- L’OXYCOUPAGE
- LE ROULAGE
- LA CISAILLE GUILLOTINE
- LE PLIAGE (SUR TOLE)
- POINCONNAGE - GRIGNOTAGE
- POINCONNAGE
- GRIGNOTAGE
- CINTRAGE PAR PRESSION
- TRONÇONNAGE, MEULAGE ET PONÇAGE
- LA RETREINTE
- L’EMBOUTISSAGE ET DE LA RETREINTE
- LA RETREINTE ET DE L'ETIRAGE
- LA RETREINTE ET DE L'ETIRAGE ET L’EMBOUTISSAGE
- LE PERÇAGE
- LE TARAUDAGE
- L’OXYCOUPAGE
- LE CISAILLAGE

- LE PLIAGE
- LE POINCONNAGE/GRIGNOTAGE
- LE TRONCONNAGE
- DÉCOUPAGE PAR PLASMA D'ARC
- SOUDAGE MANUEL AVEC ELECTRODES ENROBEES
- SOUDAGE MIG MAG
- SOUDAGE TIG
- SOUDAGE OXYCETYLENIQUE
- SOUDAGE A L'ARC ELECTRIQUE SOUS FLUX EN POUDRE
- SOUDAGE PAR RESISTANCE
- EXERCICES

MODULE 03 : TECHNOLOGIE PROFESSIONNELLE

CODE :	THEORIE :	75 %	95 H
DUREE : 126 HEURES	TRAVAUX PRATIQUES :	22 %	20 H
RESPONSABILITE : D'ETABLISSEMENT	ÉVALUATION :	3 %	4 H

OBJECTIF OPERATIONNEL DE PREMIER NIVEAU DE COMPORTEMENT

COMPORTEMENT ATTENDU

POUR DEMONTRER SA COMPETENCE, LE STAGIAIRE DOIT **APPLIQUER LES CONNAISSANCES TECHNIQUES DE LA TECHNOLOGIE PROFESSIONNELLE DES METIERS DE LA CONSTRUCTION METALLIQUE** SELON LES CONDITIONS, LES CRITERES ET LES PRECISIONS QUI SUIVENT.

CONDITIONS D'ÉVALUATION

- **TRAVAIL INDIVIDUEL OU EN GROUPE**

- **À PARTIR DE :**
  - PLANS INDUSTRIELS
  - CROQUIS OU DIRECTIVES
  - CAHIER DES CHARGES
  - INFORMATIONS PERTINENTES

- **À L'AIDE DE :**
  - DOCUMENTS TECHNIQUES
  - CATALOGUES FOURNISSEURS
  - NORMES
  - CONSIGNES DIRECTIVES

CRITERES GENERAUX DE PERFORMANCE

- UTILISATION DE LA TECHNOLOGIE NORMALISEE
- CHOIX JUDICIEUX DES MOYENS EMPLOYES
- RESPECT DES REGLES D'HYGIENE ET SECURITE
- MISE EN APPLICATION DES NORMALISATIONS
- CONNAISSANCES GENERALES DES MOYENS DE PRODUCTION

OBJECTIF OPERATIONNEL DE PREMIER NIVEAU DE COMPORTEMENT (SUITE)	
PRECISIONS SUR LE COMPORTEMENT ATTENDU	*CRITERES PARTICULIERS DE PERFORMANCE*
A. DESIGNER LES MATERIAUX (PRODUITS MARCHANDS ET LAMINES) - LES ACIERS NON ALLIES - LES ACIERS FAIBLEMENT ALLIES - LES ACIERS FORTEMENT ALLIES	- CONNAISSANCES GENERALES DE LA METALLURGIE - SAVOIR LA CLASSIFICATION DES MATERIAUX - CONNAITRE LA DESIGNATION NORMALISEE - EXACTITUDE DES DESIGNATIONS
B. CONNAISSANCE DES MOYENS DE MISE EN OEUVRE DU PARC MACHINE - PLIAGE - ROULAGE - POINÇONNAGE - CISAILLAGE - OXYCOUPAGE - SCIAGE	- IDENTIFIER LES DIFFERENTS MATERIELS - MISE EN ŒUVRE DES MACHINES - RESPECT DU PROCESSUS D'UTILISATION - CHOIX DES OUTILS ET DE REGLAGES - CONNAISSANCE DE LA TECHNOLOGIE DE BASE (PLIAGE, CINTRAGE…) - RESPECT DES REGLES D'HYGIENES ET SECURITE
C. IDENTIFIER LES PROCEDES DE SOUDAGE - TIG - MIG / MAG - SAEE - SOA - SPR	- IDENTIFIER LES DIFFERENTS MATERIELS - MISE EN ŒUVRE DES POSTES DE SOUDAGE - RESPECT DU PROCESSUS D'UTILISATION - CHOIX DES METAUX D'APPORTS ET DES REGLAGES - CONNAISSANCE DE LA TECHNOLOGIE DE BASE (LES COURANTS, LES CONSOMMABLES, LES GAZ…) - RESPECT DES REGLES D'HYGIENES ET SECURITE

D. NOTIONS D'ISOSTATISME	- CONNAISSANCE DES PRINCIPES GENERAUX - IDENTIFICATION DE LA REPRESENTATION GEOMETRIQUE ET TECHNOLOGIQUE
E. IDENTIFIER ET DESIGNER LES COMPOSANTS DU COMMERCE	- IDENTIFIER LES PRINCIPAUX COMPOSANTS - NOMMER LES PRINCIPAUX COMPOSANTS - CONNAITRE LES NORMALISATIONS EN VIGUEUR

OBJECTIFS OPERATIONNELS DE SECOND NIVEAU

Le stagiaire doit maîtriser les savoirs, savoir-faire, savoir-percevoir ou savoir-être juges préalables aux apprentissages directement requis pour l'atteinte de l'objectif opérationnel de premier niveau, tels que :

AVANT D'APPRENDRE *A DESIGNER LES MATERIAUX* (A) :

1. POSSEDER LES BASES DE LA METALLURGIE
2. IDENTIFIER UNE NORME

AVANT D'APPRENDRE A *CONNAITRE LES MOYENS DE MISE EN OEUVRE DU PARC MACHINE* (B) :

3. CONNAITRE LE PARC MACHINE
4. IDENTIFIER LES MACHINES ET OUTILLAGES
5. ÊTRE SENSIBILISE AUX REGLES D'HYGIENE ET SECURITE

AVANT D'APPRENDRE A *IDENTIFIER LES PROCEDES DE SOUDAGE* (C) :

6. CONNAISSANCE DU MATERIEL DE SOUDAGE
7. IDENTIFIER LES METAUX D'APPORTS ET ACCESSOIRES
8. SENSIBILISER AUX REGLES D'HYGIENE ET SECURITE

AVANT D'APPRENDRE LA *NOTIONS D'ISOSTATISME (*D) :

9. RECHERCHER LE DEGRE DE LIBERTE
10. RECHERCHER LES DIFFERENTS TYPES D'APPUIS

AVANT D'APPRENDRE A *IDENTIFIER ET DESIGNER LES COMPOSANTS DU COMMERCE* (E) :

11. UTILISER LES DOCUMENTS TECHNIQUES
12. CONNAITRE LA NORMALISATION
13. EXAMINER LES DIFFERENTS COMPOSANTS

METAUX FERREUX ET NON FERREUX

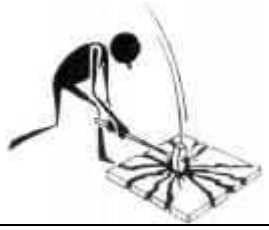
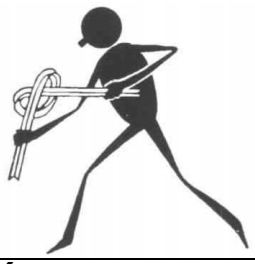
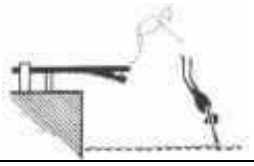
LES PROPRIETES

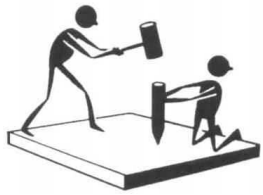
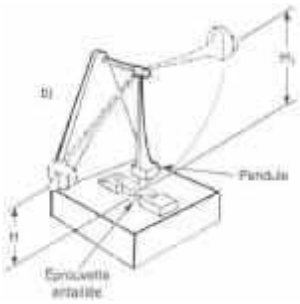
PROPRIETES PHYSIQUES DES METAUX

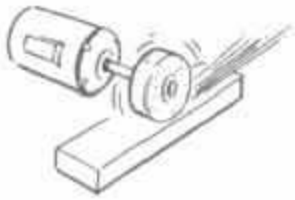
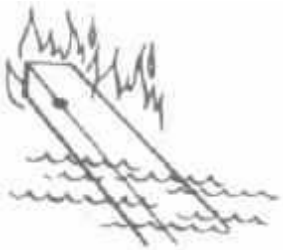
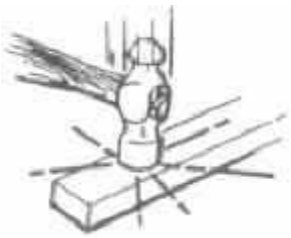
LES METAUX SE DISTINGUENT PAR DES CARACTERISTIQUES PARTICULIERES QUI DETERMINENT LEUR SOUDABILITE ET LEURS UTILISATIONS. AUJOURD'HUI, LA PLUPART DES METAUX UTILISEES SONT DES ALLIAGES. UN ALLIAGE EST UN MELANGE D'UN METAL DE BASE AVEC UN AUTRE METAL DANS LE BUT D'AMELIORER SES PROPRIETES PHYSIQUES

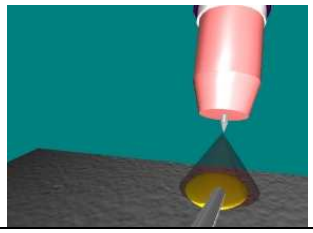
LES METAUX FERREUX, QUI CONTIENNENT DU FER. PAR EXEMPLE, L'ACIER DOUX, LA FONTE, LES ACIERS ALLIES ET LES ACIERS INOXYDABLES SONT DES METAUX FERREUX.

LES METAUX NON FERREUX, QUI NE CONTIENNENT PAS DE FER. L'ALUMINIUM, LE CUIVRE ET LE MAGNESIUM COMPTENT PARMI CES METAUX.

FRAGILITE 	UN METAL FRAGILE EST UN METAL QUI SE ROMPT AU LIEU DE SE DEFORMER. LE VERRE, LA FONTE, LE BETON ET LES CERAMIQUES SONT D'EXCELLENTS EXEMPLES DE MATERIAUX FRAGILES. ILS NE SUPPORTENT PAS LES EFFORTS DE PLIAGE ET SE BRISENT LORS D'UN CHOC OU IMPACT.
DUCTILITE 	UN MATERIAU EST DIT DUCTILE LORSQU'IL PEUT ETRE ETIRE, ALLONGE OU DEFORME SANS SE ROMPRE. DES METAUX COMME L'OR, LE CUIVRE ET L'ACIER DOUX SONT DUCTILES.
ÉLASTICITE 	L'ELASTICITE D'UN METAL DESIGNE SA CAPACITE A REPRENDRE SA FORME, TEL UN RESSORT QUE VOUS ETIREZ ET RELACHEZ. LA LIMITE D'ELASTICITE REPRESENTE LE POINT A PARTIR DUQUEL LA PIECE EST DEFORMEE DE MANIERE PERMANENTE.

DURETE 	LA DURETE D'UN MATERIAU EST DEFINIE COMME LA RESISTANCE QU'IL OPPOSE A LA PENETRATION D'UN CORPS PLUS DUR QUE LUI. PAR EXEMPLE, L'ACIER EST PLUS DUR QUE L'ALUMINIUM, CAR IL EST PLUS DIFFICILE A RAYER. EN D'AUTRES TERMES, LA DURETE DEPEND DE LA FACILITE AVEC LAQUELLE UN CORPS PEUT DEFORMER OU DETRUIRE LA SURFACE D'UN MATERIAU EN Y PENETRANT.
MALLEABILITE 	LA MALLEABILITE EST LA FACILITE AVEC LAQUELLE UN MATERIAU SE LAISSE FAÇONNER, ETENDRE ET APLATIR EN FEUILLE MINCE SOUS UN EFFORT DE COMPRESSION. LES PROCEDES DE COMPRESSION SONT LE FORGEAGE (MARTELEMENT) ET LE LAMINAGE (ROULEAU COMPRESSEUR). L'OR, L'ARGENT, LE FER BLANC ET LE PLOMB SONT TRES MALLEABLES. LA MALLEABILITE CROIT AVEC L'AUGMENTATION DE LA TEMPERATURE.
TENACITE 	CETTE PROPRIETE EST EN QUELQUE SORTE LE CONTRAIRE DE LA FRAGILITE. CONNUE AUSSI SOUS LE TERME DE "RESILIENCE", LA TENACITE EST LA CAPACITE D'UN MATERIAU A RESISTER A LA RUPTURE SOUS L'EFFET D'UN CHOC. PAR EXEMPLE, L'ACIER EST PLUS TENACE QUE LA FONTE, ET LA FONTE PLUS TENACE QUE LE VERRE. LES MACHINISTES-OUTILLEURS ŒUVRANT DANS LA FABRICATION DE SYSTEMES DE POINÇON ET DE MATRICES EN ACIER CONNAISSENT FORT BIEN L'IMPORTANCE DE CETTE PROPRIETE. LORSQUE LES SYSTEMES ONT POUR FONCTION DE DECOUPER DES PLAQUES D'ACIER PAR POINÇONNAGE, IL FAUT QUE LES POINÇONS RESISTENT BIEN AUX CHOCS, SANS SE BRISER NI S'ECAILLER, ETANT DONNE LE RYTHME DE PRODUCTION DE PLUS EN PLUS ELEVE.
RESISTANCE A LA CORROSION 	LA RESISTANCE A LA CORROSION DESIGNE LA CAPACITE D'UN MATERIAU DE NE PAS SE DEGRADER SOUS L'EFFET DE LA COMBINAISON CHIMIQUE DE L'OXYGENE DE L'AIR ET DU METAL. LES ALLIAGES D'ACIER AU NICKEL-CHROME (ACIERS INOXYDABLES), D'ALUMINIUM-SILICIUM-MAGNESIUM ET D'ALUMINIUM-ZINC RESISTENT TOUS BIEN A LA CORROSION.

RESISTANCE A L'ABRASION 	LA RESISTANCE A L'ABRASION DESIGNE LA RESISTANCE D'UN CORPS DUR A L'USURE PAR FROTTEMENT. PLUS UN MATERIAU EST DUR, PLUS IL RESISTE A L'ABRASION. LES ACIERS A OUTILS (A HAUTE TENEUR EN CARBONE), LES ACIERS INOXYDABLES ET LES ACIERS RAPIDES (ACIERS ALLIES TRES DURS) PRESENTENT UNE BONNE RESISTANCE A L'ABRASION. PAR EXEMPLE, POUR MEULER UN ACIER A OUTILS, ON CHOISIT UNE MEULE DIFFERENTE DE CELLE QU'ON UTILISE POUR DE L'ALUMINIUM, QUI, LUI A TRES PEU DE RESISTANCE A L'ABRASION.
DILATATION ET CONTRACTION THERMIQUES 	D'UNE MANIERE GENERALE, LES MATERIAUX SUBISSENT UN ALLONGEMENT SOUS L'EFFET DE LA CHALEUR ; C'EST LA DILATATION. À L'OPPOSE, ILS SUBISSENT UN RACCOURCISSEMENT SOUS L'EFFET DE FROID ; IL S'AGIT DE LA CONTRACTION. LES MATERIAUX NE REAGISSENT PAS TOUS DE LA MEME FAÇON SOUS UNE MEME TEMPERATURE, CAR ILS ONT DES COEFFICIENTS THERMIQUES DIFFERENTS. PAR EXEMPLE, L'ALUMINIUM PEUT SE DILATER ENVIRON DEUX FOIS PLUS QUE L'ACIER SOUS UNE MEME VARIATION DE TEMPERATURE.
LE MAGNETISME	LE MAGNETISME EST LA PROPRIETE DES METAUX FERREUX D'ETRE ATTIRES PAR LES AIMANTS. SEULS LES METAUX FERREUX SONT SENSIBLES AUX AIMANTS LES METAUX NE CONTENANT PAS DE FER, COMME LE CUIVRE, L'ALUMINIUM ET LE LAITON NE SONT DONC PAS SOUMIS AUX EFFETS DU MAGNETISME.
FATIGUE 	LA FATIGUE EST LA DETERIORATION D'UN MATERIAU SOUMIS A DES CHARGES REPETEES. CES SOLLICITATIONS REPETEES SE TERMINENT SOUVENT PAR UNE RUPTURE. MEME SI LES FORCES DE SOLLICITATIONS NE SONT PAS IMPORTANTES, ELLES FINISSENT PAR PROVOQUER LA RUPTURE. IL EXISTE DE NOMBREUX EXEMPLES DE RUPTURE SOUS L'EFFET DE FATIGUE. PENSEZ, PAR EXEMPLE, AUX AILES D'AVIONS, AUX PIECES DE TRANSMISSION, AUX VILEBREQUINS, ETC. LES CHARGES VARIABLES ET LES CONDITIONS DE FONCTIONNEMENT REPETITIVES SOLLICITENT CES ELEMENTS

	CONSTAMMENT.
POINT DE FUSION 	LE POINT DE FUSION D'UN METAL EST LA TEMPERATURE A LAQUELLE IL PASSE A L'ETAT LIQUIDE SOUS L'ACTION DE LA CHALEUR. LE POINT DE FUSION D'UN METAL DETERMINE EN GRANDE PARTIE SA SOUDABILITE. LES METAUX DONT LE POINT DE FUSION EST BAS EXIGENT MOINS DE CHALEUR POUR ETRE SOUDES.
CONDUCTIVITE 	**LA CONDUCTIVITÉ EST LA CAPACITÉ D'UN MATÉRIAU DE CONDUIRE OU DE TRANSFÉRER LA CHALEUR OU L'ÉLECTRICITÉ. LA CONDUCTIVITÉ THERMIQUE EST PARTICULIÈREMENT IMPORTANTE EN SOUDAGE, PUISQU'ELLE DÉTERMINE LA VITESSE À LAQUELLE LE MÉTAL TRANSFÈRE LA CHALEUR DEPUIS LA ZONE THERMIQUEMENT AFFECTÉ (ZTA). LA CONDUCTIVITÉ THERMIQUE D'UN MÉTAL PERMET DE DÉTERMINER LE PRÉCHAUFFAGE NÉCESSAIRE ET LA QUANTITÉ DE CHALEUR REQUISE POUR LE SOUDAGE. PARMI LES MÉTAUX USUELS, LE CUIVRE POSSÈDE LA MEILLEURE CONDUCTIVITÉ THERMIQUE. L'ALUMINIUM POSSÈDE ENVIRON LA MOITIÉ DE LA CONDUCTIVITÉ DU CUIVRE, ET LES ACIERS, SEULEMENT ENVIRON UN DIXIÈME.** LA CONDUCTIVITE ELECTRIQUE EST SURTOUT IMPORTANTE LORSQU'IL S'AGIT DE SOUDER DES METAUX GRACE A DES PROCEDES ELECTRIQUES. PLUS LA TEMPERATURE AUGMENTE, PLUS LA CONDUCTIVITE ELECTRIQUE DIMINUE. LA CONDUCTIVITE ELECTRIQUE S'EXPRIME GENERALEMENT EN POURCENTAGE EN FONCTION DU CUIVRE.

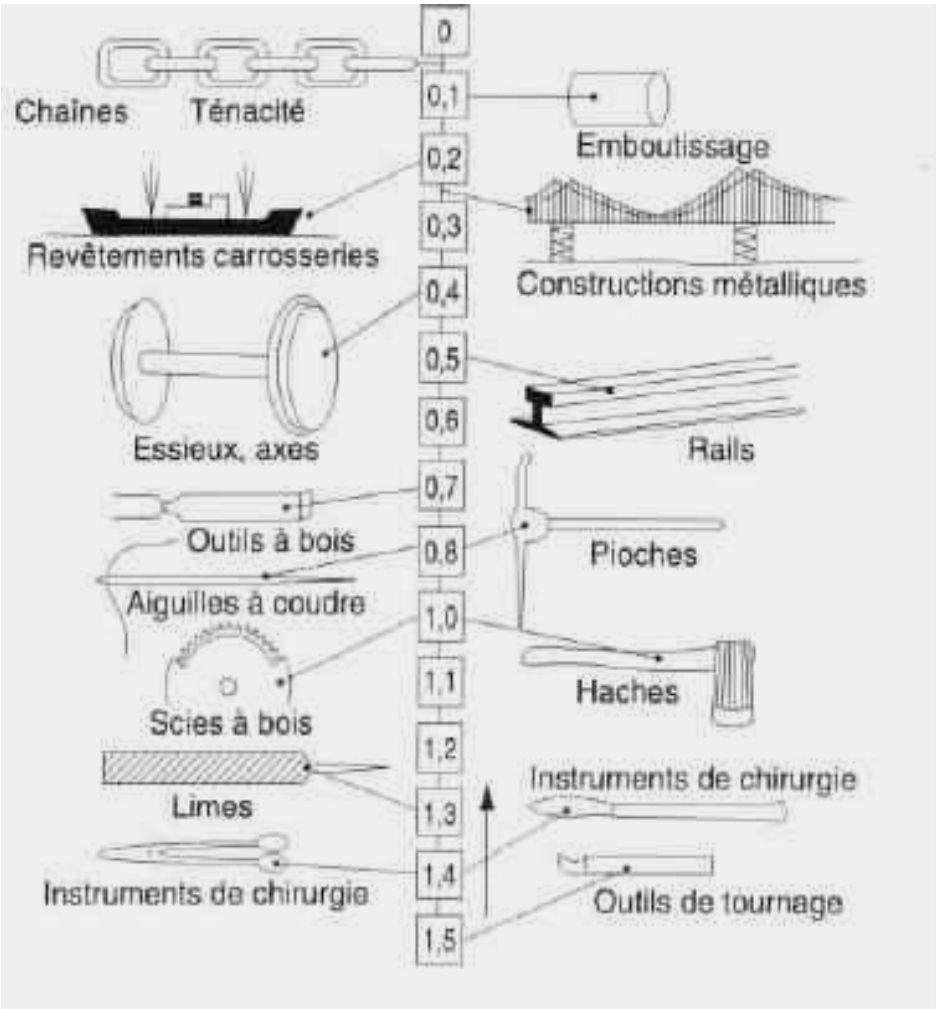
METAUX FERREUX

COMME LEUR NOM L'INDIQUE, LES METAUX FERREUX CONTIENNENT DU FER. C'EST LE CAS DE LA FONTE ET DES ACIERS. LES TABLEAUX ENUMERENT LES PROPRIETES DES METAUX FERREUX USUELS AINSI QUE LES MOYENS DE LES IDENTIFIER.

PROPRIETES DE CERTAINS METAUX FERREUX

METAUX	PROPRIETES
FER DOUX	• DUCTILE • FORGEABLE
FONTE	• FLUIDE • FACILE A COULER
ACIERS AU CARBONE ACIERS FAIBLEMENT ALLIES	• DUCTILES • RESISTANTS
ACIERS ALLIES	PROPRIETES DEPENDANT DE L'ELEMENT PRINCIPAL D'ALLIAGE
ACIERS INOXYDABLES	• RESISTANTS A LA CORROSION

APPLICATIONS DES ACIERS AU CARBONE SELON LEUR TENEUR EN CARBONE



ACIERS DOUX

L'ACIER DOUX EST LE METAL LE PLUS COURANT ET LE PLUS LARGEMENT UTILISE DANS L'INDUSTRIE DE LA TRANSFORMATION DES METAUX. IL SERT A LA FABRICATION D'UNE MULTITUDE DE PIECES, TELLES QUE LES BOULONS, ECROUS, LES RONDELLES, LES ARTICLES EN TOLE. IL CONSTITUE ENVIRON 85% DE LA PRODUCTION DE L'ACIER. IL EST SURTOUT CHOISI POUR SA MALLEABILITE A FROID.

À CAUSE DE LEUR FAIBLE TENEUR EN CARBONE, LES ACIERS DOUX NE PEUVENT ETRE TREMPES PAR TRAITEMENT THERMIQUE. EN REVANCHE, ILS PEUVENT ETRE CEMENTE DANS LE BUT D'AUGMENTER LEUR QUANTITE EN CARBONE EN SURFACE. C'EST POUR CETTE RAISON QUE L'ACIER DOUX EST PARFOIS APPELE ACIER DE CEMENTATION. L'EPAISSEUR DE LA COUCHE CEMENTEE EST HABITUELLEMENT INFERIEURE A 1,2 MM. APRES LA CEMENTATION, LES PIECES

PEUVENT ETRE TREMPEES AFIN DE PROVOQUER UN DURCISSEMENT STRUCTURAL EN SURFACE. SEULE LA SURFACE PENETREE DE CARBONE SUBIRA CETTE TRANSFORMATION. CETTE FORMULE EST UTILISEE LORSQUE L'ON DESIRE UNE SURFACE A LA FOIS DURE ET RESISTANTE A L'USURE ET UN NOYAU TENACE.

ACIERS SEMI-DURS

LES ACIERS SEMI-DURS SE TREMPENT PAR TRAITEMENT THERMIQUE, MAIS DANS CERTAINS CAS, ON A RECOURS A LA CEMENTATION. CES ACIERS OFFRENT UNE MEILLEURE RESISTANCE A LA TRACTION. ON S'EN SERT LARGEMENT COMME ACIERS D'USAGE GENERAL : ESTAMPAGE DE CLES, MARTEAUX, TOURNEVIS, ELEMENTS PREFABRIQUES, RESSORTS, PIECES FORGEES, ETC.

ACIERS ALLIES

LA TREMPE D'UN METAL EST SOUVENT EXECUTEE PAR CHAUFFAGE PUIS REFROIDISSEMENT A L'EAU. AVEC DES PIECES MINCES OU DE PETITES DIMENSIONS, CELA NE POSE AUCUN PROBLEME, CAR LES ACIERS AU CARBONE SONT APPROPRIES POUR CE GENRE DE TRAITEMENT. PAR CONTRE, AVEC LES PIECES DE PLUS GRANDES DIMENSIONS OU PLUS EPAISSES, LE NOYAU SE REFROIDIT PLUS LENTEMENT QUE LA PERIPHERIE LORS DU REFROIDISSEMENT DE LA PIECE. LA DURETE EST ALORS REPARTIE DE FAÇON INEGALE. DE PLUS, DES VARIATIONS DIMENSIONNELLES INEGALES SONT A L'ORIGINE DE TENSIONS A L'INTERIEUR DES ACIERS AU CARBONE. C'EST POUR ELIMINER CES INCONVENIENTS QUE L'ON A DEVELOPPE LES ACIERS ALLIES.

COMPOSITION

LES PROPRIETES PARTICULIERES DES ACIERS D'ALLIAGE SONT DETERMINEES PAR LA QUANTITE ET LES TYPES D'ELEMENTS D'ALLIAGE QU'ILS CONTIENNENT. IL FAUT PRECISER QUE LE CARBONE N'EST PAS CONSIDERE COMME UN ELEMENT D'ALLIAGE. LES ACIERS AU CARBONE N'ENTRENT DONC PAS DANS LA CATEGORIE DES ACIERS ALLIES.

PAR ACIERS ALLIES, ON ENTEND DES ACIERS A TENEUR MODEREE EN ELEMENTS D'ALLIAGE ET QUI EXIGENT UN TRAITEMENT THERMIQUE POUR ACQUERIR LES PROPRIETES CORRESPONDANT A L'USAGE AUQUEL ILS SONT DESTINES. LES ALLIAGES SONT HABITUELLEMENT EMPLOYES DANS LE BUT D'OBTENIR DES PROPRIETES SUPERIEURES. PAR EXEMPLE, LES ELEMENTS D'ALLIAGE PERMETTENT D'OBTENIR :

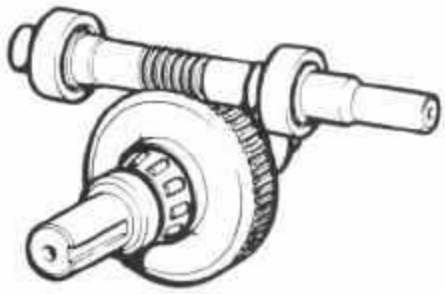
- UNE MEILLEURE ELASTICITE;
- UNE DURETE ACCRUE;
- UNE MEILLEURE TENACITE;
- UNE TEMPERATURE CRITIQUE MODIFIEE (TEMPERATURE A LAQUELLE LE METAL SUBIT UNE PERTE DE SES PROPRIETES);
- UNE RESISTANCE ACCRUE A L'USURE;
- UNE MEILLEURE APTITUDE A LA TREMPE;
- UNE MEILLEURE RESISTANCE A L'OXYDATION.

LES PRINCIPAUX TYPES D'ACIERS ALLIES SONT LES SUIVANTS:

- ACIER AU NICKEL;
- ACIER AU CHROME;
- ACIER AU NICKEL-CHROME;
- ACIER AU NICKEL-CHROME-MOLYBDENE;
- ACIER AU CHROME-MOLYBDENE;
- ACIER AU MANGANESE-MOLYBDENE;
- ACIER DE NITRURATION (DURCISSEMENT DE LA SURFACE PAR ABSORPTION D'AZOTE).

LE PHOSPHORE, LE TUNGSTENE, LE COBALT, LE SILICIUM, LE VANADIUM ET LE SOUFRE ENTRENT PARFOIS DANS LA COMPOSITION DES ACIERS ALLIES.

UTILISATION D'ACIERS ALLIÉS TREMPANT À CŒUR (SANDVIK)



UTILISATIONS

L'UTILISATION DES ACIERS ALLIES EST RELIEE A LEUR DEGRE DE TREMPABILITE ET AUSSI A LEUR TYPE, TREMPANT A CŒUR OU DE CEMENTATION. CES DERNIERS, QUI NE REQUIERENT QU'UNE SURFACE DURE POUR L'USAGE AUQUEL ILS SONT DESTINES, SERVENT A REALISER DES PIECES TELLES QUE DES ENGRENAGES, DES ARBRES, DES RESSORTS ET DES ESSIEUX.

LES ACIERS DE NITRURATION, QUI ENTRENT DANS LA CATEGORIE DES ACIERS DE CEMENTATION, SONT UTILISES POUR LA FABRICATION DE PIECES D'OUTILS, DE MATRICES, DE MOULES, DE BOULONS ET DE DIFFERENTES PIECES DEVANT PRESENTER UNE SURFACE TRES DURE, MAIS N'ETANT PAS SOUMISES A DES EFFORTS EXCESSIFS.

LES ACIERS TREMPANT A CŒUR CONNAISSENT DE TRES LARGES APPLICATIONS, MAIS ON LES CHOISIT SOUVENT LORSQUE LA PROFONDEUR DE TREMPE OU LES PROPRIETES MECANIQUES SONT ESSENTIELLES. PAR EXEMPLE, ON LES UTILISE POUR LES PIECES D'AUTOMOBILES ET D'AVIONS ET LES DISPOSITIFS DE FIXATION SOUMIS A DE DURS EFFORTS.

ACIERS ALLIES ET APPLICATIONS

CATEGORIES D'ACIERS	APPLICATIONS
ACIERS AU NICKEL • NICKEL 3,50 % • NICKEL 5,00 %	VILEBREQUINS, BIELLES, ESSIEUX
ACIERS AU NICKEL-CHROME • NICKEL 0,70 % CHROME 0,70 % • NICKEL 1,25 % CHROME 0,60 % • NICKEL 1,75 % CHROME 1,00 % • NICKEL 3,50 % CHROME 1,50 %	ROUES D'ENGRENAGES, CHAINES, GOUJONS, VIS, ARBRES
ACIERS AU MOLYBDENE • CHROME-MOLYBDENE • NICKEL-CHROME-MOLYBDENE • NICKEL 1,65 % MOLYBDENE 0,25 % • NICKEL 3,25 % MOLYBDENE 0,25 %	ESSIEUX, CAMES, PIECES FORGEES
ACIERS AU CHROME • A FAIBLE TENEUR • A MOYENNE TENEUR	ROULEMENTS A BILLES, BIELLES, RESSORTS

ALLIAGES

VOICI UNE DESCRIPTION DES EFFETS DE QUELQUES ELEMENTS D'ALLIAGE SUR LES ACIERS.

CARBONE

MEME SI LE CARBONE N'EST PAS CONSIDERE COMME UN ELEMENT D'ALLIAGE, IL N'EN CONSTITUE PAS MOINS L'ELEMENT LE PLUS IMPORTANT DANS LA COMPOSITION D'UN ACIER, PUISQUE C'EST LUI QUI EN INFLUENCE LA DURETE, L'APTITUDE A LA TREMPE, LA TENACITE ET LA RESISTANCE A L'USURE. PLUS ON APPROCHE DE 0,85 % DE CARBONE, PLUS L'ACIER EST DUR ET PRESENTE UNE RESISTANCE A LA TRACTION ELEVEE; PAR CONTRE, SA DUCTILITE ET SA SOUDABILITE SONT AMOINDRIES. AU-DELA DE 0,85 % DE CARBONE, L'AJOUT DE CARBONE NE MODIFIE PAS SENSIBLEMENT LA DURETE DE L'ACIER, MAIS CELA LUI CONFERE UNE MEILLEURE RESISTANCE A L'USURE.

MANGANESE

QUELLE QUE SOIT LA TENEUR EN CARBONE DE L'ALLIAGE, LE MANGANESE EN AMELIORE LA QUALITE ET LE FINI DE SURFACE. DE PLUS, IL AUGMENTE LA RESISTANCE ET LA TENACITE DE L'ACIER, TOUT EN AMELIORANT SON APTITUDE A LA TREMPE ET SA RESISTANCE AUX CHOCS. L'AJOUT DE MANGANESE AUX ACIERS SERVANT A LA CEMENTATION LES REND TRES RESISTANTS A L'USURE.

CHROME

LE CHROME AUGMENTE LA DURETE, LA RESISTANCE A LA CORROSION ET A L'OXYDATION AINSI QUE LA RESISTANCE AUX CHOCS. EN CONTREPARTIE, IL DIMINUE UN PEU LA DUCTILITE DE L'ACIER. LE CHROME EST L'ELEMENT ESSENTIEL DES ACIERS INOXYDABLES.

NICKEL

LE NICKEL AMELIORE LA RESISTANCE A LA TRACTION ET LA DUCTILITE DE L'ACIER. IL RESISTE AUX EFFETS DE LA CHALEUR ET DE LA CORROSION.

PHOSPHORE

ON TROUVE LE PHOSPHORE EN GRANDE QUANTITE DANS LES ACIERS D'USINAGE A DECOLLETAGE (TOURNAGE) RAPIDE OU A FAIBLE TENEUR EN CARBONE, CAR IL AMELIORE LES QUALITES D'USINAGE. PLUS LA PROPORTION DE PHOSPHORE AUGMENTE, MOINS L'ALLIAGE EST RESISTANT AUX CHOCS. PAR LE FAIT MEME, SA DUCTILITE S'EN TROUVE REDUITE D'AUTANT.

SOUFRE

ON AJOUTE DU SOUFRE POUR AMELIORER L'USINABILITE DE L'ALLIAGE D'ACIER. CEPENDANT, PLUS L'ALLIAGE CONTIENT DE SOUFRE, MOINS IL EST FACILE A SOUDER.

SILICIUM

LA PRINCIPALE QUALITE DU SILICIUM EST DE SERVIR DE DESOXYDANT LORS DE LA FABRICATION DES ALLIAGES D'ACIER. IL ACCROIT LA RESISTANCE A LA DURETE, MAIS A UN MOINDRE DEGRE QUE LE MANGANESE.

CUIVRE

LE CUIVRE REDUIT L'USINABILITE PAR FORGEAGE MAIS N'INFLUENCE PAS LE SOUDAGE REALISE A L'ARC ELECTRIQUE OU PAR PROCEDE OXYACETYLENIQUE. IL AMELIORE LA RESISTANCE A LA CORROSION ATMOSPHERIQUE LORSQU'IL EST PRESENT DANS L'ALLIAGE DANS UNE PROPORTION SUPERIEURE A 0,15 %.

PLOMB

LE PLOMB AMELIORE L'USINABILITE DE L'ALLIAGE DANS LEQUEL ON LE TROUVE.

ELEMENTS UTILISES DANS LA FABRICATION DES ACIERS

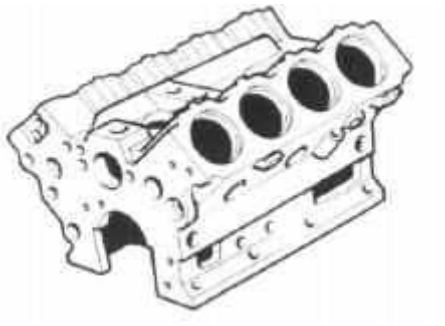
ÉLEMENTS	SYMBOLE CHIMIQUE	EFFETS	UTILISATIONS
ALUMINIUM	**AL**	DECAPANT POUR ELIMINER LES IMPURETES ET AMELIORER LA GROSSEUR DU GRAIN; LIMITE LE GROSSISEMENT DU GRAIN.	FABRICATION DES ACIERS
CARBONE	**C**	AUGMENTE LA DURETE.	ACIERS MOULES A BASSE, MOYENNE OU HAUTE TENEUR EN CARBONE ET ACIERS DE CONSTRUCTION.
CHROME	**CR**	AUGMENTE LA DURETE ET AMELIORE LA RESISTANCE A L'USURE SANS FRAGILITE AUGMENTE LA TENACITE ET LA RESISTANCE A LA CORROSION.	ACIERS INOXYDABLES, OUTILS, TURBINES ACIERS DE CONSTRUCTION PIECES DE MACHINES, RECIPIENTS SOUS PRESSION.
COBALT	**CO**	MAINTIENT LA DURETE DU METAL PORTE AU ROUGE.	FABRICATION DE FOURNEAUX, OUTILS DE COUPE.
CUIVRE	**CU**	AUGMENTE LA RESISTANCE A LA CORROSION ATMOSPHERIQUE; ABAISSE LA TEMPERATURE CRITIQUE.	PROFILES.
ÉTAIN	**SN**	UTILISE COMME REVETEMENT ET POUR EMPECHER LA CORROSION.	INDUSTRIE DE MISE EN CONSERVE.
MANGANESE	**MN**	AFFINE LA STRUCTURE; AUGMENTE LA TENACITE ET LA DUCTILITE.	RAILS, ESSIEUX, BARILLETS D'ARMES A FEU.
MOLYBDENE	**MO**	DURCIT ET AUGMENTE LA TENACITE DES ACIERS.	RECIPIENTS SOUS PRESSION, MOULAGE POUR APPLICATIONS SOUS PRESSION, PIECES DE MACHINES, OUTILS.
NICKEL	**NI**	RESISTE AUX EFFETS DE LA CHALEUR ET A LA CORROSION; AMELIORE LA RESISTANCE A LA TRACTION.	TURBINES FORGEAGE INDUSTRIEL POUR CHARPENTES A HAUTE RESISTANCE, ACIERS INOXYDABLES, RECIPIENTS SOUS PRESSION, RESISTANCE A LA CORROSION.

ÉLEMENTS	SYMBOLE CHIMIQUE	EFFETS	UTILISATIONS
PHOSPHORE	P	AUGMENTE LA LIMITE APPARENTE D'ELASTICITE ET LA TREMPABILITE.	ACIERS FAIBLEMENT ALLIES.
PLOMB	PB	AMELIORE L'USINABILITE AJOUTE A L'ETAIN, IL EST UTILISE POUR EMPECHER LA CORROSION.	DANS UN MILIEU CORROSIF.
SILICIUM	SI	UTILISE POUR AMELIORER LA RESISTANCE A LA TRACTION; AGIT COMME DESOXYDANT EN GENERAL.	MOULAGE DE PRECISION ACIERS A AIMANTS ET POUR EQUIPEMENT ELECTRIQUE.
SOUFRE	S	AMELIORE L'USINABILITE.	PIECES USINEES.
TITANE	TI	AGENT NETTOYANT PREVIENT LA PRECIPITATION DU CARBONE DANS LES ACIERS INOXYDABLES.	ACIERS INOXYDABLES, ACIERS FAIBLEMENT ALLIES.
TUNGSTENE	W	AUGMENTE LA TENACITE, LA DURETE AINSI QUE LA RESISTANCE A L'USURE A DES TEMPERATURES ELEVEES.	ACIERS POUR OUTILS A COUPE RAPIDE, AIMANTS.
VANADIUM	V	DONNE DE LA TENACITE ET DE LA RESISTANCE A LA TRACTION RESISTE A L'ADOUCISSEMENT LORS DE LA TREMPE, RETARDE LE GROSSISSEMENT DU GRAIN A LA TEMPERATURE CRITIQUE.	REVETEMENT DE L'ACIER (GALVANISATION).
ZINC	ZN	RESISTE A LA CORROSION.	FABRICATION DES ACIERS, OUTILS, PIECES DE MACHINES.
ZIRCONIUM	ZR	UTILISE COMME DESOXYDANT ELIMINE L'OXYGENE L'AZOTE ET LES INCLUSIONS D'ELEMENTS NON METALLIQUES LORSQUE L'ACIER EST EN FUSION; STRUCTURE A GRAIN FIN.	TUBES DE CHARPENTE.

FONTES

EN PRINCIPE, LA FONTE EST UN ALLIAGE DE FER ET DE CARBONE DONT LES PROPRIETES PEUVENT ETRE MODIFIEES PAR L'AJOUT DE PETITES QUANTITES DE SILICIUM, DE MANGANESE, DE PHOSPHORE ET DE SOUFRE. LA FONTE EST PRESENTE SOUS TOUTES LES FORMES DE LINGOTS, MAIS ELLE EST PRINCIPALEMENT UTILISEE EN FONDERIE, POUR LA FABRICATION DE PIECES MOULEES

BLOC-CYLINDRES (SANDVIK)



GRACE A SA TENEUR ELEVEE EN CARBONE (DE 2 A 4 %), LA FONTE EST PARTICULIEREMENT FLUIDE A HAUTE TEMPERATURE ET PEUT DONC ETRE COULEE DANS DES MOULES. TOUTEFOIS, LES ALLIAGES FERREUX AYANT UNE TENEUR EN CARBONE COMPRISE ENTRE 1,8 ET 2,5 % NE SONT PAS COURAMMENT UTILISES. LA FONTE SERT A FABRIQUER DES PIECES MOULEES TELLES QUE DES PIECES D'AUTOMOBILES, DE LOCOMOTIVES ET D'EQUIPEMENT AGRICOLE.

LA FONTE RESISTE NETTEMENT MIEUX A LA COMPRESSION QU'A LA TRACTION. PAR AILLEURS, ELLE EST RELATIVEMENT CASSANTE. LES PIECES EN FONTE COMPORTENT ORDINAIREMENT DES SURFACES D'AJUSTAGE QUI SONT GENERALEMENT LES SEULES A NECESSITER UN USINAGE.

LES PROCEDES DE TRANSFORMATION PERMETTENT DE RAFFINER LA FONTE BRUTE EN FONTE GRISE, EN FONTE BLANCHE, EN FONTE MALLEABLE, EN FONTE NODULAIRE ET EN FONTE ALLIEE.

FONTE BRUTE

LA FONTE BRUTE N'A AUCUNE UTILISATION PRATIQUE EN RAISON DE SA TENEUR ELEVEE EN CARBONE. ELLE SERT SURTOUT A FABRIQUER D'AUTRES TYPES DE FONTES ET DES ACIERS.

FONTE GRISE

ON APPELLE FONTE GRISE LA FONTE FAITE D'UN MELANGE DE FONTE BRUTE ET DE REBUTS D'ACIER. DANS LES ENTREPRISES, LA FONTE GRISE EST LA PLUS UTILISEE POUR FABRIQUER DES PIECES COULEES D'USAGE GENERAL LORSQUE LES CONSIDERATIONS DE COUT SONT PRIMORDIALES. LES SURFACES EXPOSEES ONT UNE COLORATION GRIS SOMBRE A CAUSE DE LA PRESENCE DE GRAPHITE (CARBONE CRISTALLISE). PARMI LES CARACTERISTIQUES ESSENTIELLES DE LA FONTE GRISE, ON NOTE SON APTITUDE A AMORTIR LES VIBRATIONS, GRACE A SA

TENEUR ELEVEE EN GRAPHITE, AINSI QUE SA RESISTANCE A L'USURE. À L'AIDE D'UN TRAITEMENT THERMIQUE, ON PEUT TREMPER LA FONTE GRISE AFIN D'AUGMENTER SA DURETE.

FONTE BLANCHE

LA FONTE BLANCHE PROVIENT DE LA SOLIDIFICATION DE LA FONTE DANS DES MOULES EN METAL, UN PROCEDE COMMUNEMENT APPELE MOULAGE EN COQUILLE. AVEC CETTE TECHNIQUE, LE REFROIDISSEMENT RAPIDE DE LA FONTE EN SURFACE CONFERE AUX PIECES UNE SURFACE EXTREMEMENT DURE. LA FONTE BLANCHE EST DONC TRES RESISTANTE A L'USURE; CEPENDANT, ELLE EST TRES CASSANTE ET FRAGILE.

LA FONTE BLANCHE N'EST PAS TRES UTILISEE, CAR IL EST DIFFICILE DE LA COULER ET DE L'USINER. ON L'EMPLOIE QUAND MEME DANS DES APPLICATIONS OU SA DURETE ET SA RESISTANCE A L'ABRASION PEUVENT ETRE EXPLOITEES, PAR EXEMPLE POUR LA FABRICATION DE BROYEURS, DE CYLINDRES, DE DENTS DE GODETS D'EXCAVATRICES, ETC.

LA FONTE BLANCHE PEUT ETRE ADOUCIE PAR RECUIT (CHAUFFAGE SUIVI D'UN REFROIDISSEMENT LENT).

FONTE MALLEABLE

LA FONTE MALLEABLE EST HABITUELLEMENT DE LA FONTE BLANCHE RECUITE. CETTE FONTE EST MALLEABLE COMPARATIVEMENT A LA FONTE GRISE. TOUTEFOIS, SON DEGRE DE MALLEABILITE EST LOIN D'ATTEINDRE CELUI DU PLOMB. CETTE FONTE PRESENTE TOUT DE MEME UNE CERTAINE TENACITE.

LA FONTE MALLEABLE EST UTILISEE POUR DES APPLICATIONS REQUERANT DE LA RESISTANCE MECANIQUE, DE LA DUCTILITE, DE LA RESISTANCE AUX CHOCS ET DE L'USINABILITE. IL EXISTE PLUSIEURS TYPES DE FONTES MALLEABLES, DONT LES PROPRIETES SONT ASSEZ DIFFERENTES. LA FONTE MALLEABLE EST UTILISEE COURAMMENT POUR FABRIQUER DES PIECES TELLES QUE DES ENGRENAGES, DES BATIS, DES JOINTS DE TUYAUTERIE, ETC. CERTAINS TYPES DE FONTES MALLEABLES ONT DES PROPRIETES ASSEZ PROCHES DE CELLES DE L'ACIER POUR ETRE UTILISES DANS LES SITUATIONS QUI EXIGENT UN SURCROIT DE RESISTANCE A L'USURE.

FONTE NODULAIRE

DANS LA FONTE NODULAIRE, AUSSI APPELEE FONTE GS (GRAPHITE SPHEROÏDAL), LE GRAPHITE EST PRESENT SOUS FORME DE PETITES SPHERES (NODULES), FORMEES PAR L'ADDITION DE MAGNESIUM A LA FONTE AVANT LA COULEE. CELA

AMELIORE LA RESISTANCE MECANIQUE, LA TENACITE ET LA RESISTANCE AUX CHOCS. LA FONTE NODULAIRE PEUT ETRE SOUMISE A DES CONTRAINTES ELEVEES. ELLE PEUT EGALEMENT ETRE SOUDEE, CE QUI LA REND COMPARABLE A L'ACIER. ELLE EST SUPERIEURE A LA FONTE GRISE A DE NOMBREUX EGARDS, SAUF EN CE QUI CONCERNE SA CAPACITE D'AMORTISSEMENT ET SA CONDUCTIBILITE THERMIQUE. ELLE PEUT ETRE ADOUCIE PAR RECUIT OU TREMPEE, PARTIELLEMENT OU INTEGRALEMENT, EN COQUILLE OU A L'EAU.

PARMI LES UTILISATIONS TYPIQUES DE LA FONTE NODULAIRE, ON TROUVE LES VILEBREQUINS, LES BATIS DE MACHINES, LES PISTONS, ETC.

FONTE ALLIEE

LA FONTE ALLIEE CONTIENT DES ELEMENTS D'ALLIAGE TELS QUE LE NICKEL, LE CHROME, LE MOLYBDENE, LE CUIVRE OU LE MANGANESE EN QUANTITE SUFFISANTE POUR AMELIORER CERTAINES PROPRIETES PHYSIQUES. HABITUELLEMENT, LA TENEUR EN ALLIAGE EST DE 3 % OU PLUS. CETTE ADDITION D'ALLIAGE PEUT AMELIORER:

- LA RESISTANCE MECANIQUE;
- LA RESISTANCE A L'USURE;
- LA RESISTANCE A LA CORROSION;
- LA RESISTANCE A LA CHALEUR;
- LA CAPACITE D'AMORTISSEMENT DES VIBRATIONS.

LA PLUPART DE CES PROPRIETES SONT RADICALEMENT DIFFERENTES DE CELLES DES AUTRES FONTES. AUSSI, LA FONTE ALLIEE EST-ELLE NORMALEMENT PRODUITE PAR DES FONDERIES SPECIALISEES.

LA FONTE ALLIEE EST LARGEMENT UTILISEE DANS L'INDUSTRIE AUTOMOBILE POUR FABRIQUER DES PIECES TELLES QUE LES CYLINDRES, LES PISTONS, LES CARTERS ET LES TAMBOURS. ON S'EN SERT AUSSI POUR DIVERSES PIECES DE MACHINES ET DIVERS OUTILS OU D'AUTRES ELEMENTS EXPOSES A L'ACTION D'AGENTS ABRASIFS.

RESUME

LE CARBONE JOUE UN ROLE ESSENTIEL DANS LES METAUX FERREUX. IL DETERMINE LA RESISTANCE MECANIQUE ET LA DURETE.

LE FER POSSEDE MOINS DE 0,06 ET 0,2% DE CARBONE, AVEC POSSIBILITE DE CEMENTATION.

L'ACIER SEMI-DUR POSSEDE ENTRE 0,2 ET 0,5% DE CARBONE, AVEC POSSIBILITE DE CEMENTATION OU DE TREMPE.

L'ACIER A OUTILS POSSEDE ENTRE0,5 ET 1,5% DE CARBONE ET EST TREMPABLE PAR TRAITEMENT THERMIQUE.

L’ACIER INOXYDABLE POSSEDE PLUS DE 12% DE CHROME.

LA FONTE POSSEDE PLUS DE 2% DE CARBONE.

PRESQUE AUCUN ALLIAGE FERREUX DONT LA TENEUR EN CARBONE EST COMPRISE ENTRE 1,8 ET 2,5 % N'EST COURAMMENT UTILISE.

LES ACIERS DOUX ET SEMI-DURS SONT DE LOIN LES PLUS UTILISES.

PLUS UN ACIER EST ALLIE, MEILLEURE EST SA QUALITE.

METAUX NON FERREUX

LES DEUX METAUX NON FERREUX LES PLUS ABONDANTS DANS LE MONDE SONT L'ALUMINIUM (SI L'ON CONSIDERE L'ECORCE TERRESTRE) ET LE MAGNESIUM (SI L'ON TIENT COMPTE A LA FOIS DE L'ECORCE TERRESTRE ET DES OCEANS). IL EXISTE UN GRAND NOMBRE DE METAUX DONT L'ELEMENT PRINCIPAL N'EST PAS LE FER, MAIS SEULEMENT QUELQUES-UNS SONT EMPLOYES DANS DES APPLICATIONS TECHNIQUES. LES METAUX NON FERREUX ONT LES PROPRIETES COMMUNES DE NE PAS ETRE ATTIRES PAR UN AIMANT ET DE RESISTER A LA CORROSION.

CARACTERISTIQUES DES METAUX NON FERREUX USUELS

METAL	COULEUR	DENSITE	POINT DE FUSION (°C)	PRINCIPALES PROPRIETES
ALUMINIUM (AL)	BLANC BRILLANT	2,7	660	• LEGER • DUCTILE • MALLEABLE • BON CONDUCTEUR • FORME UNE COUCHE D'OXYDE D'ALUMINIUM
ARGENT (AG)	BLANC BRILLANT	10,5	950	• MALLEABLE • DUCTILE • TRES BON CONDUCTEUR
CUIVRE (CU)	ROUGE BRUN	8,9	1083	• MALLEABLE • DUCTILE • CONDUCTEUR • FORME UNE COUCHE DE VERT-DE-GRIS LORSQU'IL EST EXPOSE A L'HUMIDITE
ÉTAIN (SN)	BLANC	7,3	232	• MALLEABLE • DUCTILE • TRES MOU • FAIBLE RESISTANCE MECANIQUE

				• N'EST PAS TOUCHE PAR L'EAU OU L'AIR
PLOMB (PB)	GRIS BLEUATRE	11,3	327	• MALLEABLE • DUCTILE • MOU • RESISTE A LA CORROSION • MAUVAIS CONDUCTEUR
METAL	**COULEUR**	**DENSITE**	**POINT DE FUSION (℃)**	**PRINCIPALES PROPRIETES**
MAGNESIUM (MG)	BLANC ARGENTE	1,7	650	• MALLEABLE • DUCTILE • RESISTE A LA CORROSION • PEUT BRULER • FAIBLE RESISTANCE MECANIQUE
NICKEL (NI)	BLANC GRISATRE	8,9	1455	• MALLEABLE • DUCTILE • RESISTE A LA CORROSION
ZINC (ZN)	BLANC BLEUATRE	7,2	419	• CASSANT (A LA TEMPERATURE AMBIANTE) • MALLEABLE (200 °C) • RESISTE A LA CORROSION
MANGANESE (MN)	GRISATRE	7,2	1245	• CASSANT • TRES DUR • RESISTANT • S'OXYDE FACILEMENT

ALUMINIUM

PROCEDE DE TRANSFORMATION

LA TRANSFORMATION DE L'ALUMINIUM S'EFFECTUE EN DEUX ETAPES PRINCIPALES:

- FABRICATION DE L'ALUMINE;
- TRANSFORMATION DE L'ALUMINIUM PAR ELECTROLYSE.

LA FABRICATION DE L'ALUMINE SE FAIT A PARTIR D'UN MINERAI APPELE BAUXITE. ON CONCASSE LE MINERAI ET ON LE SECHE A 700 ℃, PUI S ON ADDITIONNE DE LA SOUDE CAUSTIQUE ET ON MELANGE LE TOUT. PLUSIEURS REACTIONS CHIMIQUES ONT LIEU AVANT ET APRES LA DECANTATION ET LA DILUTION DU MELANGE. ON PROCEDE ENSUITE A LA FILTRATION, AU LAVAGE, PUIS A LA CALCINATION A 1300 ℃, CE QUI, PAR REACTION CHIMIQUE, DONNE L'ALUMINE.

LA TRANSFORMATION DE L'ALUMINE SE COMPARE A CELLE DES ACIERS DANS LE FOUR A ARCS ELECTRIQUES. L'ALUMINE FONDUE A HAUTE TEMPERATURE (1000 ℃) PAR LE COURANT DES ELECTRODES EST DECOMPOSEE EN ALUMINIUM ET EN

OXYGENE. L'OXYGENE EST CONSUME PAR LES ANODES ET DEGAGE DU MONOXYDE DE CARBONE (CO). FINALEMENT, ON RECUEILLE L'ALUMINIUM PERIODIQUEMENT POUR EN FAIRE DES LINGOTS OU DES PIECES DIRECTEMENT MOULEES.

SAVIEZ-VOUS QUE...

IDENTIFICATION ET PROPRIETES L'ALUMINIUM EST UN METAL TROP REACTIF AVEC L'OXYGENE POUR EXISTER A L'ETAT LIBRE. CE SONT SES COMPOSES QUI SONT LES PLUS REPANDUS. LES PLUS CONNUS SONT LE MICA ET L'ARGILE. ON TROUVE AUSSI DE L'OXYDE D'ALUMINIUM DANS LA NATURE SOUS FORME DE RUBIS, D'EMERAUDES, DE SAPHIRS ET DE TOPAZES. CES PIERRES PRECIEUSES CONTIENNENT DE PETITES QUANTITES D'OXYDE DE CHROME, DE TITANE, DE MANGANESE ET DE FER QUI LEUR DONNENT LEURS COULEURS PARTICULIERES. ON FABRIQUE DES RUBIS ARTIFICIELS EN AJOUTANT DE L'OXYDE DE CHROME A DE L'OXYDE D'ALUMINIUM EN FUSION, TANDIS QUE L'AJOUT D'OXYDE DE COBALT DONNE DES SAPHIRS BLEUS. CES PIERRES ARTIFICIELLES SONT SOUVENT MIEUX FORMEES QUE LES PIERRES NATURELLES.

L'ALUMINIUM EST UN METAL BLANC TIRANT LEGEREMENT SUR LE BLEU, DONT ON OBTIENT FACILEMENT UN BEAU FINI POLI. IL EST AUSSI LEGER (TROIS FOIS PLUS QUE LE FER) ET TRES MALLEABLE. IL CONDUIT LA CHALEUR TROIS FOIS MIEUX QUE L'ACIER, MAIS SA CONDUCTIVITE DECROIT PLUS RAPIDEMENT LORSQUE LA TEMPERATURE AUGMENTE.

L'ALUMINIUM VIENT AU SECOND RANG DES METAUX LES PLUS EMPLOYES APRES L'ACIER. IL EST LEGER, ROBUSTE, FACILE A USINER, SOUVENT ECONOMIQUE ET IL RESISTE A LA CORROSION. TOUT COMME L'ACIER INOXYDABLE, DES L'INSTANT OU L'ALUMINIUM EST EXPOSE A L'AIR, SA SURFACE SE RECOUVRE D'UNE PELLICULE TRANSPARENTE QUI LE PROTEGE CONTRE TOUTE FORME DE CORROSION. L'ALUMINIUM N'EST PAS MAGNETIQUE, IL EST BON CONDUCTEUR DE CHALEUR ET D'ELECTRICITE.

ALLIAGES

L'USAGE DE L'ALUMINIUM PUR N'EST PAS AUSSI REPANDU QUE CELUI DES SES ALLIAGES. LES UTILISATIONS DE L'ALUMINIUM PUR SONT TRES SPECIALISEES ET LIMITEES A CERTAINES INDUSTRIES: EMBALLAGE ET CONDITIONNEMENT DES ALIMENTS, FABRICATION DE REFLECTEURS DE CHALEUR OU DE LUMIERE, ETC. DE PLUS, IL NE SE COULE PAS AUSSI BIEN A L'ETAT PUR QUE LORSQU'IL EST ALLIE, ET SON USINAGE POSE QUELQUES PROBLEMES EN RAISON DE SA MALLEABILITE.

LES ALLIAGES D'ALUMINIUM OFFRENT UNE RESISTANCE TRES VARIEE. LEUR LIMITE D'ELASTICITE PEUT VARIER ENTRE 5000 ET 7000 LB/PO^2 SELON L'ALLIAGE.

MAGNESIUM

LES ALLIAGES D'ALUMINIUM-MAGNESIUM PEUVENT ETRE FORGES OU COULES, MAIS ILS NE PEUVENT SUBIR DE TRAITEMENT THERMIQUE, A MOINS QU'ILS NE S'AGISSE D'ALLIAGES COULES ET QU'ILS CONTIENNENT PLUS DE 10 % DE MAGNESIUM. MODEREMENT TENACES ET RESISTANTS A LA CORROSION, LES ALLIAGES FORGES SONT UTILISES DANS LA CONSTRUCTION NAVALE, POUR LES TUBES D'USAGE GENERAL, LES PIECES DE TOLERIE, LES STRUCTURES SOUDEES, ETC. LES ALLIAGES COULES SONT UTILISES POUR FABRIQUER DES RESERVOIRS ET DES RECIPIENTS, DES COMPOSANTS D'AVIONS ET DE BATEAUX AINSI QUE DES PIECES D'ARCHITECTURE.

DURALUMIN

LE DURALUMIN EST UN ALLIAGE D'ALUMINIUM, DE CUIVRE, DE MAGNESIUM, DE MANGANESE, DE SILICIUM ET DE FER. TRES LEGER, IL DURCIT PAR VIEILLISSEMENT (DURCISSEMENT GRADUEL A LA TEMPERATURE AMBIANTE). COMME IL RESISTE BIEN A LA CORROSION, LE DURALUMIN EST IDEAL DANS LES DOMAINES DE L'AVIATION ET DE L'AUTOMOBILE.

MANGANESE

LES ALLIAGES D'ALUMINIUM-MANGANESE PEUVENT ETRE DURCIS UNIQUEMENT PAR TRAVAIL A FROID (FORGEAGE). LA PLUPART DE CES ALLIAGES SE PRETENT BIEN AU FORMAGE ET AU SOUDAGE. ON UTILISE CE TYPE D'ALLIAGES ESSENTIELLEMENT POUR LES OUVRAGES STRUCTURAUX, LES TOLES, LES RECIPIENTS, ETC.

ZINC

LES ALLIAGES D'ALUMINIUM-ZINC CONTIENNENT, EN PLUS DU ZINC, D'AUTRES ELEMENTS COMME LE CUIVRE ET LE MAGNESIUM. ON OBTIENT AINSI CERTAINS ALLIAGES D'ALUMINIUM PARMI LES PLUS ROBUSTES. LE DURCISSEMENT SE FAIT PAR VIEILLISSEMENT. CES ALLIAGES SONT PRINCIPALEMENT EMPLOYES DANS L'INDUSTRIE AEROSPATIALE POUR LES STRUCTURES D'AVIONS ET POUR DES PIECES SOUMISES A DES CONTRAINTES ELEVEES.

SILICIUM

LES ALLIAGES D'ALUMINIUM-SILICIUM SONT TRES FACILES A COUPER, CE QUI PERMET DE REALISER DES FORMES COMPLEXES ET DES PIECES A PAROIS MINCES. ON LES TROUVE SURTOUT DANS L'INDUSTRIE AUTOMOBILE: CORPS DE CARBURATEURS, PISTONS DE MOTEURS, BLOCS-CYLINDRES, ETC. DE PLUS EN PLUS DE PIECES SONT COULEES A PARTIR D'ALLIAGES D'ALUMINIUM EN RAISON DE LA LEGERETE DE CE METAL.

SILICIUM-MAGNESIUM

LES ALLIAGES D'ALUMINIUM-SILICIUM-MAGNESIUM PEUVENT ETRE SOUMIS A UN TRAITEMENT THERMIQUE ET ONT UNE EXTREME RESISTANCE A LA CORROSION. CERTAINS ALLIAGES SONT EMPLOYES EN GENERAL POUR LA FABRICATION DE BOITES, DE PETITES EMBARCATIONS, DE GARDE-FOUS DE PONTS, DE CARTERS, ETC.

MAGNESIUM

LE MAGNESIUM EST PRODUIT EN GRANDE QUANTITE A PARTIR DE L'EAU DE MER. IL S'AGIT D'UN METAL BLANC ARGENTE TRES LEGER QUI RESSEMBLE A L'ALUMINIUM. CEPENDANT, IL S'OXYDE FACILEMENT ET SA SURFACE SE COUVRE ALORS D'UNE PELLICULE GRISATRE. IL EST MODEREMENT RESISTANT AUX PRODUITS CHIMIQUES TELS QUE LES ACIDES, L'ALCOOL, LE PHENOL, LES HYDROCARBURES, LES HUILES, ETC. IL RISQUE DE S'ENFLAMMER LORSQU'IL EST CHAUFFE A L'AIR LIBRE. IL EST N'EST DONC PAS FACILEMENT SOUDABLE, SAUF S'IL EST ALLIE A DU MANGANESE OU DE L'ALUMINIUM.

LE MAGNESIUM EST EMPLOYE COMME DESOXYDANT POUR LE LAITON, LE BRONZE, LE NICKEL ET L'ARGENT. EN RAISON DE SA LEGERETE, ON L'UTILISE POUR FABRIQUER DES PIECES D'AVIONS. LES ALLIAGES DE MAGNESIUM SE RETROUVENT, PAR EXEMPLE, DANS LES MACHINES A COUDRE ET LES MACHINES A ECRIRE.

CUIVRE

LE CUIVRE EST VENDU SOUS LES MEMES FORMES QUE LES ACIERS. TRES DUCTILE ET MALLEABLE, ON PEUT AUSSI L'OBTENIR SOUS FORME DE FILS, DE TOLES, DE TUBES, DE FORGEAGES ET DE PIECES MOULEES.

IDENTIFICATION ET PROPRIETES

LE CUIVRE EST UN METAL BRUN TIRANT LEGEREMENT SUR LE ROUGE. IL PERMET D'OBTENIR FACILEMENT UN BEAU FINI POLI. IL EST ASSEZ LEGER.

LE CUIVRE VIENT AU TROISIEME RANG DES METAUX LES PLUS UTILISES APRES L'ACIER ET L'ALUMINIUM. C'EST LE PREMIER METAL A AVOIR ETE UTILISE PAR L'ETRE HUMAIN. SES PROPRIETES SONT MULTIPLES, MAIS IL SE DISTINGUE SURTOUT PAR SA BONNE CONDUCTIBILITE ELECTRIQUE. LE CUIVRE EST FACILE A METTRE EN FORME. IL POSSEDE UNE GRANDE RESISTANCE AUX INTEMPERIES ET DE BONNES CARACTERISTIQUES MECANIQUES. LE CUIVRE TERNIT MAIS NE ROUILLE PAS. IL POSSEDE NEANMOINS UNE FAIBLE RESISTANCE A CERTAINS ACIDES. UNE PELLICULE ADHERENTE SE FORME SUR LES ALLIAGES DE CUIVRE, LES PROTEGEANT AINSI CONTRE LA CORROSION. TOUT COMME L'ALUMINIUM, LES ALLIAGES SONT PLUS RESISTANTS QUE LE METAL PUR.

LE CUIVRE A L'ETAT PUR EST UTILISE POUR FABRIQUER DES FILS ELECTRIQUES, DE L'APPAREILLAGE DE COMMUNICATION, DE LA TUYAUTERIE, DES TOITURES, ETC. LORSQU'IL EST A L'ETAT PUR, IL SE COUVRE D'UNE COUCHE D'HYDROCARBONATE (VERT-DE-GRIS) AU CONTACT DE L'AIR HUMIDE CHARGE DE GAZ CARBONIQUE.

LAITONS

IDENTIFICATION ET PROPRIETES

ON RECONNAIT FACILEMENT LE LAITON A SA COULEUR PASSANT DU ROUGE CUIVRE, POUR LES ALLIAGES RICHES EN CUIVRE, JUSQU'AU JAUNE POUR LES ALLIAGES QUI CONTIENNENT UN PEU PLUS DE 36 % DE ZINC, COMME C'EST LE CAS DES ALLIAGES LES PLUS SOUVENT UTILISES DANS LES ATELIERS D'USINAGE. ON PEUT FACILEMENT OBTENIR UN BEAU FINI LISSE.

LE LAITON EST UN ALLIAGE DE CUIVRE ET DE ZINC DONT LA TENEUR EN ZINC PEUT EXCEDER 50 %. CHAQUE TYPE DE LAITON PRESENTE DES CARACTERISTIQUES PARTICULIERES. ON APPORTE D'IMPORTANTES MODIFICATIONS A CES ALLIAGES EN AJOUTANT, EN FAIBLE QUANTITE, DES ELEMENTS COMME LE PLOMB, L'ALUMINIUM, L'ETAIN, LE FER, LE MANGANESE, LE NICKEL ET LE SILICIUM. LE LAITON POSSEDE UNE BONNE RESISTANCE A LA CORROSION ET AUX CONTRAINTES MECANIQUES, AINSI QU'UNE DUCTILITE ET UNE MALLEABILITE ASSEZ ELEVEES, MAIS MOINDRES QUE CELLES DU CUIVRE ET DE L'ALUMINIUM PURS.

LES QUALITES DU LAITON FONT EN SORTE QU'IL PEUT SERVIR A LA FABRICATION D'ACCESSOIRES ELECTRIQUES, DE RACCORDS, DE RIVETS, DE TUYAUX, DE PIECES EMBOUTIES, DE TUBES ET DE TOLES. ON CHOISIT LE LAITON A GRANDE TENACITE POUR LES PIECES DE STRUCTURES NECESSITANT UNE GRANDE RESISTANCE.

LE LAITON JAUNE EST UTILISE DANS LA FABRICATION DE CONDUITS (RADIATEURS, SYSTEMES DE CLIMATISATION, BORNES D'ACCUMULATEURS, ETC.) ET DE DIFFERENTES PETITES PIECES COULEES. CET ALLIAGE EST UTILISE LORSQU'ON DOIT OBTENIR DES PIECES QUI S'USINENT BIEN A FAIBLE COUT.

LE LAITON ROUGE EST UTILISE DANS LA FABRICATION DE COURONNES MOBILES ET DE POMPES CENTRIFUGES, D'ACCESSOIRES SUR LES CONDUITES A ESSENCE ET DE TRANSPORT D'HUILE, DE PETITS COUSSINETS, ETC. CE LAITON EST CLASSE DANS LA

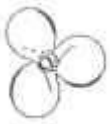
CATEGORIE DES LAITONS A DECOLLETAGE RAPIDE. IL POSSEDE D'EXCELLENTES PROPRIETES AU REGARD DU MOULAGE ET DE LA QUALITE DU FINI DE SURFACE

BRONZES

IL Y A QUELQUES ANNEES, SEULS LES ALLIAGES DE CUIVRE-ETAIN ETAIENT CONSIDERES COMME DU BRONZE. AVEC LE TEMPS ET L'EXIGENCE D'AUTRES PROPRIETES, LA DEFINITION DU BRONZE S'EST UN PEU ELARGIE. LES BRONZES CONTIENNENT D'AUTRES ELEMENTS D'ADDITION PRINCIPAUX COMME L'ALUMINIUM, LE PLOMB, LE NICKEL, LE MANGANESE, ETC., ET CE TERME S'APPLIQUE AUJOURD'HUI A N'IMPORTE QUEL ALLIAGE DE CUIVRE AUTRE QUE L'ALLIAGE DE CUIVRE-ZINC (LAITON). LA COULEUR DES BRONZES VARIE DU ROUGE AU JAUNE, SUIVANT LA COMPOSITION DES ALLIAGES. LES BRONZES SONT IDENTIFIES SELON L'ELEMENT PRINCIPAL AJOUTE AU CUIVRE.

ALLIAGES

- **CUIVRE-ETAIN**



TRES PEU UTILISES, CES ALLIAGES SONT SOUVENT REMPLACES PAR D'AUTRES ALLIAGES PLUS PERFORMANTS. LES BRONZES DE CE TYPE SONT SURTOUT UTILISES LA OU LA RESISTANCE A LA CORROSION EST IMPORTANTE, COMME POUR L'EQUIPEMENT MARIN ET LES CORPS DE POMPES .

ALUMINIUM

AUSSI APPELES CUPRO-ALUMINIUMS, CES ALLIAGES ONT GENERALEMENT UNE TENEUR EN ALUMINIUM INFERIEURE A 10 %, MAIS ILS CONTIENNENT SOUVENT D'AUTRES ELEMENTS TELS QUE

- LE FER (RESISTANCE);
- LE NICKEL (DURETE ET RESISTANCE);
- LE MANGANESE (ROBUSTESSE);
- LE PLOMB (USINABILITE).

LES CARACTERISTIQUES DE CES BRONZES, COMME LA DURETE ET LA RESISTANCE, SONT EXCELLENTES ET NETTEMENT SUPERIEURES A CELLES DU LAITON. LEUR RESISTANCE A LA CORROSION EST EGALEMENT EXCELLENTE. ON EMPLOIE CES BRONZES DANS DES APPLICATIONS TELLES QUE LES ENGRENAGES, LES OUTILS, LES ELEMENTS DE FIXATION, LES AUBES DE TURBINES AINSI QUE LES COUSSINETS DANS LE CAS DES ALLIAGES CONTENANT DU PLOMB, PUISQU'ILS ONT LA PROPRIETE D'ETRE AUTOLUBRIFIANTS.

NICKEL

CES BRONZES ONT UNE TENEUR EN NICKEL QUI VARIE ENTRE 10 ET 30 %. ILS CONTIENNENT AUSSI D'AUTRES ELEMENTS D'ADDITION. LE NICKEL AMELIORE LA RESISTANCE, LA DURETE, AINSI QUE LES CARACTERISTIQUES DE RESISTANCE A L'USURE ET A LA CORROSION. LES ALLIAGES DE CE TYPE ONT DES APPLICATIONS DIVERSES, NOTAMMENT LES TUBES, LES ARBRES, LES PALIERS ET LES ROULEMENTS, LES CORPS DE VALVES, ETC.

SILICIUM

CES ALLIAGES PEUVENT AUSSI CONTENIR D'AUTRES ELEMENTS D'ADDITION EN FAIBLE QUANTITE. ILS POSSEDENT UNE RESISTANCE EXCEPTIONNELLE A LA CORROSION ET REPRESENTENT UN EXCELLENT COMPROMIS ENTRE LA ROBUSTESSE, LA DURETE, LA RESISTANCE ET LA COULABILITE. CES BRONZES SONT TRES UTILES DANS LES INDUSTRIES CHIMIQUE, PETROLIERE ET MARINE. ON EN FAIT DES RESERVOIRS, DE LA TUYAUTERIE, DES PALIERS, DES PIGNONS, DES ENGRENAGES, ETC.

BERYLLIUM

CES BRONZES PEUVENT CONTENIR JUSQU'A 2 % DE BERYLLIUM EN PLUS D'AUTRES ELEMENTS D'ADDITION. ILS SONT TREMPABLES, DE SORTE QU'ILS PEUVENT ACQUERIR D'EXCELLENTES QUALITES AU REGARD DE LA TRACTION ET DE LA FATIGUE. ON S'EN SERT DANS LA FABRICATION DES RESSORTS, DES MATRICES, DES FILIERES, DES TUBES ET DES APPAREILS A CONTACTS A HAUTE RESISTANCE.

TITANE

LE TITANE EST UN METAL BLANC ET BRILLANT. LE TITANE ET SES ALLIAGES SE DISTINGUENT PAR LES CARACTERISTIQUES SUIVANTES:

- TRES BONNE RESISTANCE A LA CORROSION;
- CHARGE A LA RUPTURE ELEVEE;
- BONNES PROPRIETES MECANIQUES A HAUTE TEMPERATURE.

LE TITANE EST AUSSI RESISTANT QUE L'ACIER, TOUT EN ETANT DEUX FOIS PLUS LEGER. ON L'UTILISE DANS LES INDUSTRIES AEROSPATIALE ET CHIMIQUE. DE PLUS EN PLUS, ON TROUVE LE TITANE ET SES ALLIAGES DANS DIFFERENTS SECTEURS INDUSTRIELS.

NICKEL

LE NICKEL EST UN METAL BLANC GRISATRE PRESENTANT UNE BONNE DURETE. IL EST MALLEABLE ET DUCTILE. À L'ETAT PUR, LE NICKEL EST MEILLEUR CONDUCTEUR QUE LES ACIERS. TOUTEFOIS, LORSQU'IL EST ALLIE AVEC DU CUIVRE, DU CHROME, DU FER OU DU MOLYBDENE, IL EST MOINS CONDUCTEUR.

ON UTILISE LE NICKEL COMME ELEMENT D'ALLIAGE POUR AUGMENTER LA DUCTILITE, LA DURETE ET LA RESISTANCE TANT DES METAUX FERREUX QUE NON FERREUX. DE PLUS, IL PERMET D'AUGMENTER LA TENACITE A BASSE TEMPERATURE, LA TREMPABILITE ET LA RESISTANCE A FAIBLE TRACTION. ON UTILISE LES ALLIAGES DE NICKEL POUR PRODUIRE DES PIECES DEVANT SUPPORTER DES TEMPERATURES ELEVEES :

RESISTANCES ELECTRIQUES D'APPAREILS DE CHAUFFAGE, EVAPORATEURS ET ECHANGEURS POUR L'INDUSTRIE CHIMIQUE, ACCESSOIRES DE DECORATIONS LUMINEUSES. L'INCONEL ET LE MONEL SONT DES ALLIAGES DE NICKEL COURAMMENT UTILISES.

L'ACIER INOXYDABLE EST UN ALLIAGE DE NICKEL, DE CHROME ET DE FER.

COMPARAISON ENTRE LES METAUX FERREUX ET LES METAUX NON FERREUX

EN RAISON DE LEURS NOMBREUSES PROPRIETES, LES METAUX NON FERREUX RIVALISENT DE PLUS EN PLUS AVEC LES METAUX FERREUX ET TENDENT A LES REMPLACER DANS BON NOMBRE D'APPLICATIONS

RESISTANCE A LA CORROSION

LES METAUX NON FERREUX RESISTENT MIEUX A LA CORROSION QUE LES METAUX FERREUX. CES DERNIERS, A L'EXCEPTION DES ACIERS INOXYDABLES, SONT GRANDEMENT ATTAQUES PAR LA CORROSION. CHAQUE ANNEE, LA CORROSION DEGRADE PLUSIEURS CENTAINES DE MILLIERS DE TONNES D'ACIER.

CONDUCTIVITE ELECTRIQUE

LA CONDUCTIVITE ELECTRIQUE DES METAUX NON FERREUX EST LARGEMENT SUPERIEURE A CELLE DES METAUX FERREUX.

CONDUCTIVITE THERMIQUE

EN GENERAL, LA CONDUCTIVITE THERMIQUE DES METAUX FERREUX EST INFERIEURE A CELLE DES METAUX NON FERREUX.

FERROMAGNETISME

TOUS LES METAUX FERREUX, A L'EXCEPTION DE L'ACIER INOXYDABLE AUSTENITIQUE, SONT ATTIRES PAR UN AIMANT. QUANT AUX METAUX NON FERREUX, ILS NE LE SONT PAS, A L'EXCEPTION DU NICKEL ET DU COBALT.

DENSITE

L'ALUMINIUM, LE ZINC ET L'ETAIN SONT PLUS LEGERS QUE LE FER, TANDIS QUE LE NICKEL, LE CUIVRE, L'ARGENT, LE PLOMB ET L'OR SONT PLUS LOURDS QUE LE FER.

COMPORTEMENT A BASSE TEMPERATURE

LES METAUX FERREUX (A L'EXCEPTION DES ACIERS A HAUTE LIMITE ELASTIQUE, DES ACIERS INOXYDABLES AUSTENITIQUES ET DES ACIERS AU NICKEL) DEVIENNENT FRAGILES ET CASSANTS A BASSE TEMPERATURE. LES METAUX NON FERREUX GARDENT LEUR RESISTANCE MECANIQUE A BASSE TEMPERATURE.

RESISTANCE MECANIQUE

LA RESISTANCE MECANIQUE DES METAUX FERREUX EST SUPERIEURE A CELLE DES METAUX NON FERREUX.

COUT

EN GENERAL, LE COUT DES METAUX NON FERREUX EST SUPERIEUR A CELUI DES METAUX FERREUX.

RESUME

LES DEUX METAUX LES PLUS ABONDANTS DANS LE MONDE SONT L'ALUMINIUM ET LE MAGNESIUM.

LES METAUX NON FERREUX RESISTENT GENERALEMENT BIEN A LA CORROSION ET NE SONT PAS MAGNETIQUES.

L'ALUMINIUM EST TROIS FOIS PLUS LEGER ET CONDUCTEUR QUE LE FER. SES ALLIAGES SONT PLUS RESISTANTS QUE LE METAL PUR.

EN RAISON DE LA FACILITE AVEC LAQUELLE ON PEUT LE COUPER, I'ALLIAGE D'ALUMINIUM-SILICIUM PERMET DE REALISER DES PIECES COMPLEXES.

L'ALLIAGE D'ALUMINIUM-SILICIUM-MAGNESIUM A UNE TRES GRANDE RESISTANCE A LA CORROSION.

LE CUIVRE SE DISTINGUE PAR SA GRANDE CONDUCTIBILITE ELECTRIQUE. IL TERNIT MAIS NE ROUILLE PAS. SES ALLIAGES SONT PLUS RESISTANTS QUE LE METAL PUT

LE LAITON EST UN ALLIAGE DE CUIVRE ET DE ZINC. IL EST MOINS MALLEABLE QUE LE CUIVRE ET L'ALUMINIUM PURS.

LE TERME « BRONZE » S'APPLIQUE AUJOURD'HUI A N'IMPORTE QUEL ALLIAGE DE CUIVRE AUTRE QUE LE LAITON (CUIVRE-ZINC).

LES PRINCIPAUX ELEMENTS AJOUTES AU CUIVRE POUR PRODUIRE DIFFERENTS BRONZES SONT L'ETAIN (EQUIPEMENT MARIN, CORPS DE POMPES), L'ALUMINIUM (ENGRENAGES, OUTILS, ELEMENTS DE FIXATION), LE NICKEL (TUBES, PALIERS, CORPS DE VALVES), LE SILICIUM (RESERVOIRS, TUYAUTERIE, ENGRENAGES).

LE NICKEL EST AJOUTE AUX METAUX FERREUX ET NON FERREUX POUR AUGMENTER LEUR DUCTILITE ET LEUR RESISTANCE AINSI QUE POUR ABAISSER LEUR TEMPERATURE CRITIQUE.

LE MAGNESIUM RESSEMBLE A L'ALUMINIUM MAIS IL S'OXYDE FACILEMENT. EN SOUDAGE, ON UTILISE SURTOUT LES ALLIAGES DE MAGNESIUM, CAR LORSQU'IL EST PUR, CE METAL TEND A S'ENFLAMMER LORSQU'IL EST CHAUFFE.

L'OXYCOUPAGE

GENERALITES

L'OXYCOUPAGE EST UN DES PROCEDES DE DECOUPAGE QUE L'ON UTILISE AVANTAGEUSEMENT EN TOLERIE. CE PROCEDE S'APPLIQUE AUX METAUX FERREUX SEULEMENT ET PRINCIPALEMENT AUX ACIERS FAIBLEMENT ALLIES. LES ELEMENTS D'ADDITION DOIVENT PRESENTER DES TENEURS INFERIEURES A :

SI	A	MN	NI	CR	C
4%	10%	15%	30%	2%	0.9%

PAR RAPPORT AUX METHODES DE SCIAGE ET DE CISAILLAGE, LA COUPE AINSI OBTENUE EST BEAUCOUP PLUS RUGUEUSE ET LE COUT DE PRODUCTION EST NETTEMENT PLUS ELEVE. CEPENDANT, IL EST RECONNU QUE L'OXYCOUPAGE OFFRE DES AVANTAGES IMPORTANTS, NOTAMMENT LES NOMBREUSES APPLICATIONS QU'IL PERMET ET LE FAIBLE COUT D'INVESTISSEMENT REQUIS POUR L'EQUIPEMENT.

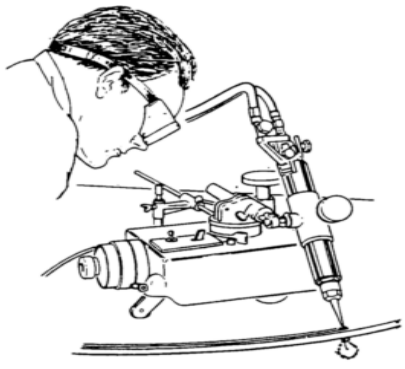
A L'EXEMPLE DE LA PLUPART DES SPECIALISTES QUI TRAVAILLENT AVEC LES ACIERS, LE TOLIER UTILISE REGULIEREMENT CETTE TECHNIQUE ET SPECIALEMENT SUR LES TOLES D'EPAISSEUR MOYENNE, LES PLAQUES, LES TUBES ET LES PROFILES. ET ELLE DEVIENT ESSENTIELLE LORSQUE L'ON DOIT EFFECTUER DES OPERATIONS DE DECOUPAGE SUR DES PIECES DEJA FORMEES, CAR ALORS LES PROCEDES MECANIQUES DE DECOUPAGE NE PEUVENT PLUS ETRE UTILISES.

OXYCOUPEUR PORTATIF SUR

OXYCOUPAGE DE PIECES

OXYCOUPAGE

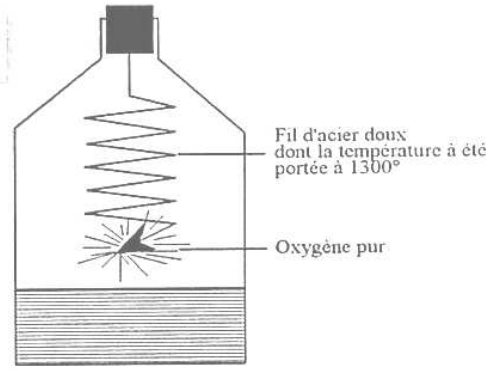
OXYCOUPAGE CIRCULAIRE PORTATIVE SEMI-

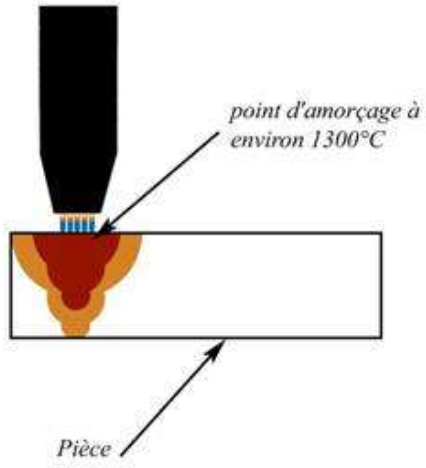


RAPPEL (EXPERIENCE DE LAVOISIER EN 1776)

LE FER CHAUFFE AU ROUGE EN UN POINT BRULE DANS UNE ATMOSPHERE D'OXYGENE. C'EST LE PHENOMENE DE L'OXYDATION. LA REACTION D'OXYDATION DEGAGE DE LA CHALEUR ; ON DIT QU'ELLE EST EXOTHERMIQUE.

LE PRINCIPE PEUT SE VERIFIER AU MOYEN D'UNE EXPERIENCE QUI CONSISTE A REMPLIR UN RECIPIENT D'OXYGENE ET A Y PLONGER UNE TIGE D'ACIER CHAUFFEE AU ROUGE. ELLE BRULE DANS L'ATMOSPHERE D'OXYGENE, PRODUIT DES CENDRES (QUI SONT DE L'OXYDE DE FER) ET UNE EMANATION DE CO_2.





IL Y A COMBUSTION JUSQU'A EPUISEMENT DE L'OXYGENE. CETTE COMBUSTION EST APPELEE COMBUSTION VIVE. LA COMBUSTION LENTE EST LA ROUILLE QUI, ELLE, N'EST PAS UNE REACTION EXOTHERMIQUE.

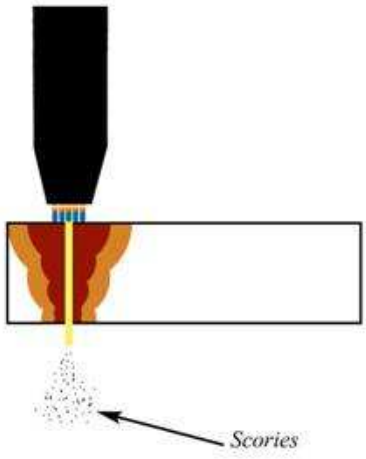
LA TECHNIQUE D'APPLICATION EST DIFFERENTE, MAIS LA MEME REACTION CHIMIQUE SE PRODUIT EN OXYCOUPAGE.

DEFINITION

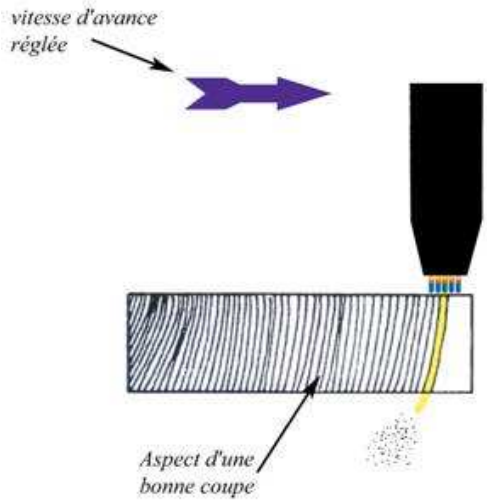
L'OXYCOUPAGE EST UNE OPERATION DE COUPAGE PAR COMBUSTION LOCALISEE ET CONTINUE SOUS L'ACTION D'UN JET D'OXYGENE PUR, AGISSANT EN UN POINT PREALABLEMENT A 1300°C. CETTE TEMPERATURE EST DITE TEMPERATURE D'AMORÇAGE. CETTE TECHNIQUE NECESSITE :

- ***ETAPE N°1 :*** UNE FLAMME DE CHAUFFE POUR L'AMORÇAGE ET L'ENTRETIEN DE LA COUPE ; CETTE FLAMME PEUT ETRE OXYACETYLENIQUE, OXYPROPANE, OXYTETRENE OU OXYCRYLENE ;

- ***ETAPE N°2 :*** UN JET D'OXYGENE DE COUPE GENERALEMENT CENTRAL ET DESTINE A CREER LA COMBUSTION DANS LA SAIGEE, SUR TOUTE L'EPAISSEUR DE LA PIECE A COUPER, IL SERT AUSSI A L'EVACUATION DES OXYDES FORMES ;



- ***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.

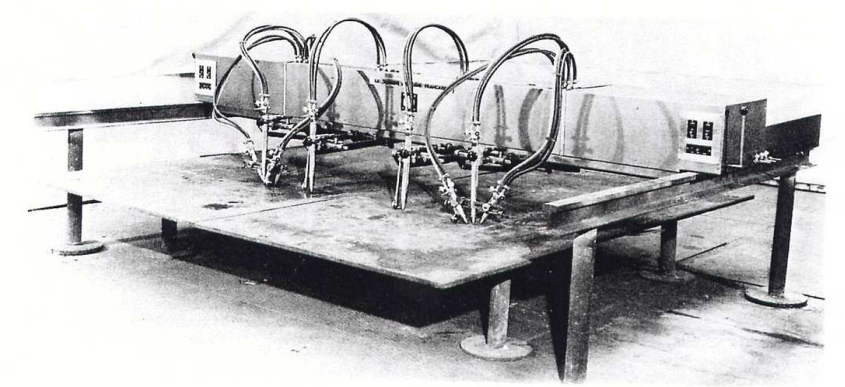


FIG. I.32 — *Banc d'oxycoupage* (doc. S.A.F.).

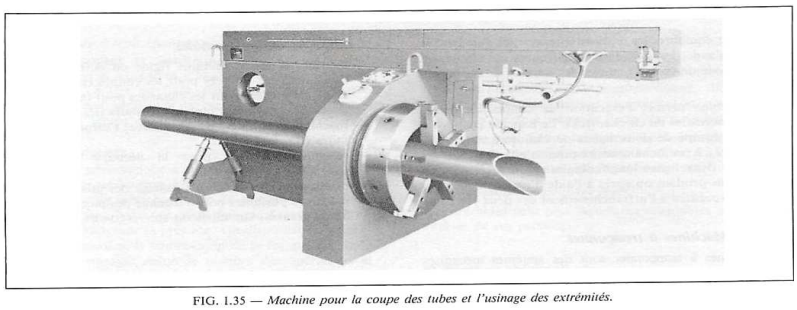


FIG. I.35 — *Machine pour la coupe des tubes et l'usinage des extrémités.*

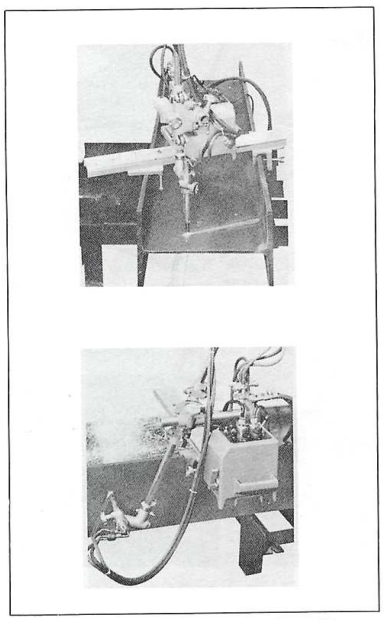


FIG. I.36 — *Machines pour la découpe des profilés.*

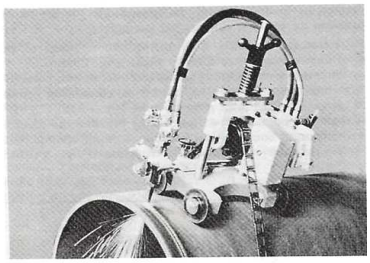


FIG. I.37 — *Machine portable pour l'usinage des tubes.*

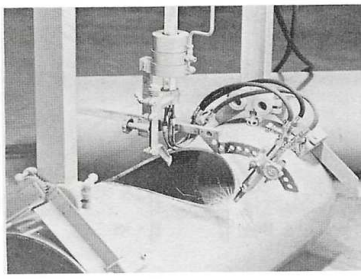


FIG. I.38 — *Machine portable pour l'usinage des piquages su tubes ou sur réservoirs.*

LES CHALUMEAUX-COUPEURS

DESCRIPTION

UN CHALUMEAU-COUPEUR COMPORTE LES MEMES ORGANES QU'UN CHALUMEAU SOUDEUR, PLUS UN TUBE SUPPLEMENTAIRE QUI ACHEMINE L'OXYGENE DE COUPE ET UNE GACHETTE QUI EN CONTROLE L'OUVERTURE OU LA FERMETURE.

EXCEPTION FAITE DE LA TETE DE COUPE, LE CHALUMEAU-COUPEUR STANDARD FORME UN TOUT NON DEMONTABLE.

TORCHE

DIVERS TYPES DE BUSES

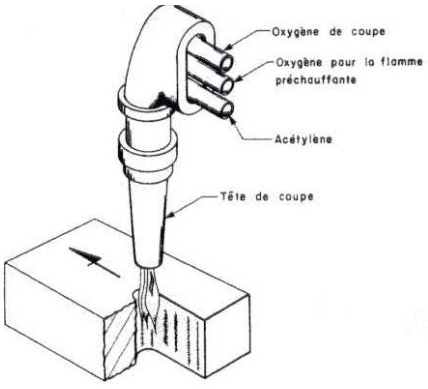
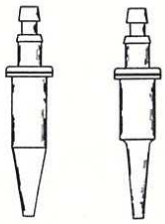


Figure 5-9 Extrémité du chalumeau-coupeur

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



Différentes têtes de coupe

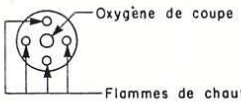


Figure 5-11 Extrémité d'une tête de coupe

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) ACETYLENE (C_2H_2) :

- TEMPERATURE DE LA FLAMME OXYACETYLENIQUE : 3100°C.
- RAPPORT DE CONSOMMATION POUR L'OXYGENE : 1 A 1.5 SELON L'EPAISSEUR
  ET LA QUALITE DE L'ACIER (1.1 POUR LE SOUDAGE).

L'ACETYLENE PERMET DES AMORÇAGES RAPIDES, PRESENTE UN INTERET POUR LA DEMOLITION ET LES COUPES DE PETITE LONGUEUR.

GRACE A LA PRECISION DE REGLAGE DE LA FLAMME, LES COUPES OBTENUES SONT TRES REGULIERES CE QUI CONSTITUE UN AVANTAGE POUR LE COUPAGE DES EPAISSEURS FINES ET MOYENNES ; POUR LES FORTES EPAISSEURS, LA FORTE LOCALISATION DE LA CHALEUR PEUT ENTRAINER UNE FUSION DE L'ARETE SUPERIEURE DE LA COUPE.

POUR DES TRAVAUX DE DECOUPAGE IDENTIQUES ON CONSOMME, EN VOLUME, UN PEU PLUS D'ACETYLENE QUE DE PROPANE, MAIS LES TEMPS D'AMORÇAGE SONT PLUS COURTS.

B) PROPANE (C3H8) :

- TEMPERATURE DE LA FLAMME OXYPROPANE : ENVIRON 2800°C.
- RAPPORT DE CONSOMMATION POUR L'OXYGENE : ENVIRON 4.5.

IL FAUT NOTER QUE LE PROPANE DU COMMERCE CONTIENT PLUS OU MOINS D'ETHANE, DE PROPYLENE, DE BUTYLENE, D'ISOBUTANE, ETC., CE QUI CONDUIT A DES VARIATIONS NON NEGLIGEABLES DE REGLAGE.

LE REGLAGE DE LA FLAMME EST RELATIVEMENT DELICAT ; LES TEMPS D'AMORÇAGE SONT PLUS LONGS, CE QUI AUGMENTE D'AUTANT PLUS LA DUREE MOYENNE DE COUPE, QUE LES COUPES SONT PLUS COURANTES.

POUR L'OXYCOUPAGE DES EPAISSEURS MOYENNES ET FORTES, LE PROPANE PEUT REMPLACER L'ACETYLENE LORSQUE LES CONDITIONS D'APPROVISIONNEMENT SONT AVANTAGEUSES. POUR DES TRAVAUX DE DECOUPAGE IDENTIQUES ON CONSOMME DAVANTAGE D'OXYGENE (COUPE ET CHAUFFE) AVEC UNE FLAMME OXYPROPANE QU'AVEC UNE FLAMME OXYACETYLENIQUE.

C) HYDROGENE (H2) :

- TEMPERATURE DE LA FLAMME OXYHYDRIQUE : ENVIRON 2400°C.
- RAPPORT DE CONSOMMATION POUR L'OXYGENE : ENVIRON 0.5.

C'EST UN GAZ NECESSITANT DES PRECAUTIONS POUR LES MANIPULATIONS (FACILITE DE DIFFUSION A TRAVERS LES SUBSTANCES, LARGE ZONE D'INFLAMMABILITE DANS L'AIR ENTRE 4 ET 74%).

LA FLAMME EST ASSEZ DIFFICILE A REGLER. CEPENDANT, SA STABILITE (CONTRAIREMENT A L'ACETYLENE) PERMET SON EMPLOI A FORTE PRESSION, CE QUI PEUT ETRE LE CAS DU DECOUPAGE SOUS L'EAU (A PLUS DE 15 METRES DE PROFONDEUR).

D) GAZ DE VILLE OU METHANE (CH4) :

- TEMPERATURE DE LA FLAMME : ENVIRON 2800°C.
- RAPPORT DE CONSOMMATION POUR L'OXYGENE : ENVIRON 0.6.

CES COMBUSTIBLES BIEN QUE PEU UTILISES PEUVENT ETRE INTERESSANT DANS CERTAINES CONDITIONS D'APPROVISIONNEMENT, PAR EXEMPLE DANS LES ACIERIES PRODUCTRICES DU GAZ DE HOUILLE.

D'UNE FAÇON GENERALE, LE REGLAGE DES FLAMMES EST MOINS FACILE ET LES VITESSES D'AMORÇAGE SONT PLUS LENTES QU'AVEC L'ACETYLENE. DANS LE CAS DE GROS DEBITS, ON PEUT ETRE GENE PAR LES FAIBLES PRESSIONS D'ALIMENTATION.

E) MELANGES GAZEUX :

LE GROUPE AIR LIQUIDE COMMERCIALISE EN FRANCE UN MELANGE BREVETE SOUS LE NOM DE « TETRENE » DONT LES CONSTITUANTS PRINCIPAUX SONT LE PROPYNE ET LE PROPADIENE (C3H4).

- TEMPERATURE DE LA FLAMME OXYTETRENE : ENVIRON 2940°C.
- RAPPORT DE CONSOMMATION POUR L'OXYGENE : ENVIRON 3.5.

LES CARACTERISTIQUES QUI INFLUENT SUR LES CONDITIONS DE COUPE DE CE GAZ LE SITUENT ENTRE L'ACETYLENE ET LE PROPANE. LA CONSOMMATION ACTUELLE EST DE L'ORDRE DE 10% AVEC UNE TENDANCE A L'AUGMENTATION.

GAZ COMBURANT

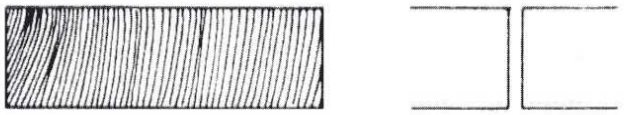
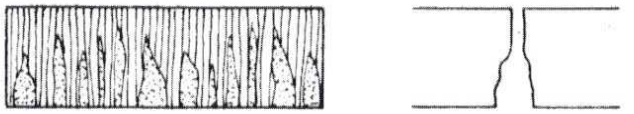
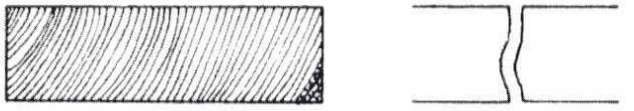
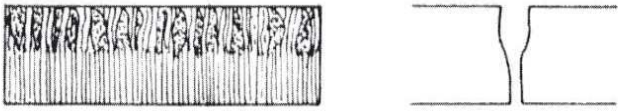
SEUL COMBURANT POSSIBLE, L'OXYGENE DE COUPE DOIT PRESENTER UN HAUT TITRE DE PURETE. L'OXYGENE INDUSTRIEL A UNE PURETE AU MOINS EGALE A 99.5%. IL FAUT NOTER QU'UNE DIMINUTION DE 1% DU TITRE DE PURETE PEUT ENTRAINER UNE DIMINUTION D'ENVIRON 15% DE LA VITESSE DE COUPE ASSORTIE D'UNE AUGMENTATION DE LA CONSOMMATION D'ENVIRON 20% JOINTE A UN ABAISSEMENT DE LA QUALITE DE COUPE.

IL EST DONC INDISPENSABLE DE VEILLER AU PARFAIT ETAT DU CIRCUIT D'ALIMENTATION EN OXYGENE DE COUPE.

PARAMETRES

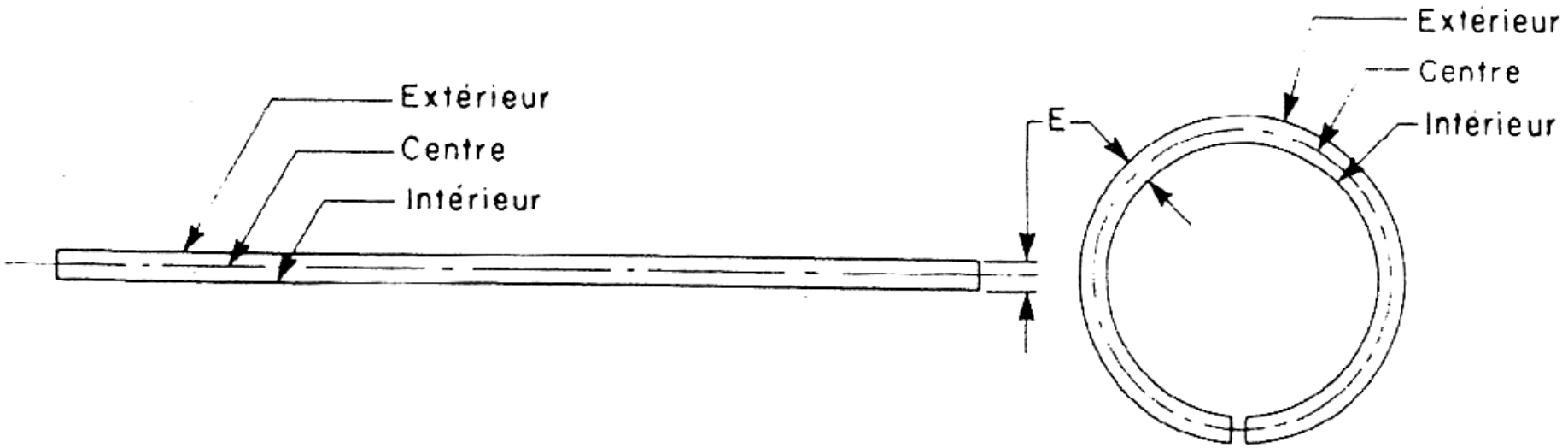
①			Pression (bar) CHAUFFE		CHAUFFE
Epaisseur (mm)	**Calibre**	**Vitesse (m/min)**	**Oxygène (coupe)**	**Oxygène (coupe)**	**Acétylène**
5	10/10	0,80	4	1,5	0,3
10	10/10	0,65	4	1,5	0,3
15	10/10	0,50	4	1,5	0,3
20	16/10	0,50	4	1,5	0,5
30	16/10	0,42	4	1,5	0,5
50	16/10	0,35	4	1,5	0,5
200	30/10	0,15	5	2	0,2
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

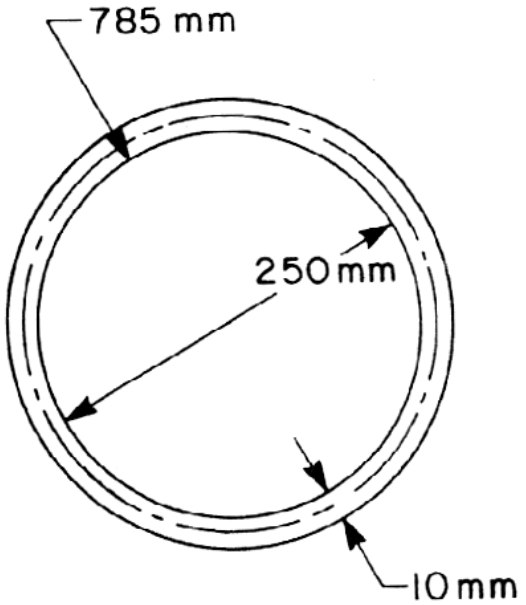
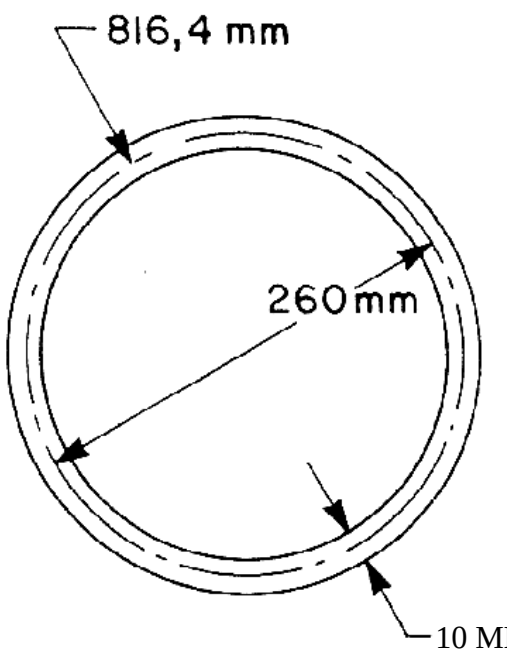
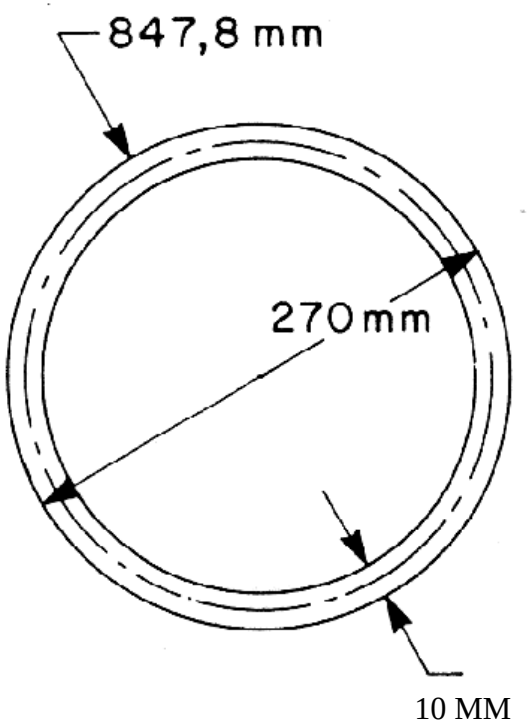
LONGUEUR DÉVELOPPÉE



PLAQUE NON CINTREE

LA MEME PLAQUE CINTREE

COMPARAISON DES LONGEURS AVANT ET APRES CINTRAGE

DIAMETRE INTERIEUR 250 MM	DIAMETRE AU CENTRE 250 + 5 + 5 = 260	DIAMETRE EXTERIEUR 250 + 10 + 10 = 270 MM
CIRCONFERENCE 250 X 3,14 = 785 MM	CIRCONFERENCE 260X 3,14 = 816,4 MM	CIRCONFERENCE 270 X 3,14 = 847 MM
		

MACHINES

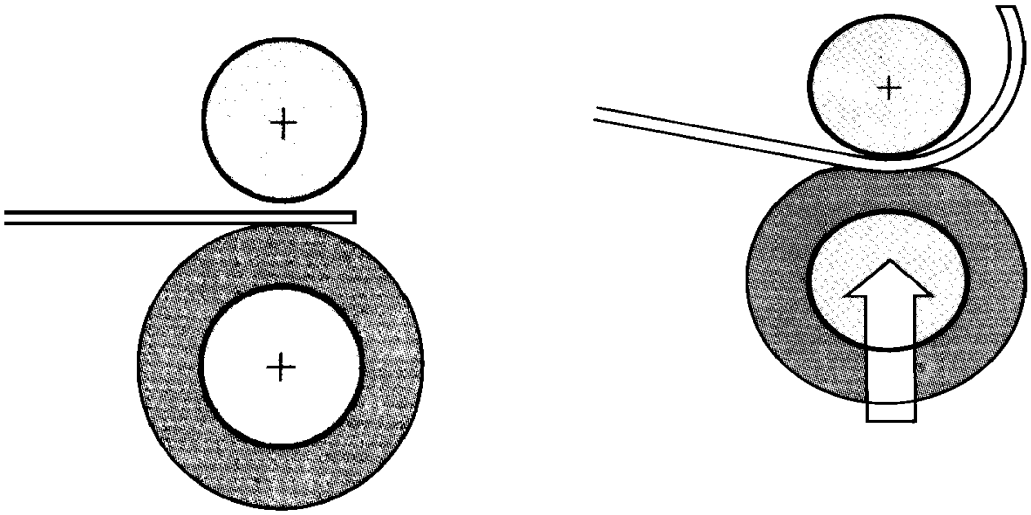
IL EXISTE DIFFERENTS TYPES DE MACHINES A DEUX, TROIS OU QUATRE ROULEAUX.

- **ROULEUSE A DEUX ROULEAUX**
- **ROULEUSE TYPE PYRAMIDAL**
- **ROULEUSE TYPE CROQUEUR**

LES EPAISSEURS TRAVAILLEES VARIENT DE 0,5 A 250 MM.
ON NE TROUVE PAS DE MACHINES TRAVAILLANT DANS TOUTE LES EPAISSEURS, MAIS LA PLUPART PEUVENT FORMER UN DOMAINE D'EPAISSEUR IMPORTANT (EX 1,5 A 10 MM OU 12 MM A 150 MM).

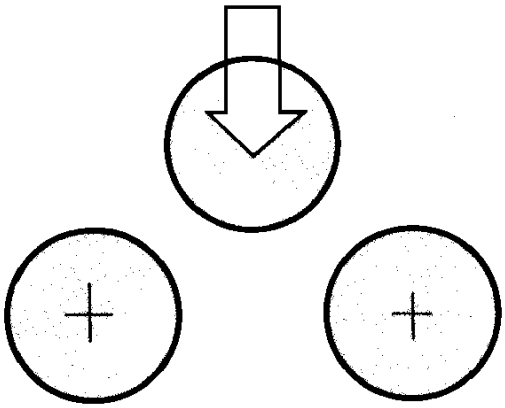
LE DIAMETRE MINIMAL DE CINTRAGE DEPEND DU DIAMETRE DU ROULEAU SUPERIEUR.

ROULEUSES A DEUX ROULEAUX



LES ROULEUSES A DEUX ROULEAUX ONT UN ROULEAU INFERIEUR EN POLYURETHANNE QUI SE DEFORME ET AGIT COMME UNE MATRICE, LE ROULEAU SUPERIEUR AGIT COMME UN POINÇON. CETTE TECHNIQUE EST RESERVEE ESSENTIELLEMENT AUX TOLES FINES.

ROULEUSES DE TYPE PYRAMIDAL



LA FIG MONTRE LA POSITION DES ROULEAUX SUR UNE MACHINE DE TYPE PYRAMIDAL. LE DIAMETRE DES ROULEAUX INFERIEURS EST DE 10 % A 50 % PLUS FAIBLE QUE CELUI DU ROULEAU SUPERIEUR.
L'ENTRAINEMENT EST REALISE PAR LES ROULEAUX INFERIEURS. LE ROULEAU SUPERIEUR EST MOBILE EN TRANSLATION VERTICALE ET TOURNE LIBREMENT.

LES MACHINES DE TYPE PYRAMIDAL LAISSENT APRES ROULAGE UNE ZONE PLUS IMPORTANTE A CHAQUE EXTREMITE DE LA TOLE ROULEE. POUR DIMINUER CETTE ZONE, ON PEUT

- PREFORMER LES BORDS SUR UNE PRESSE PLIEUSE
- ROULER UN FLAN PLUS LONG, PUIS DECOUPER LES PARTIES PLATES
- UTILISER LA ROULEUSE ET UN MANNEQUIN CINTRE EN TOLE EPAISSE.

POUR LES MACHINES DE TYPE PYRAMIDAL LE DIAMETRE MINIMAL EST EGAL AU DIAMETRE AU ROULEAU SUPERIEUR PLUS 150 MM.

LE DIAMETRE MAXIMAL DE FORMAGE EST LIMITE POUR LES TOLES FINES PAR LA FLEXION DE LA TOLE SOUS SON PROPRE POIDS :

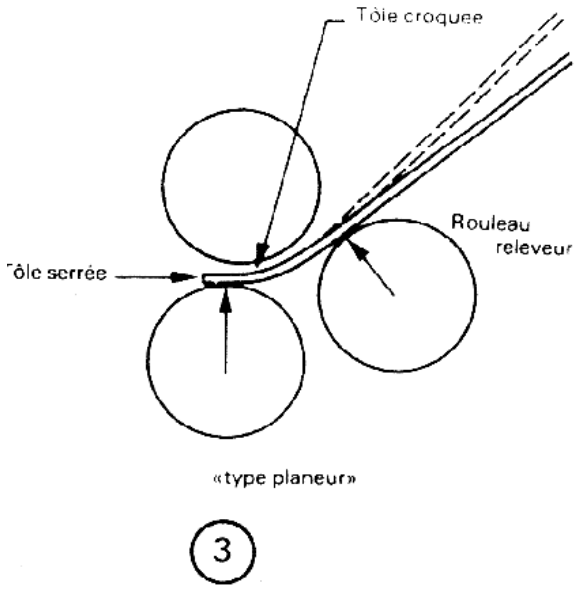
- UNE TOLE DE 1,5 MM D'EPAISSEUR EN ACIER NON ALLIE PEUT-ETRE FORMEE JUSQU'A UN DIAMETRE DE 1200 MM SANS SUPPORT.
- UNE TOLE DE 6 MM PEUT-ETRE FORMEE JUSQU'AU DIAMETRE 1200 MM SANS SUPPORT.

LA LARGEUR DE LA TOLE POUVANT ETRE CINTREE EN FONCTION DE LA LONGUEUR DES ROULEAUX.
SELON LE TYPE DE MACHINE, LA LARGEUR MAXIMALE DE CINTRAGE VARIE DE 1 A 6 M. POUR LE FORMAGE LES LARGEURS, SUPERIEURES A 3 M, LES ROULEAUX INFERIEURS SONT SUPPORTES.

CROQUAGE DES BORDS DE LA TOLE

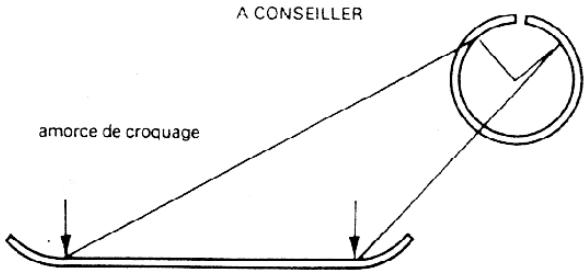
POUR GABARIER L'AMORÇAGE , DEPLACER D'AVANT EN ARRIERE LE BERCEAU ET LA TOLE . L'OPERATION DE CROQUAGE ETANT EXECUTEE PAR LES DEUX BORDS DE LA TOLE, RETIRER LE GABARIT ET PROCEDER AU CENTRAGE. PAR CETTE METHODE, LA CAPACITE DE CROQUAGE EST EGALE AU 2/3 DE LA CAPACITE DE CENTRAGE.

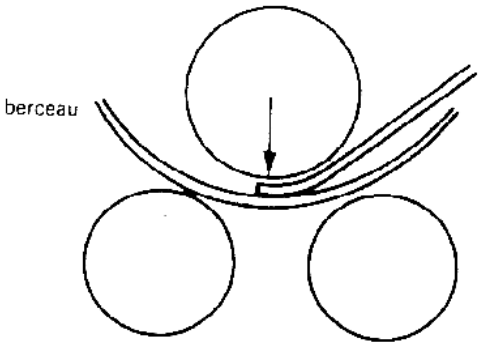
AMORCAGE DU CROQUAGE
PAR ROULAGE



«type planeur»

3





«type pyramidal»

CARACTERISTIQUES TYPIQUES DES ROULEUSES PYRAMIDALES

LONGUEUR MAXIMALE DE CINTRAGE (MM)	*EPAISSEUR MAXIMALE (MM)*	*DIAMETRE ROULEAU SUPERIEUR (MM)*	*DIAMETRE ROULEAU INFERIEUR (MM)*	*PUISSANCE (BAR)*
1	2	75	75	0,7
1	5	110	95	2,2
1	15	200	180	5,5
2	3	125	125	2,2
2	25	350	300	15
1,83	51	432	380	35
4	3	250	200	3,5
4	12	350	260	11
4	60	750	600	30
6,1	6,5	395	203	15
6,1	31	790	560	110

ROULEUSES DE TYPE CROQUEUR

LES MACHINES DE TYPE CROQUEUR PRESENTENT L'AVANTAGE D'EFFECTUER ELLES-MEMES LE FORMAGE DES EXTREMITES DES TOLES.

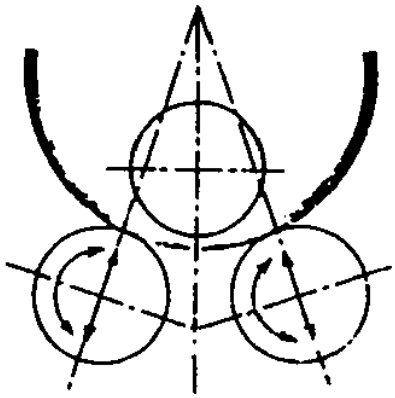
LA ZONE RESTANT PLATE VARIE DE 0,5 A 2 FOIS L'EPAISSEUR SELON LA CONCEPTION DE LA MACHINE ET SA PUISSANCE. LA ROULEUSE DE TYPE CROQUEUR PERMET D'OBTENIR UNE PIECE DE FORME CYLINDRIQUE PLUS PRECISE DU FAIT QUE LA TOLE EST MAINTENUE SERREE ENTRE ROULEAUX INFERIEURS ET SUPERIEURS PENDANT LE FORMAGE.

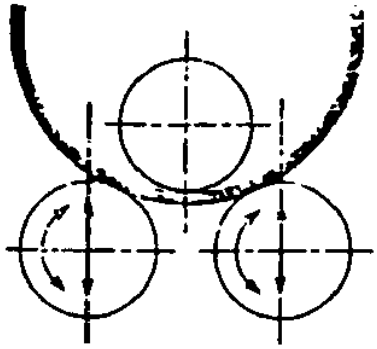
POUR LES ROULEUSES DE TYPE CROQUEUR, LE DIAMETRE MINIMAL EST EGAL AU DIAMETRE DU ROULEAU SUPERIEUR PLUS 50 MM.

ROULEUSE A TROIS ROULEAUX

LES TROIS ROULEAUX SONT DE MEME DIAMETRE. LE ROULEAU SUPERIEUR EST FIXE EN TRANSLATION. LE DEPLACEMENT DES ROULEAUX INFERIEURS EST SOIT INCLINE, SOIT VERTICAL.

LE MOUVEMENT DES ROULEAUX INFERIEURS PERMET LE CROQUAGE DES DEUX BORDS SANS RETOURNEMENT DE LA TOLE.





CARACTERISTIQUES DE ROULEUSES DE TYPE CROQUEUR A ROULEAUX INFERIEURS

TYPE DE MACHINE	*LARGEUR MAXIMALE DE CINTRAGE*	*EPAISSEUR MAXIMALE (MM)*	*DIAMETRE DES ROULEAUX (MM)*		*PUISSANCE (KW)*
DEPLACEMENT INCLINE DES ROULEAUX	2 4 4,27	20 22 30	215 430 700		8 30 92
			SUP	***INF.***	
DEPLACEMENT VERTICAL DES ROULEAUX INFERIEURS	1,5 4	18 95	305 1 065	295 380	18 75

ROULEAUX INFERIEURS SYMETRIQUES A DEPLACEMENT HORIZONTAL

MOUVEMENT VERTICAL DES ROULEAUX INFERIEURS' QUI FACILITE LE CROQUAGE CE QUI ENTRAINE CERTAINS INCONVENIENTS.

LA TOLE DOIT ETRE PERPENDICULAIRE A L'ACTION DU PINCEMENT CE QUI N'EST PAS REALISE PAR LES MACHINES A 3 ROULEAUX.

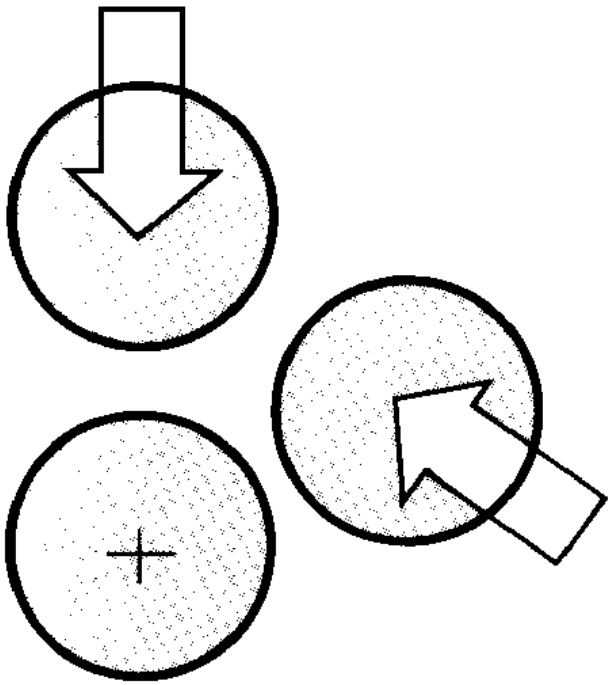
LA TABLE ROULANTE NE PEUT-ETRE UTILISEE DU FAIT DU MOUVEMENT VERTICAL DES ROULEAUX INFERIEURS. LE MANIEMENT DES TOLES DOIT ETRE FAIT PAR PONT ROULANT.

LE FAIBLE DIAMETRE DES ROULEAUX INFERIEURS LIMITE LA PUISSANCE DE CINTRAGE.

LE CENTRAGE MANUEL DE LA TOLE EST NECESSAIRE LORSQU'ON UTILISE UN PONT ROULANT. CEPENDANT LES MACHINES A TROIS ROULEAUX SONT MIEUX ADAPTEES AU FORMAGE A CHAUD QUE LES MACHINES A QUATRE ROULEAUX.

ROULEAUX INFERIEURS ASYMETRIQUES

LE ROULEAU DE CINTRAGE EST REGLABLE AVEC UNE INCLINAISON DE 30° PAR RAPPORT A LA VERTICALE. L'INCONVENIENT DE CE TYPE DE ROULEUSE EST DE NECESSITER UN RETOURNEMENT DE LA TOLE POUR CROQUER LES DEUX EXTREMITES.



ROULEUSES A QUATRE ROULEAUX

DOMAINE D'UTILISATION : DE 6 A 200 MM

AVANTAGES :

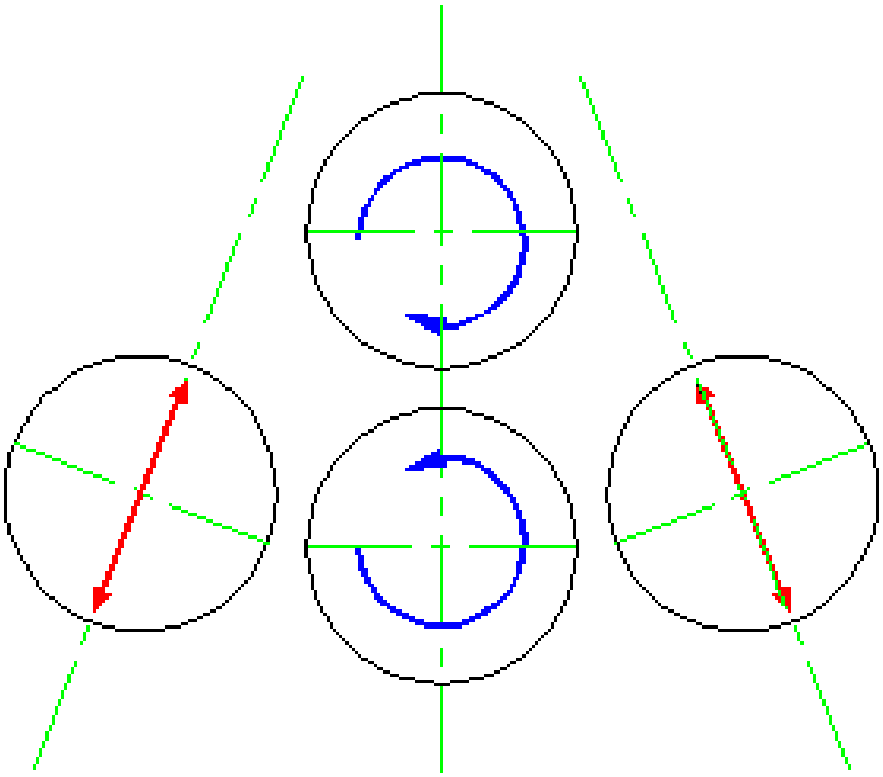
- DEGAUCHISSEMENT DE LA TOLE PAR RAPPORT A LA GENERATRICE D'UN DES ROULEAUX CINTREURS

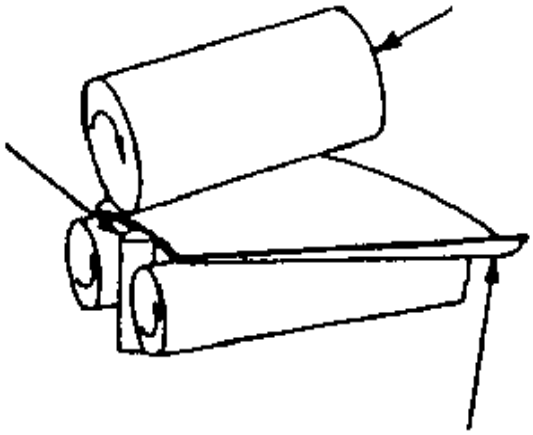
- SERRAGE DE LA TOLE ENTRE LES ROULEAUX D'ENTRAINEMENT PENDANT LES OPERATIONS DE CROQUAQE ET DE ROULAGE.

- CROQUAQE DES DEUX EXTREMITES SANS RETOURNEMENT DE LA TOLE

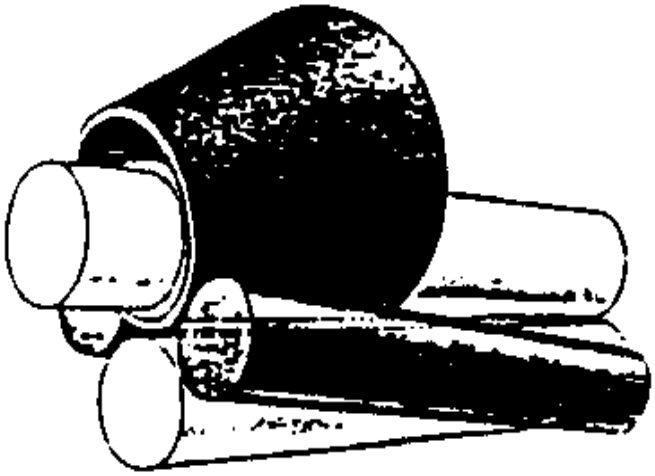
- OPERATION DE CALIBRAGE APRES SOUDAGE FACILITE PAR LA PRESENCE DES DEUX ROULEAUX CINTREURS.

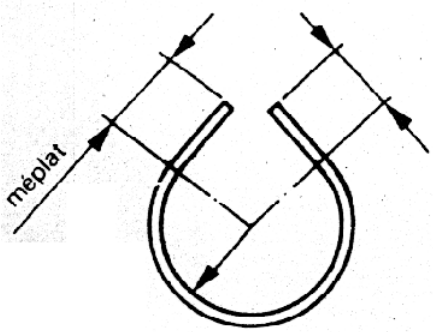
- FORMAGE DES CONES EN CONTINU A TROIS ROULEAUX OU L'UN DES ROULEAUX LATERAUX POUR LES MACHINES A QUATRE ROULEAUX.

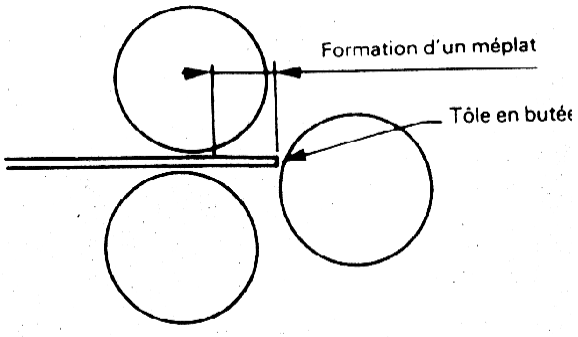




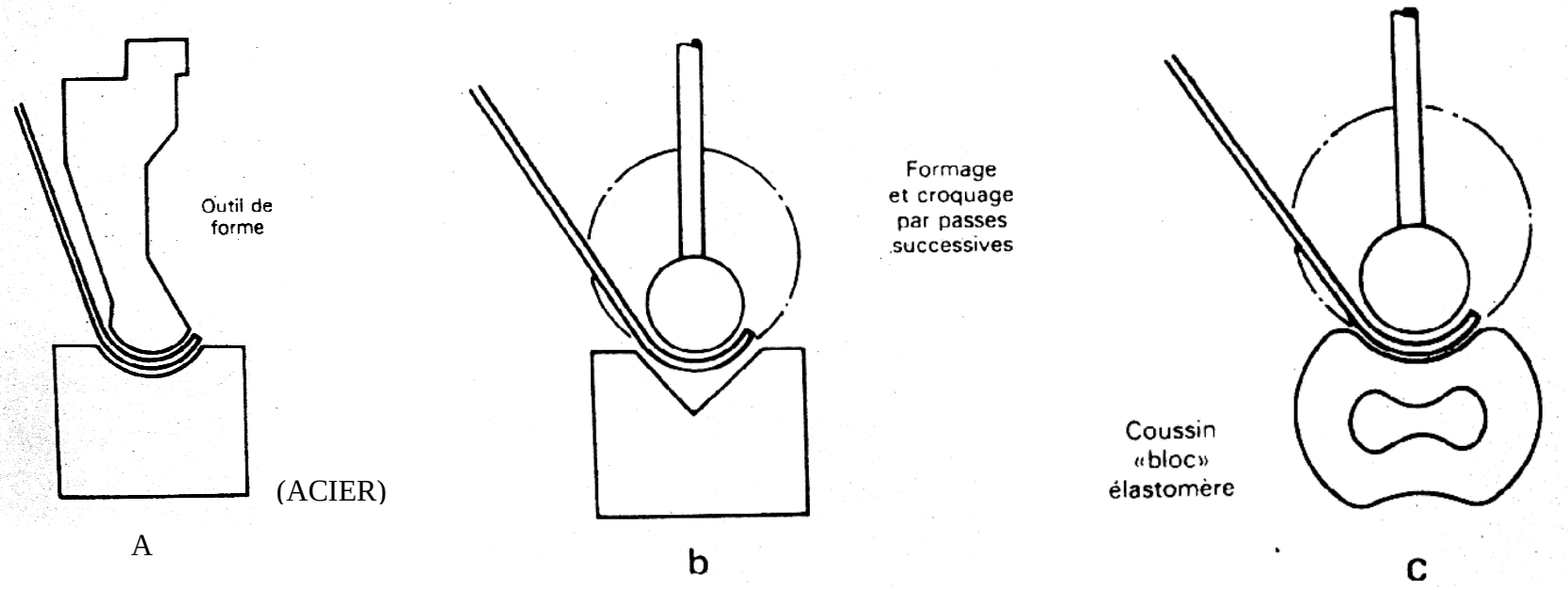
POSITION DES ROULEAUX POUR LE CINTRAGE CONIQUE SUR ROULEUSE



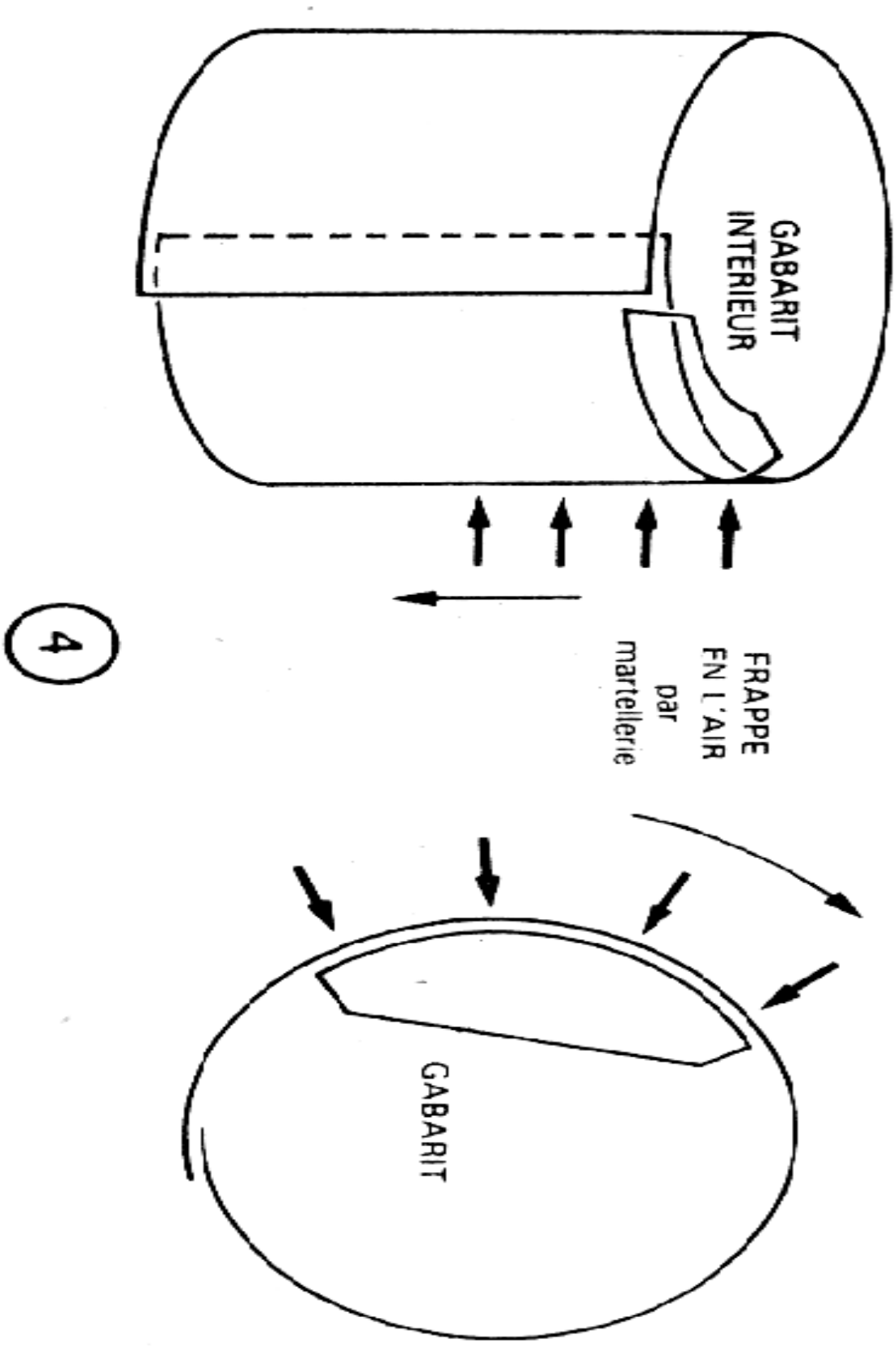




AMORCAGE DU CROQUAGE ET ROULAGE A LA PRESSE PLIEUSE



REGLAGE D'UNE VIROLE PAR GABARIT

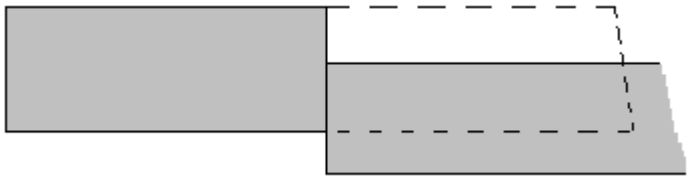


4

LA CISAILLE GUILLOTINE

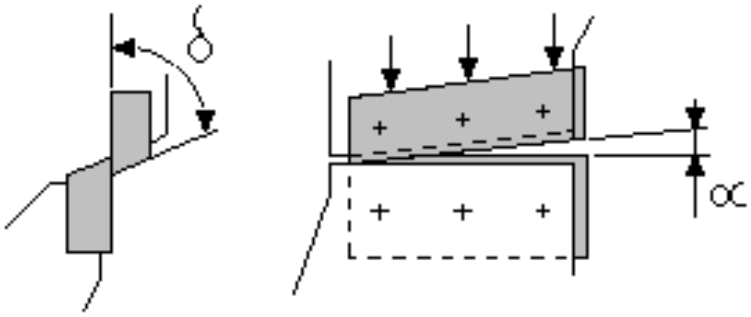
DEFINITION DU CISAILLAGE :

ON CONSIDÈRE QUE LE CISAILLAGE, 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

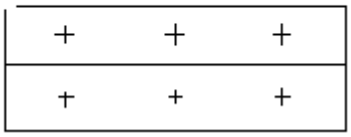
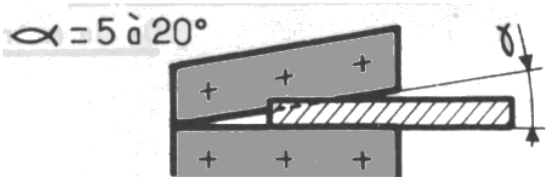
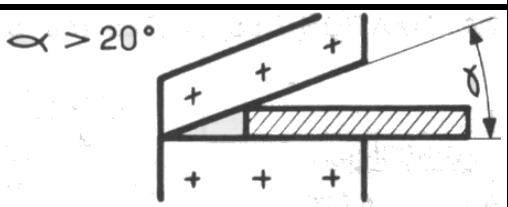
LA FORME MÊME DES LAMES ET LA DISPOSITION DE LA LAME MOBILE PAR RAPPORT À LA LAME FIXE DONNENT DEUX ANGLES CARACTÉRISTIQUES Δ ET A .



UN ANGLE DE TRANCHANT Δ

LA VALEUR DE L'ANGLE TRANCHANT Δ EST D'ENVIRON 80°.

UN ANGLE D'ATTAQUE DES LAMES A.

VALEUR DE L'ANGLE	EFFORT	DEFORMATION
$\alpha = 0$ 	TRES IMPORTANT	PRESQUE NULLE
$\alpha = 5$ à $20°$ 	REDUIT PAR DIMINUTION DE LA SURFACE EN CONTACT	PLUS A AUGMENTE PLUS LA DEFORMATION EST IMPORTANTE
$\alpha > 20°$ 	TRES REDUIT MINIMUM	LA TOLE SE DEROBE SOUS L'EFFORT DE COUPE

L'EFFORT DE CISAILLEMENT

D'APRES LA FORMULE GENERALE RG= F / S ON DEDUIT :

F = RG X S

F = EFFORT DE CISAILLEMENT EN NEWTON

S = SECTION GLISSANTE (LARGEUR CISAILLE X EPAISSEUR EN MM2)
RG = RESISTANCE AU CISAILLEMENT PAR UNITE DE SECTION EN N/MM2

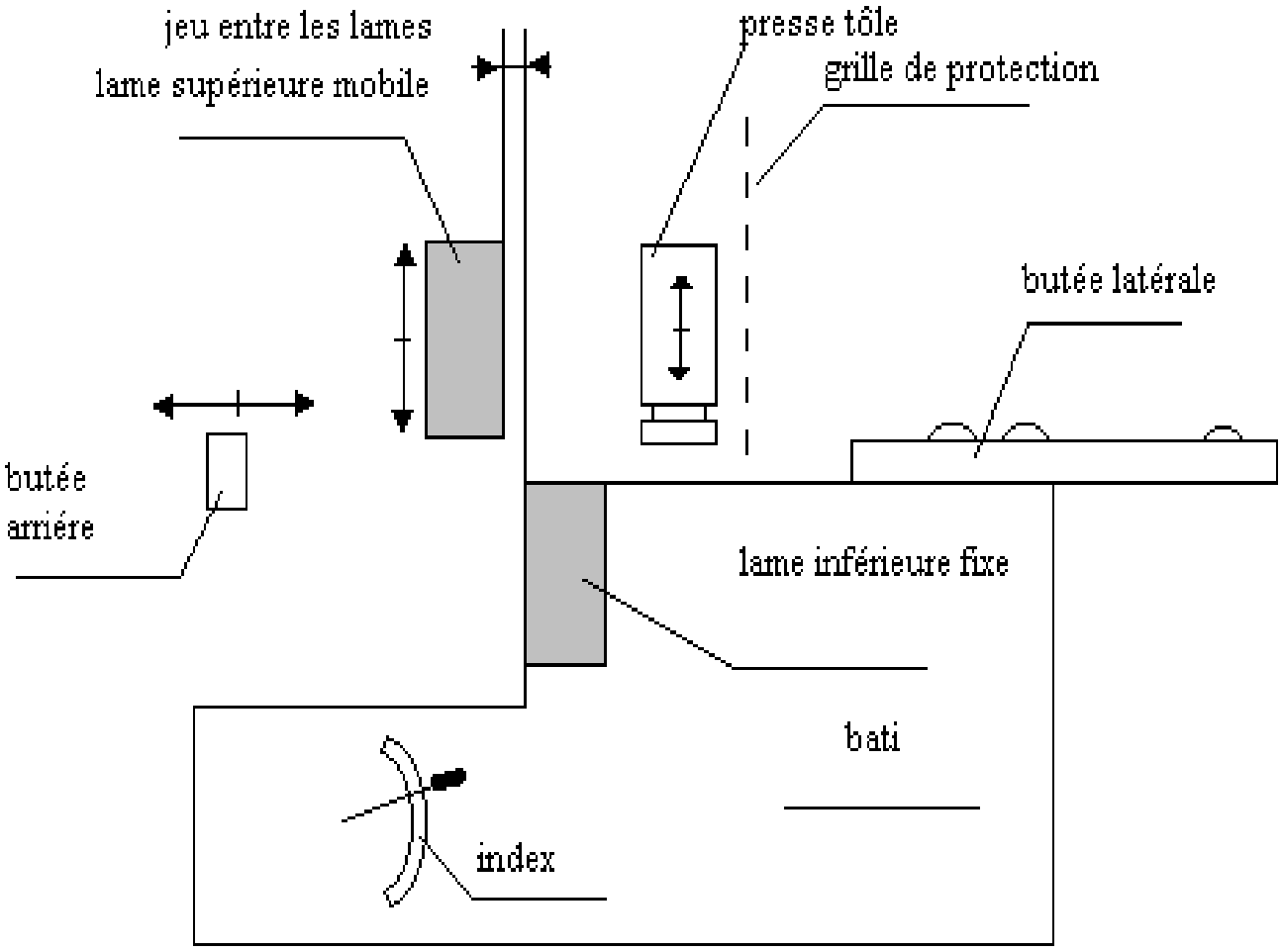
EXEMPLE D'APPLICATION :

CISAILLEMENT D'UN PLAT DE 300 X 10, RG = 12 DAN/MM2 SOIT 120N/MM2

LAME NON INCLINEE : F = RG X L X E

F = 120 X 300 X 10 = 360 000 N

PRINCIPE


jeu entre les lames
lame supérieure mobile
presse tôle
grille de protection
butée latérale
butée
arriére
lame inférieure fixe
bati
index

PLUS LA TOLE EST EPAISSE, PLUS LE JEU ENTRE LES LAMES EST IMPORTANT

COMMENT UTILISER LA CISAILLE GUILLOTINE AMADA

PARTIE COMMANDE *PARTIE OPERATIVE*

MISE EN ROUTE :

1. METTRE LE SELECTIONNEUR ET TOURNER LA CLEF.

2. METTRE LE COFFRET SOUS TENSION EN APPUYANT SUR

3. METTRE LE MOTEUR POMPE EN MARCHE EN APPUYANT SUR

4. FAIRE RECULER LA BUTEE ARRIERE EN APPUYANT SUR PUIS

PROGRAMMATION

- APPUYER SUR (VALID.)

- P - DONNER UN NUMERO DE PROGRAMME DE 0 A 99 PUIS (VALID.).

- Y - DONNER UNE COTE DE BUTEE EX : 150 PUIS (VALID.).

- N - DONNER LE NOMBRE DE COUPE EX : 10 PUIS (VALID.).

- H – DONNER LA DURETE DE LA MATIERE (ZONE GRISEE) PUIS (VALID.)..

MATIÈRE	DURETE	CAPACITE
ALU.	30	6 MM MAXI.
ACIER	45	4 MM MAXI.
INOX.	60	3 MM MAXI.

- E - DONNER L'EPAISSEUR DE LA MATIERE EN MM EX : 2MM PUIS (VALID.).

- L - DONNER LA LONGUEUR A COUPER EX : 270 PUIS (VALID.).

- Ц - EN CAS DE COUPE SUR CONTACT DES TOUCHES ELECTRIQUES, RENSEIGNER LES TOUCHES UTILISEES, 1POUR UTILISATION OU 0 AU REPOS EX : 1100 PUIS (VALID.).

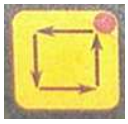
- П – UTILISE EN CAS D'OUVERTURE DU BAC A CHUTE, 1000 POUR OUVERTURE, 0000 SANS OUVERTURE, PUIS (VALID.).

- Г – 1 POUR UN RECUL DE LA BUTEE ARRIERE, O SANS RECUL PUIS (VALID.).

PENSER A REGLER LE JEU DES LAMES *AVANT TOUTE OPERATION DE DEBIT, A L'AIDE DE L'ABAQUE SUR MACHINE.* ***ATTENTION*** *EN CAS DE COUPE DE TOLE FINE, CERTAINES ERREURS DE REGLAGE (JEU TROP IMPORTANT) PEUVENT ENTRAINER UN COINCEMENT DE LA TOLE ET UNE DEGRADATION DES LAMES. L'OPERATEUR DOIT DONC VEILLER AU BON REGLAGE DE SA MACHINE PREALABLEMENT A TOUTE MODIFICATION DE L'EPAISSEUR OU DE LA NATURE DU MATERIAU A CISAILLER*

TRAVAIL :

SOIT EN FIN DE PROGRAMME, OU POUR APPELER UN PROGRAMME DEJA EN MEMOIRE.

- PASSER EN SEMI AUTO OU  EN AUTO

- APPUYER SUR LA TOUCHE START POUR POSITIONNER LES BUTEES.

ATTENTION RESTER APPUYE A FOND SUR LA PEDALE JUSQU'EN FIN DE COUPE.

LE PLIAGE (SUR TÔLE)

OBJECTIFS

- CALCULER LE DEVELOPPEMENT D'UNE TOLE PLIEE.
- CALCULER LA FORCE NECESSAIRE EN PLIAGE EN L'AIR.
- DETERMINER L'ORDRE DE PLIAGE.
- CALCULER LE DEVELOPPEMENT D'UNE TOLE PLIEE AVEC LE ΔL.

GENERALITES

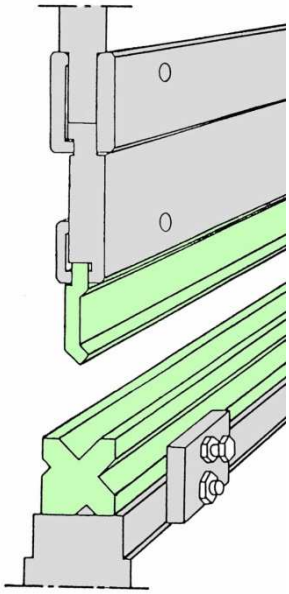
LE PLIAGE C'EST L'OPERATION DE MISE EN FORME QUI A POUR BUT DE DONNER A LA TOLE UN ANGLE OU UN PROFIL RECHERCHE. LE PLIAGE PEUT SE REALISER SOIT MANUELLEMENT SOIT MECANIQUEMENT, GENERALEMENT A FROID. AUJOURD'HUI LE PLIAGE MANUEL EST RAREMENT UTILISE. LES MACHINES A PLIER SONT ETUDIEES AFIN DE POUVOIR REALISER DIFFERENTS TRAVAUX DE PLIAGE. LES PROBLEMES DE PRODUCTIVITE RECLAMENT SANS CESSE DES CADENCES DE PLUS EN PLUS GRANDES. LA PLIEUSE UNIVERSELLE A CEDE LE PAS A LA PRESSE PLIEUSE. LA PRESSE PLIEUSE SE CLASSE PARMI LES MACHINES INDISPENSABLES AUX ATELIERS TRAVAILLANT LA TOLERIE, LA CHAUDRONNERIE.

TYPES DE MACHINES A PLIER

LA PLIEUSE UNIVERSELLE

ELLE FONCTIONNE MANUELLEMENT. C'EST UNE MACHINE INTERESSANTE POUR LES PLIAGES SPECIAUX CAR ON Y ADAPTE N'IMPORTE QUEL MONTAGE. LE TRAVAIL EST PRECIS ET PROPRE, POUR UN FAIBLE COUT. LA CADENCE DE TRAVAIL EST FAIBLE, ET L'EPAISSEUR DES TOLES A PLIER EST LIMITEE. LA LONGUEUR DE PLIAGE VARIE DE 0,7 M A 3 M ET L'EPAISSEUR DE PLIAGE DE 5 / 10^{EME} A 5 - 6 MM.

LA PRESSE PLIEUSE
CES MACHINES ONT ETE BEAUCOUP UTILISEES DANS L'INDUSTRIE DE MEME FORME QUE LA PLIEUSE UNIVERSELLE, MAIS DE FORCE PLUS IMPORTANTE, ELLE EST AUTOMATISEE. LE TABLIER PLIEUR MONTE PAR COMMANDE ELECTRIQUE, A L'ANGLE QUE L'ON DESIRE. LE SOMMIER MONTE ET DESCEND, SOIT PNEUMATIQUEMENT SOIT ELECTRIQUEMENT. L'OUTILLAGE EST LE MEME QUE CELUI DE LA PLIEUSE UNIVERSELLE AINSI QUE LE REGLAGE.



LES PRESSES PLIEUSES

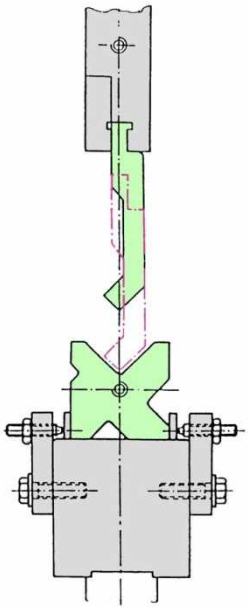
AUJOURD'HUI SE SONT LES MACHINES LES PLUS UTILISEES DANS L'INDUSTRIE. LES PRESSES PLIEUSES ONT UNE FORCE MAXIMALE QUI VA DE 50 A 800 TONNES POUR LES CHAUDRONNERIES LEGERES ET MOYENNES. SEULES, LES CHAUDRONNERIES LOURDES POSSEDENT DES PRESSES PLIEUSES ALLANT JUSQU'A 2 000 TONNES.

PRESSE PLIEUSE HYDRAULIQUE
(DOC. PROMECAM)

DEUX TECHNIQUES DE PLIAGE

LE PLIAGE EN L'AIR :

C'EST LA TECHNIQUE LA PLUS REPANDUE. C'EST UN PLIAGE PAR DEFORMATION ELASTIQUE, C'EST POURQUOI LES OUTILS (VE ET VE) ONT UN ANGLE DE 88°.
CETTE METHODE DONNE D'EXCELLENTE PRECISION ANGULAIRE ET MET EN JEU DES FORCES MOINS ELEVEES PAR RAPPORT AU PLIAGE EN FRAPPE, ON UTILISE LES OUTILS UNIVERSELS QUELQUE SOIT L'ANGLE VOULU.

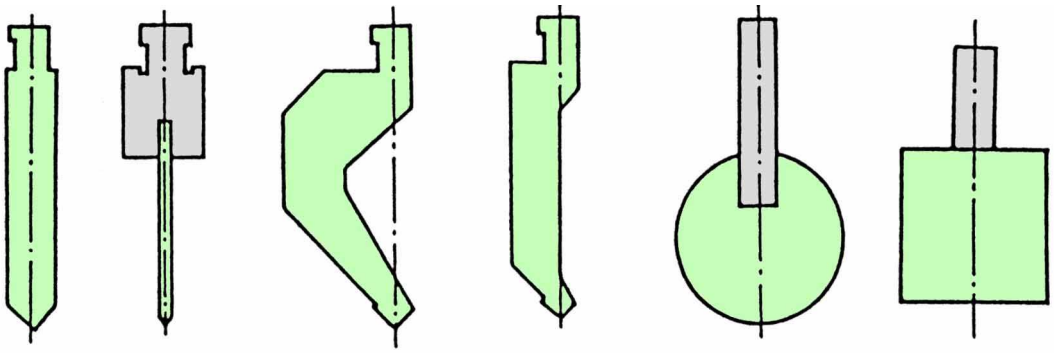


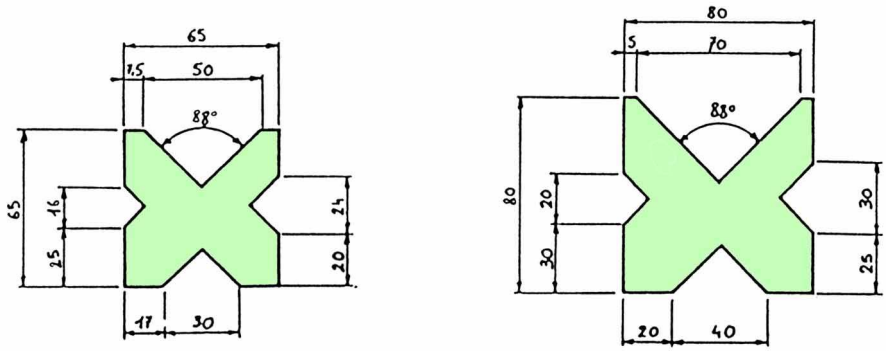
LE PLIAGE EN FRAPPE

C'EST UN PLIAGE PAR MATRIÇAGE, COMPARABLE A UN EMBOUTISSAGE. LES FORCES MISES EN JEU SONT DE 5 A 6 FOIS CELLES REQUISES POUR REALISER LE MEME PLI EN PLIAGE EN L'AIR. C'EST POURQUOI LE PLIAGE EN FRAPPE EST PLUTOT RESERVE AUX TOLES MINCES (JUSQU'A 1,5 A 2 MM). LE RAYON INTERIEUR DE PLIAGE (RI) EST TOUJOURS INFERIEUR A L'EPAISSEUR. L'ELASTICITE DU METAL EST ELIMINEE PAR LA PENETRATION DU POINÇON DANS LA TOLE. POUR CHAQUE ANGLE VOULU IL FAUT UN JEU D'OUTIL. LE PLIAGE EN FRAPPE EST EMPLOYE EN TOLERIE, POUR DES SERIES AYANT DES TOLERANCES ANGULAIRES SERREES.

LES OUTILS

ILS SONT EN ACIER TRAITE, OU EXECUTES EN ELEMENTS SOUDES POUR CERTAINS TRAVAUX.
LES OUTILS SIMPLES : DE FORMES VARIEES ILS SONT LES PLUS UTILISES.





LES OUTILS COMBINES : ILS PEUVENT FAIRE A LA FOIS UNE OPERATION DE PLIAGE ET DECOUPAGE, PLUSIEURS PLIS OU DES EMBOUTISSAGES LEGERS. CETTE DIVERSITE DE TRAVAUX DEMANDE DES OUTILLAGES COUTEUX QUE SEULE UNE FABRICATION DE GRANDE SERIE PEUT AMORTIR DANS UN TEMPS RELATIVEMENT COURT.

PLIAGE DE GROSSE EPAISSEUR
(DOC. PROMECAM)

AVANTAGES DE LA PRESSE PLIEUSE

RAPIDITE DE FONCTIONNEMENT — GAIN DE TEMPS
CHANGEMENT RAPIDE DES OUTILS — GAIN DE TEMPS
SOUPLESSE DE FONCTIONNEMENT — PRESSION CONSTANTE
FACILITE DE REGLAGE
PARALLELISME RIGOUREUX ET CONSTANT
INTERCHANGEABILITE ASSUREE
POSSIBILITE D'ARRET EN TOUS POINTS — UNE SECURITE

CALCUL DES LONGUEURS DÉVELOPPÉES

LE PLIAGE PEUT-ETRE CONSIDERE COMME UN CINTRAGE A COURT RAYON.
LE CALCUL DES LONGUEURS DEVELOPPEES SE RESOUT EN TENANT COMPTE DE LA FIBRE NEUTRE

RAPPEL SUR LA FIBRE NEUTRE :

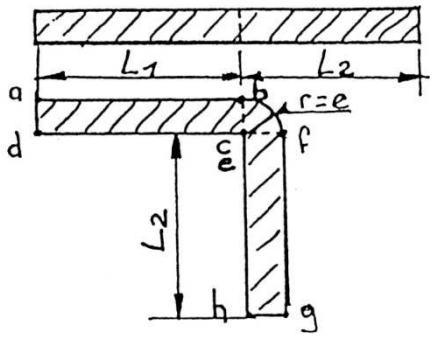
DANS L'EPAISSEUR D'UNE TOLE, C'EST LA FIBRE QUI NE SUBIT AUCUN ALLONGEMENT OU RACCOURCISSEMENT LORS D'UN PLIAGE OU D'UN CINTRAGE.
LA POSITION DE LA FIBRE NEUTRE DEPEND DU RAPPORT ENTRE L'EPAISSEUR ET LE RAYON INTERIEUR DE PLIAGE OU DE CINTRAGE.
LA FIBRE NEUTRE SERA AU TIERS DE L'EPAISSEUR SI RI < 3 EP.
LA FIBRE NEUTRE SERA A LA MOITIE DE L'EPAISSEUR SI RI > 3 EP.

RAYON INTERIEUR MINIMAL ADMISSIBLE PAR LE METAL NOUS EST DONNE PAR CE TABLEAU.

METAL	EPAISSEUR DES TÔLES EN MM										
	1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**	**> 10**
ACIER DOUX INOX ACIER MI- DUR	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	RI ⩾ EP.
ALU. RECUIT	2,5	5	7,5	10	12,5	15	17,5	20	22,5	25	RI ⩾ 2,5 EP.
ALU. ECROUI	2,5	5	7,5	10	12,5	15	17,5	20	22,5	25	RI ⩾ 2,5 EP.
AG3	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	RI ⩾ EP.
AG5	1	3	5	7	10	13	16	20	25	30	RI ⩾ 3 EP.
AU4G	1	3	4,5	6	7,5	9	10,5	12	13,5	15	RI ⩾ 1,5 EP.
RECUIT	2	3,5	5	6,5	8	9,5	11	12,5	14	16	RI ⩾ 1,6 EP.
AU4G	3	6	9	12	15	18	21	24	27	30	RI ⩾ 3 EP.
ECROUI	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	RI ⩾ 5 EP.
CUIVRE	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	RI ⩾ EP.
RECUIT	2,5	5	7,5	10	12,5	15	17,5	20	22,5	25	RI ⩾ 2,5 EP.
CUIVRE	1	3	5	7	10	13	16	20	25	30	RI ⩾ 3 EP.
ECROUI LAITON 1ER TITRE											

LE PLIAGE DOIT ETRE EXECUTE SELON UN RAYON MINIMAL PROPORTIONNEL A L'EPAISSEUR DU METAL, VARIANT AVEC LA NATURE DE CELUI-CI ET SON ETAT (RECUIT, ECROUI).

EN EFFET, SI L'ON PLIAIT A 90° UNE TOLE D'ACIER DOUX AVEC UN ANGLE INTERIEUR VIF, ON POURRAIT CROIRE QUE LA FORME SERAIT CELLE DE LA FIGURE CI-DESSOUS.



CELA N'EST PAS POSSIBLE CAR IL FAUDRAIT TROUVER LE METAL FORMANT LE QUART DE CYLINDRE DE RAYON R. SI LES SECTIONS A, B, C, D ET E, F, G, H N'ONT PAS VARIE D'EPAISSEUR LE QUART DE CERCLE BCF NE PEUT EXISTER, LA TOLE SE COUPERAIT EN BC ET CF.

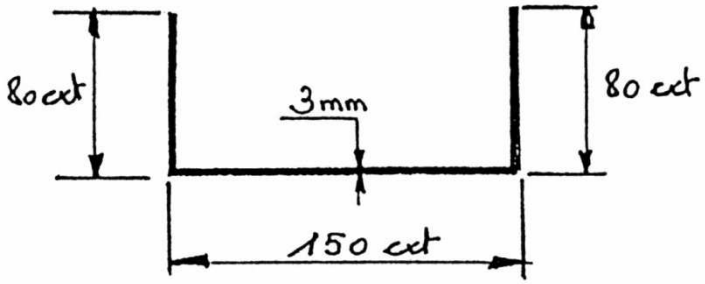
LE RAYON INTERIEUR SELON LE VE CHOISI EST INDIQUE SUR L'ABAQUE DE PLIAGE.
CHOIX D'UN VE D'APRES L'EPAISSEUR DE METAL A PLIER

POUR EP < 10 MM VE = 8 EP
POUR EP > 12 MM VE = 10 EP

SI LE VE CONSEILLE NE PEUT ETRE RETENU (PETIT BORD IRREALISABLE OUTILLAGE INDISPONIBLE, FORCE INSUFFISANTE), ADOPTER UN VE DONT L'OUVERTURE VOISINE DE LA VALEUR CONSEILLEE (VALEURS ENCADREES EN GRAS).

APPLICATIONS

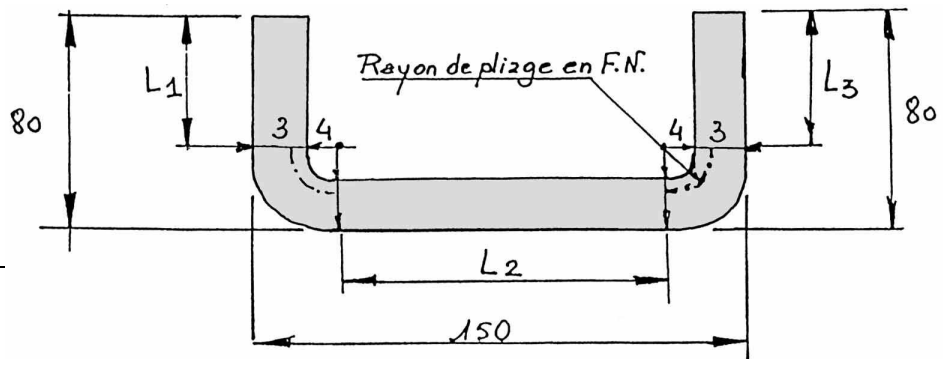
1ER PROBLEME :
CALCULER LA LONGUEUR DEVELOPPEE DU PROFIL EN S 235 JR DEFINI CI-DESSOUS. LE



PLIAGE S'EFFECTUERA A LA PRESSE PLIEUSE.

D'APRES LE COURS QUE NOUS VENONS DE VOIR C'EST LE CHOIX DU VE QUI NOUS DETERMINE LE RAYON INTERIEUR DE PLIAGE (RI)
APPLIQUONS LA RELATION SUR LA LARGEUR DU VE EN FONCTION DE L'EPAISSEUR.

VE = 8E VE = 8 X 3 = 24
LE VE DE 24 MM N'EXISTE PAS DONC NOUS PRENDRONS LE VE DE 25 MM QUI NOUS DONNE UN RI =4 MM.
VERIFIONS SI LE RI EST ADMISSIBLE A L'AIDE DU TABLEAU 1 (LES RAYONS MINIMAUX ADMISSIBLES) EN ACIER DOUX EP. 3 RAYON MINIMAL = 3 DONC LES COTES DE NOTRE PROFIL SERA :



POSITION DE LA FIBRE NEUTRE (F.N.)

ICI LA F.N. SERA AU TIERS DE L'EPAISSEUR CAR RI < 3 EP. (4 < 9)
F.N. AU 1 / 3 = 3/3 = 1 MM
(RI + F.N. 1 / 3)
RAYON DE PLIAGE EN F.N. = 4 MM + 1 MM = 5 MM

LONGUEUR DEVELOPPEE D'UN ARRONDI = (π X 5) / 2 = 7,85.

LONGUEUR DEVELOPPEE TOTALE DU PROFIL

	L1 : 80 – 7	= 73
	L2 : 150 – 14	= 136
	L3 : 80 – 7	= 73
=> 2 ARRONDIS	7,85 X 2	= 15,7 / 297,7 MM

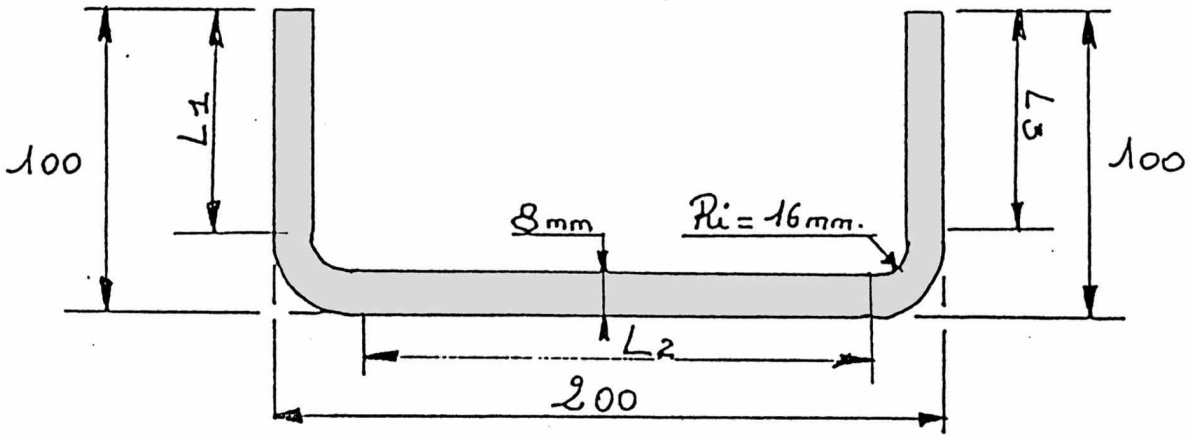
CALCUL PRATIQUE A L'ATELIER

LE CALCUL DES LONGUEURS DEVELOPPEES SE RECHERCHE EN ADDITIONNANT LES COTES INTERIEURES DU PROFIL.

80 – 3	= 77
150 – 6	= 144
80 – 3	= 77 / 298 MM

REMARQUE *:* NOUS CONSTATONS QU'AVEC LES DEUX METHODES NOUS OBTENONS LE MEME RESULTAT EN CHOISISSANT LA METHODE VE = 8 EP.

2EME PROBLEME :
CALCULER LE DEVELOPPEMENT D'UN PROFIL EN S 235 JR DEFINI CI-DESSOUS. LE PLIAGE ETANT EFFECTUE A LA PRESSE PLIEUSE



D'APRES LE PROBLEME N°1 :

CHOIX DU VE D'APRES L'EPAISSEUR ET LE RAYON IMPOSE

VE 100 RI = 16 MM

RAYON DE PLIAGE EN F.N. = 16 + 8/3 = 18,65

2 RAYONS π X 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 IMPOSE. CALCULER LE DEVELOPPEMENT DE CE MEME PROFIL EN S 235 JR.
TROUVER LA LONGUEUR DEVELOPPEE A L'AIDE DES DEUX METHODES COMME AU PROBLEME N°1.
QUE CONSTATEZ-VOUS ENTRE VOS RESULTATS ET 362, 6 MM ?
ANALYSER ET TIRER UNE CONCLUSION.

CALCUL DE LA FORCE NECESSAIRE

AYANT DETERMINE LE VE EMPLOYE ET CONNAISSANT L'EPAISSEUR IL EST FACILE DE LIRE LA FORCE NECESSAIRE A EMPLOYER POUR PLIER SUR UNE LONGUEUR DE 1 METRE.

EXEMPLE : AU PROBLEME N°1 LE PROFIL DE U 80 X 150 X 80 EST A PLIER.

NOUS AVONS CHOISI UN VE = 8 EP. = 25
EP. = 3

REGARDEZ SUR L'ABAQUE, IL FAUT 24 X 10 N / M POUR PLIER 1 M DE U.

IL SUFFIT D'EFFECTUER UNE REGLE DE TROIS POUR OBTENIR LA FORCE NECESSAIRE A 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 NECESSAIRE ?

$$\frac{24 \times 2600}{100} = 24 \times 2\,6 = 624 \times 10 \text{ N / M}$$

L'ABAQUE EST ETABLI POUR UN ACIER A 40, A 45 DAN / MM DE RESISTANCE, A LA RUPTURE POUR UN PLIAGE EN L'AIR.

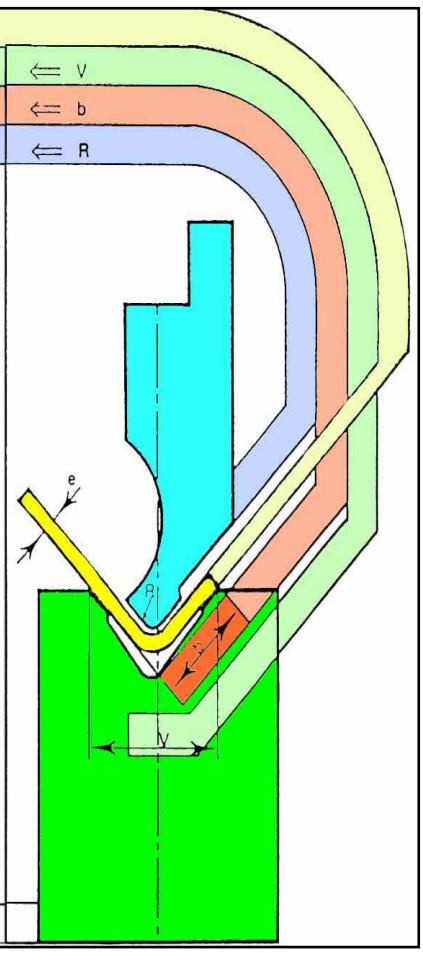
EXERCICES :

- CHERCHER LA FORCE NECESSAIRE POUR PLIER CES TOLES
  - UNE TOLE DE 3 MM SUR 1250 EN E 24
  - UNE TOLE DE 6 MM SUR 800 MM EN E 24
  - UNE TOLE DE 10 MM SUR 3020 MM EN E 24
  - UNE TOLE DE 5 MM SUR 2350 EN ACIER 70 DAN / MM A LA RUPTURE

BIEN CHOISIR LE VE EN FONCTION DU RAYON MINIMUM ADMISSIBLE

ABAQUE DE PLIAGE

	6	8	10	12	16	20	25	32	40	50	63	80	100	125	160	200	250	320	400	500	630	⇐ V
	4	5,5	7	8,5	11	14	17,5	22	28	35	45	55	71	89	113	140	175	226	280	350	450	⇐ b
	1	1,3	1,6	2	2,6	3,3	4	5	6,5	8	10	13	16	20	26	33	41	53	65	83	100	⇐ R
0,6	4	4																				
0,8	**7**	5	4																			
1	11	**8**	7	6																		
1,2	16	12	**10**	8	6																	
1,5		17	15	**13**	9	8																
2			27	22	**17**	13	11															
2,5				35	26	**21**	17	13														
3					38	30	**24**	19	15													
4						54	42	**34**	27	21												
5							67	52	**42**	33	26											
6								75	60	**48**	38	30										
8									107	85	**68**	53	43									
10										134	105	**85**	67	53								
12												120	96	**78**	60							
15													150	120	**96**	75						
20														215	170	**135**	108	85				
25															265	210	**170**	130	105			
30																300	240	**190**	150	120		
40																	430	340	**270**	215		
60																		525	420	**340**	270	



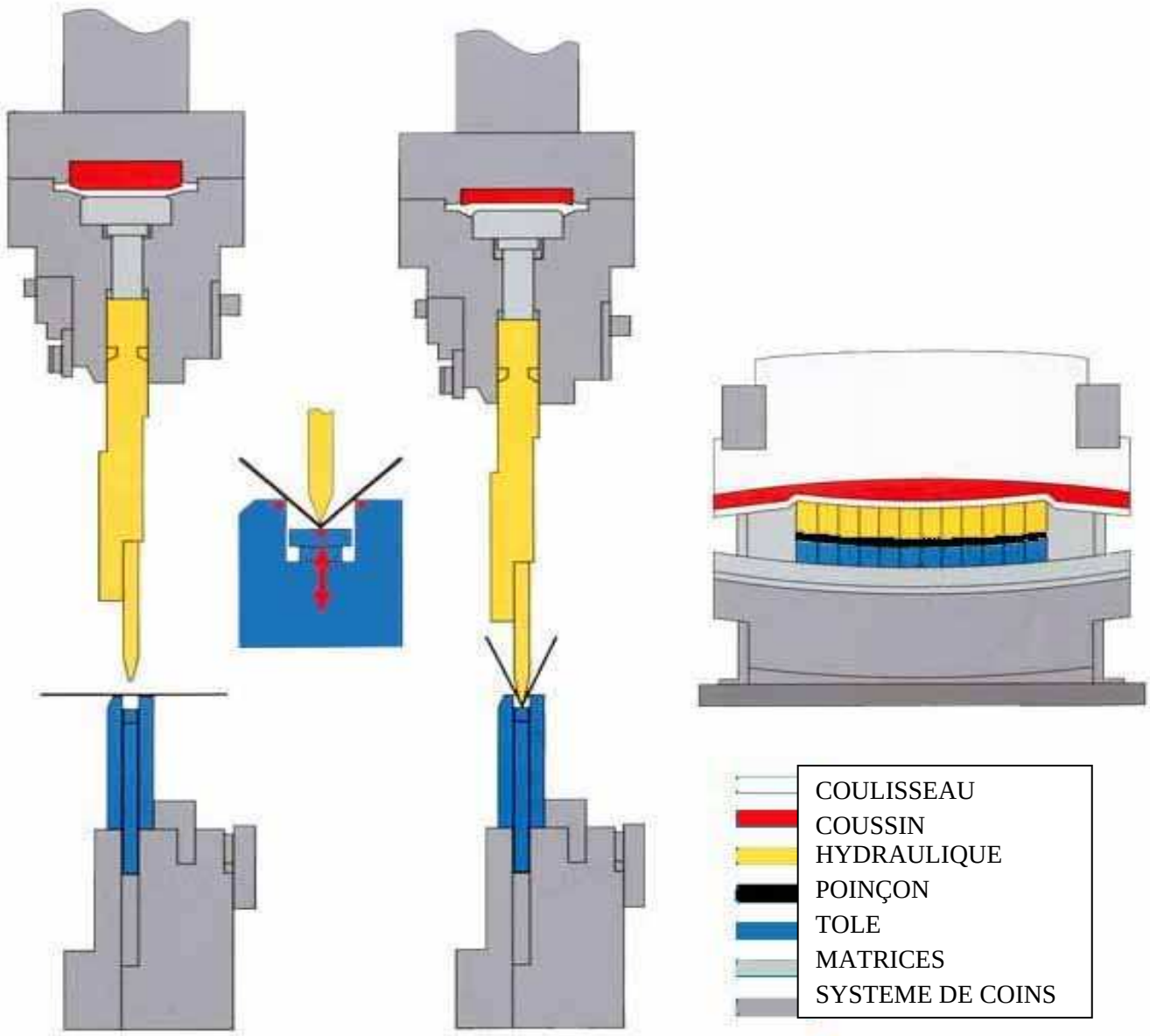
LES PRESSES PLIEUSES CN

LES PRESSES PLIEUSE A COMMANDE NUMERIQUE SONT DE PLUS EN UTILISES DANS LES CHAUDRONNERIES MOYENNES ET INCONTOURNABLES DANS LES TOLERIES, LA PRECISION ET LA RAPIDITE DE REGLAGE AUTOMATIQUE (BUTES, FORCE, ANGLE + CORRECTION) CONVIENT AUSSI BIEN POUR LES GRANDES SERIES QUE POUR LES PIECES UNITAIRES.

PRESSE PLIEUSE CN
(DOC. TRUMPH)

PRESSE PLIEUSE CN
(DOC. HAMMERLE)

SCHEMA DU SYSTEME A 3 POINTS DE LA PRESSE PLIEUSE HAMMER



LE SYSTEME A 3 POINTS

LE COUSSIN HYDRAULIQUE COMPENSE LES INFLUENCES DE L'ELASTICITE RESIDUELLE EXTERIEURE ET DU COTE MACHINE, ET GARANTIT UNE REPARTITION UNIFORME DES FORCES SUR LA LONGUEUR DE PLIAGE RESPECTIVE.

ANGLE DE FLEXION CONSTANT.

CONTRAIREMENT AU PLIAGE LIBRE, LA TECHNIQUE A 3 POINTS GARANTIT UN ANGLE DE PLIAGE QUI NE VARIE JAMAIS.
CET ANGLE DE PLIAGE EST DETERMINE PAR LES DEUX ARETES DE PENETRATION DE LA MATRICE ET PAR LE FOND DE MATRICE REGLABLE EN HAUTEUR. L'OUTIL SUPERIEUR SEGMENTE EST SOUTENU PAR DES COUSSINS HYDRAULIQUES, CE QUI PERMET DE SUPPRIMER TOUTES LES INFLUENCES MECANIQUES PENDANT L'OPERATION DE PLIAGE.

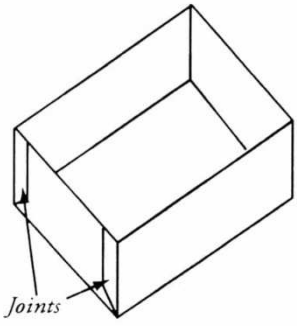
L'OPERATION DE PLIAGE A 3 POINTS EST UN TYPE DE DEFORMATION TRES SIMILAIRE AU PLIAGE D'ESTAMPAGE. LES TOLERANCES D'EPAISSEUR DE TOLE N'EXERCENT QU'UNE INCIDENCE MINEURE, CONTRAIREMENT AU PLIAGE LIBRE.

UN PLIAGE DE HAUTE QUALITE EST GARANTI GRACE AU COUSSIN HYDRAULIQUE, MEME LORSQU'ON TRAVAILLE SUR PLUSIEURS POSTES DE LA MACHINE.

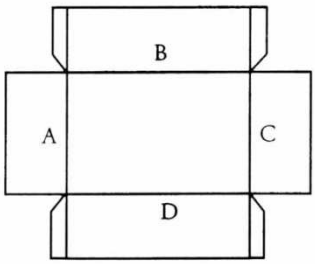
LES DEVELOPPES COMPLEXES

ON ENTEND PAR DEVELOPPES COMPLEXES, LES TECHNIQUES DE PLIAGE UTILISEES POUR RESOUDRE CERTAINES OPERATIONS DE MISE EN FORME, QUE L'ON NE PEUT PAS REALISER A LA PRESSE PLIEUSE SELON L'OUTILLAGE DONT ON DISPOSE.

EXEMPLE : BOITE A COINS RABATTUS

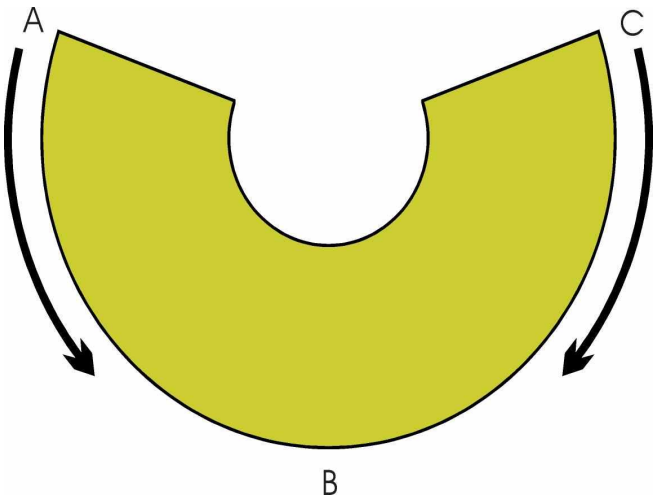


COMMENCER PAR PLIER A ET C PUIS TERMINER PAR B ET D.
LES JOINTS NE SERONT PAS PLIES SI L'ON INVERSE LES OPERATIONS ET QUE L'ON COMMENCE PAR B ET D.
POUR PLIER B ET D IL FAUDRA UN COUTEAU FRACTIONNE (DE LA LONGUEUR DU PLI MOINS 10 MM).



LE CINTRAGE PAR PLIS SUCCESSIFS :

L'ECART ENTRE 2 PLIS DOIT ETRE EGAL A 1,5 FOIS L'EPAISSEUR (EX. : EP 30 MM, ECART 45 MM).

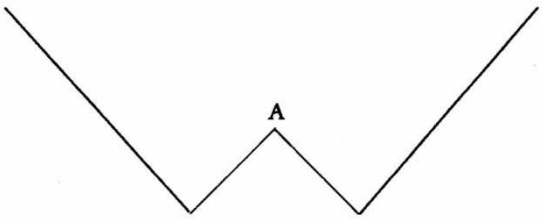


SI L'ON VEUT OBTENIR UN CINTRAGE RAPIDE ET BON MARCHE (LEGEREMENT GORET), L'ECART ENTRE LES PLIS SERA TOUS LES 3 A 4 FOIS L'EPAISSEUR VOIR PLUS.
POUR UN CINTRAGE PARFAIT (EN VUE D'UNE FINITION POLIE MIRROIR , SANS MARQUES VISUELLES ET AU TOUCHER, L'ECART ENTRE LES PLIS SERA TOUTES LES EPAISSEURS VOIR MOINS ET L'ON PREFERERA UN POINÇON ROND A UN POINÇON POINTU.

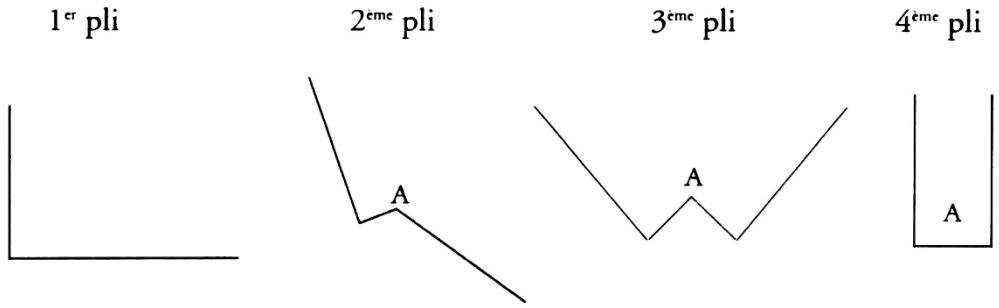
AVEC UNE PRESSE PLIEUSE, IL FAUT COMMENCER DES POINTS A ET C, POUR FINIR AU POINT B.
LE PRINCIPE DE FORMAGE EST SURTOUT UTILISE POUR LES FORTES EPAISSEURS LE FORMAGE DES TRONCS DE CONES ET DES TREMIES.

PLIAGE D'UN U

PRENONS L'EXEMPLE DU PLIAGE D'UN U DE 150 MM DE HAUTEUR ET 40 MM DE LARGEUR. LE U ETANT TROP ETROIT, IL NE PASSE PLUS A LA PRESSE PLIEUSE.



ON DOIT EFFECTUER UN CONTRE-PLI EN A, QUE L'ON REDRESSERA ENSUITE.



REMARQUE :

CHAQUE PROBLEME DE PLIAGE DOIT ETRE ANALYSE AVANT LA MISE EN ŒUVRE
POUR LES PIECES COMPORTANT PLUSIEURS PLIS, IL FAUT ETUDIER UN ORDRE DE PLIAGE

LA PLUPART DES ERREURS DE PLIAGE ENTRAINENT LA PERTE DE LA PIECE.

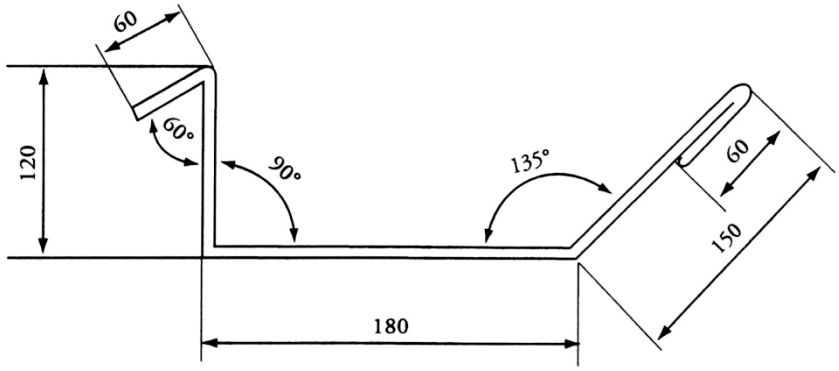
UTILISATION DE DELTA L

1/. QUAND UTILISER DELTA L ?

A) LA LONGUEUR DEVELOPPEE SE CALCULE EN COTE INT. POUR DES PLIS A 90°, LORSQUE LE PLI EST DIFFERENT DE 90°, ON UTILISE « DELTA L ».
B) SI, PAR RAPPORT A L'EPAISSEUR A PLIER, ON N'A PAS LE BON VE ON PEUT UTILISER UN VE, SUPERIEUR, MAIS LE CALCUL DE LA LONGUEUR DEVELOPPEE SE FERA AVEC « DELTA L ».

EXEMPLE DE CALCUL

TOLE EP. 3 MM PLIAGE VE DE 25 MM



ADDITIONNER LES LONGUEURS DES PARTIES DROITES (EXTERIEURES) ET LES CORRECTIONS DE «DELTA L» CORRESPONDANTES (POSITIVES OU NEGATIVES), SUIVANT LES ANGLES.

2/. DEVELOPPEMENT

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

CALCULATEUR DE PLIAGE

CORRECTEUR DE PLIAGE ΔI (VALBLE POUR LE PLIAGE EN L'AIR)
LES VALEURS EN CARACTERES GRAS, SONT LES PLUS UTILISEES (DE COULEUR ROUGE SUR LA REGLETTE PROMECAM) :

EP : ÉPAISSEUR DE LA TOLE
VE : LARGEUR DE VE
RI : RAYON INTERIEUR DE PLIAGE
F : FORCE DE PLIAGE EN T / M
B : BORD MUNI EN COTE EXTERIEURE
α °: ANGLE DE PLIAGE
ΔI : CORRECTEUR DE PLIAGE.

ép ⇩	Vé	ri	F	B	α° ⇨	165	150	135	120	105	90	75	60	45	30	15	0
0,6	**6**	**1**	**4**	**4**		-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	Δ/ ⇨	-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	-05	+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	α° ⇨	165	150	135	120	105	90	75	60	45	30	15	0
8	40	6,5	107	28		-1,5	-3,1	-5	-7,4	-11	-15	-13	-10	-8	-5,7	-3,3	-1
	50	8	85	35	Δl ⇨	-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)

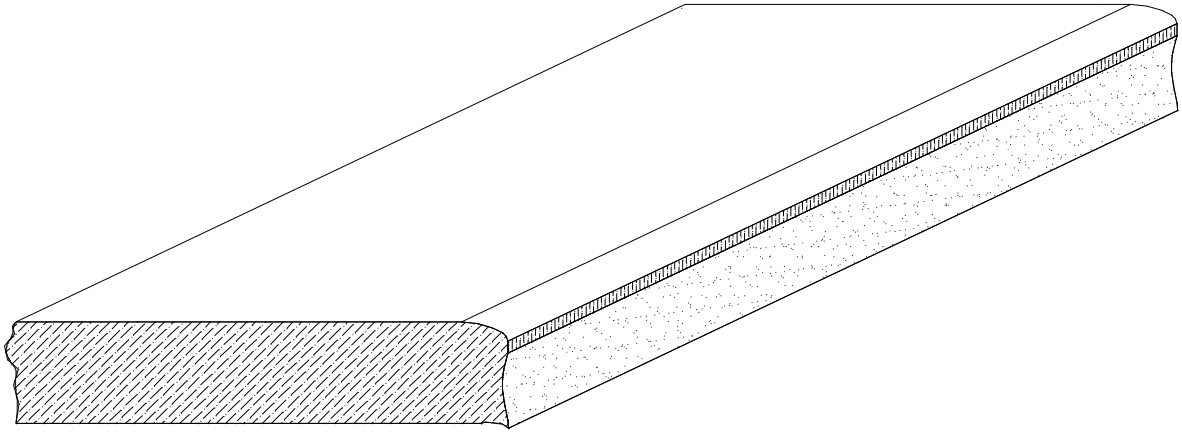
REGLE DE CALCUL POUR OBTENIR LE DEVELOPPE D'UN PROFIL EN TOLE PLIEE A L'AIDE DU ΔI
LA LONGUEUR DEVELOPPEE EST = A LA Σ, DES COTES EXTERIEURES + LA Σ ALGEBRIQUE DES ΔI

POINCONNAGE - GRIGNOTAGE

LES EFFETS DU CISAILLAGE

AU MOMENT DU CISAILLAGE , LA POUSSEE DES LAMES PRODUIT DES EFFETS IMPORTANTS SUR LE METAL :

- ECRASEMENT ,
- DEFORMATION ,
- FISSURATION , ETC..

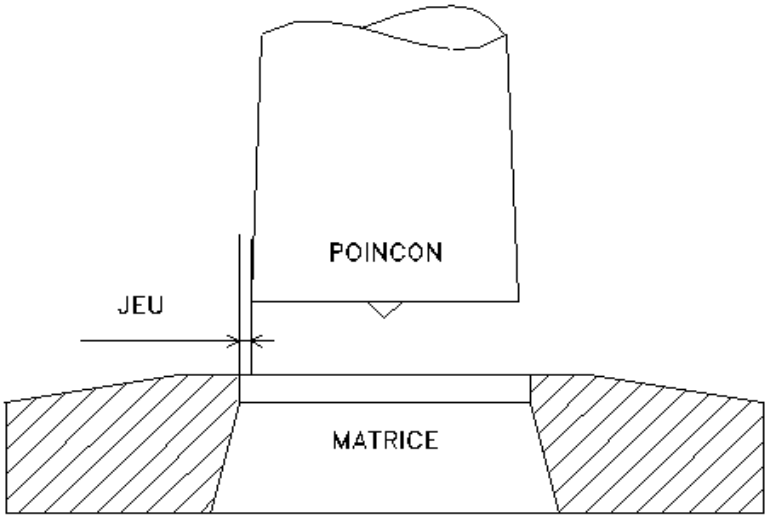


EN EFFET , LE CHANT D'UNE PIECE CISAILLEE N'EST JAMAIS PARFAITEMENT UNI, PERPENDICULAIRE NI RECTILIGNE, BIEN QUE LES DEFORMATIONS CAUSEES SUR TOLES MINCES SOIENT TRES PEU VISIBLES.

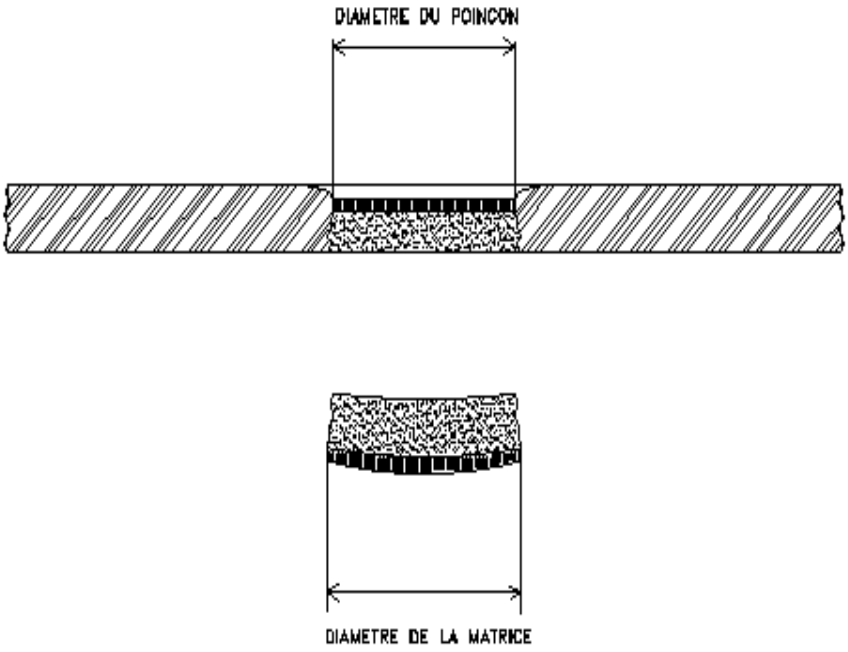
ASPECT D'UN TROU DE POINÇONNAGE

PUISQUE LE POINÇONNAGE EST UNE FORME DE CISAILLAGE, LE CONTOUR D'UN TROU DE POINÇONNAGE PRESENTE LE MEME ASPECT QUE LES CHANTS CISAILLES D'UNE FEUILLE DE METAL.

A CAUSE DE L'ESPACEMENT REQUIS ENTRE LES TRANCHANTS, LES DIMENSIONS DU POINÇON SONT TOUJOURS INFERIEURES A CELLE DE LA MATRICE. EN CONSEQUENCE, LE TROU DE POINÇONNAGE PRESENTE DES DIAMETRES DIFFERENTS DE PART ET D'AUTRE DE LA PIECE POINÇONNEE.



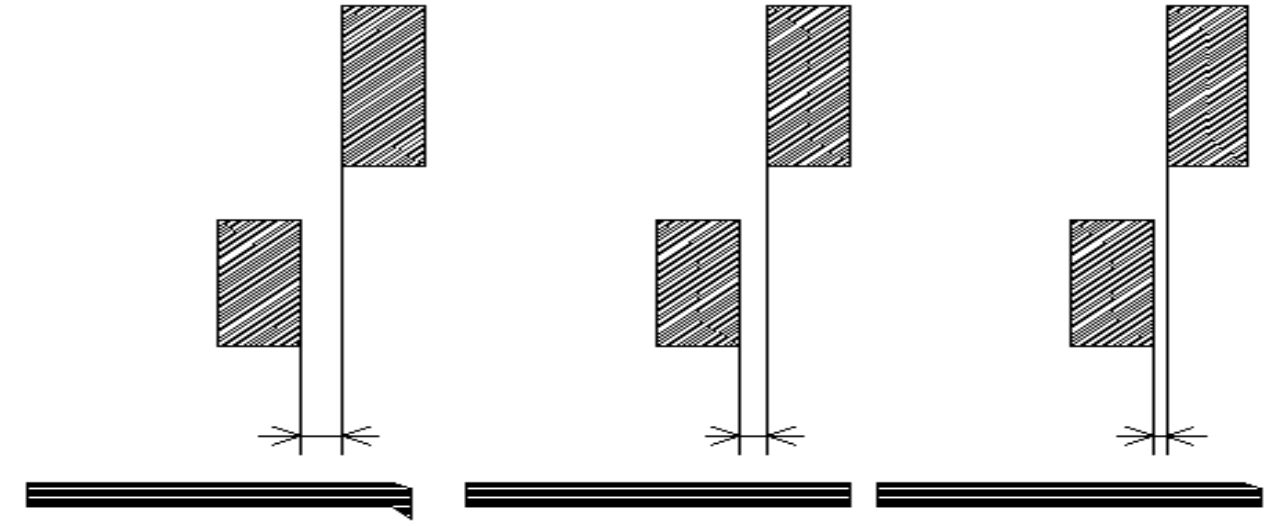
EN EXAMINANT LA PARTIE DU METAL QUI EST REELLEMENT CISAILLEE, ON CONSTATE QUE LE POINÇON N'A PAS A TRAVERSER ENTIEREMENT LA FEUILLE DE METAL POUR QUE LE POINÇONNAGE S'EFFECTUE. LE DEGRE DE PENETRATION REQUIS VARIE AVEC L'EPAISSEUR ET LA DURETE DU MATERIAU A POINÇONNER.



POURCENTAGE REQUIS DE PENETRATION DU POINÇON

EPAISSEUR DU METAL (MM)	1	1.5	2	3	4	5	6	8	10	12	15	20	25
PENETRATION REQUISE DU POINÇON (%)	85%	75 %	70 %	65 %	60 %	55 %	50 %	46 %	43 %	40 %	35 %	30 %	25 %

JEU DE POINCONNAGE



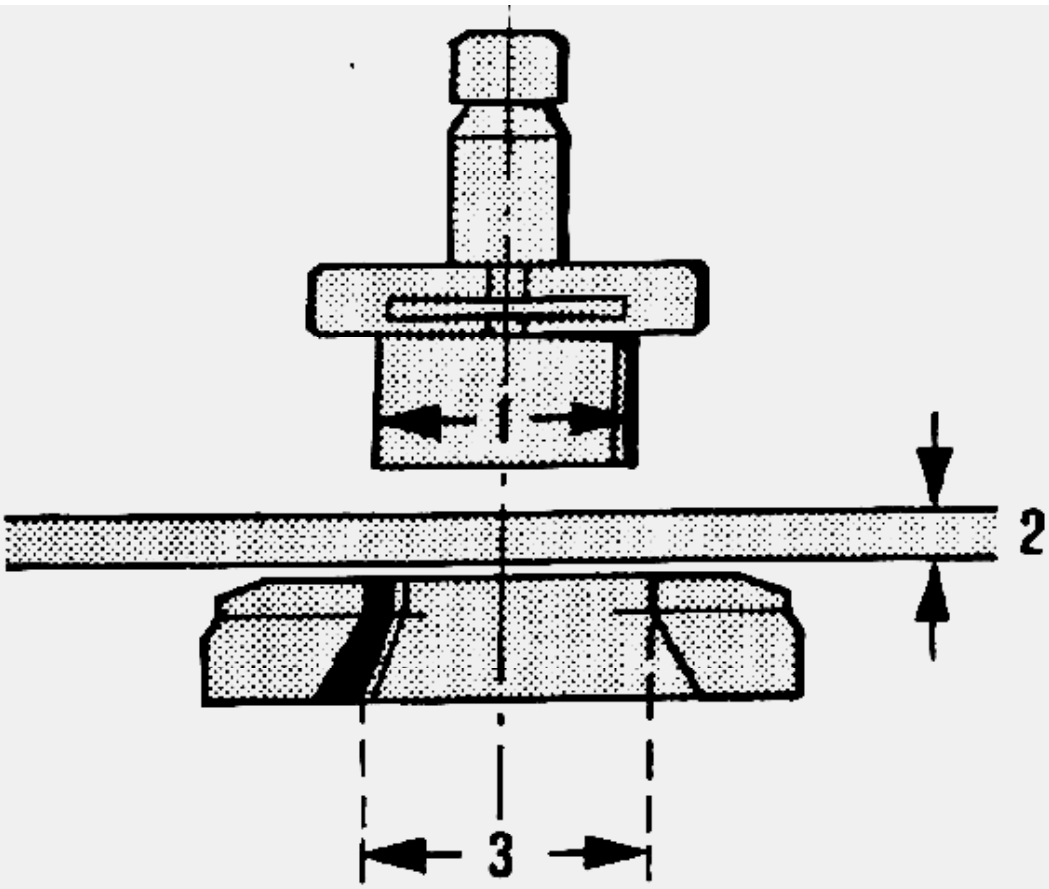
JEU EXCESSIF
BAVURE

JEU NORMAL
COUPE NORMALE

JEU TROP SERRE
REBORD ECRASE

PRINCIPAUX METAUX	**EPAISSEUR**		
	JUSQU'A 6 MM	**DE 6 A 12 MM**	**12 ET PLUS**
ALUMINIUM	8 % DE L'EPAISSEUR	10 % DE L'EPAISSEUR	12 % DE L'EPAISSEUR
ACIER DOUX	6 % DE L'EPAISSEUR	8 % DE L'EPAISSEUR	10 % DE L'EPAISSEUR
ACIER INOXYDABLE	2 % DE L'EPAISSEUR	4 % DE L'EPAISSEUR	7 % DE L'EPAISSEUR

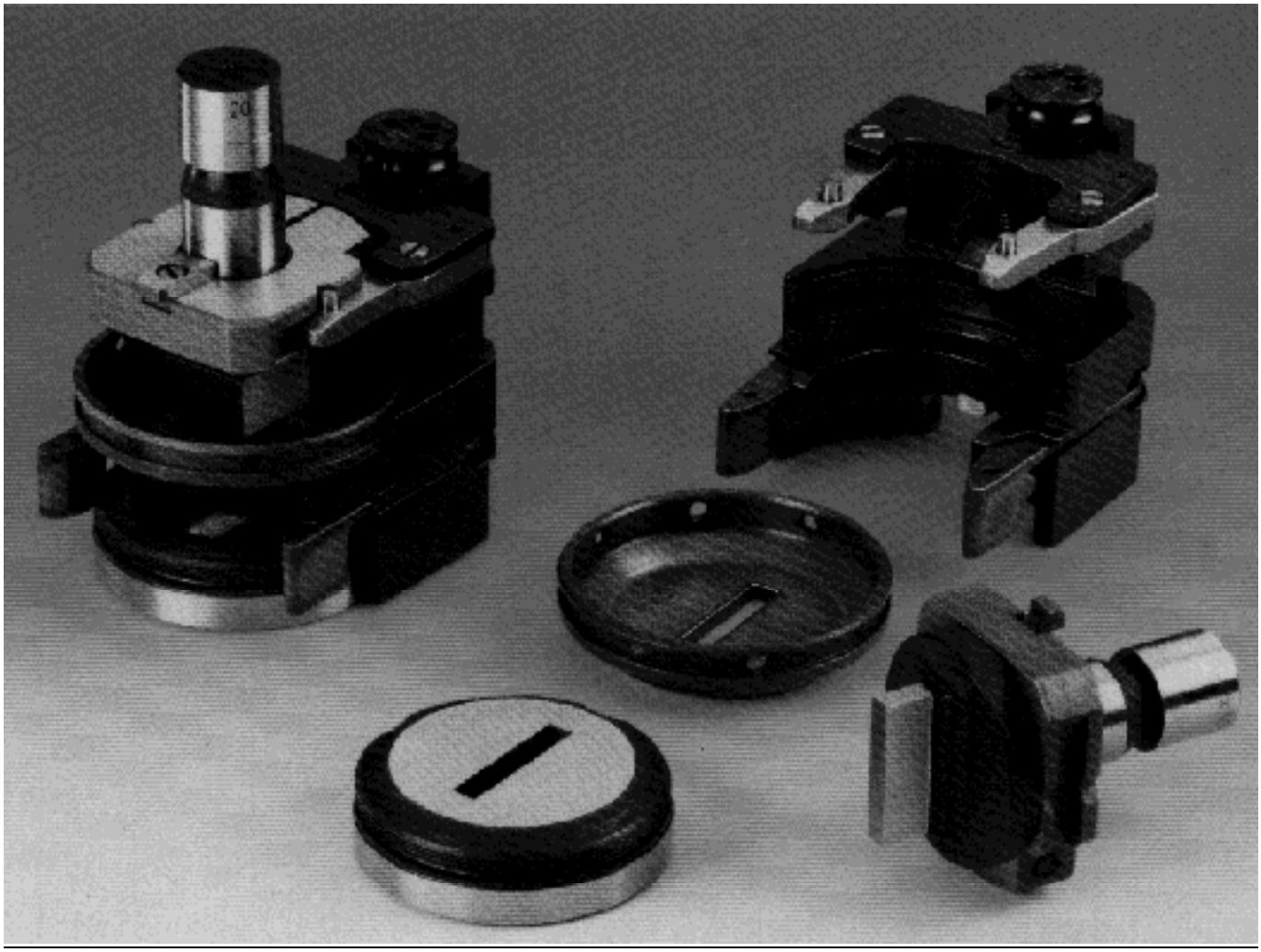
JEU DES LAMES DANS LE CISAILLAGE
JEU UTILISE SUR LE RAYON EN POINÇONNAGE



Exemple:

①	$\varnothing_{\text{poinçon}}$	20,0 mm
②	$S_{\text{épaisseur de tôle}}$	2,0 mm
③	$\varnothing_{\text{matrice}}$	20,4 mm

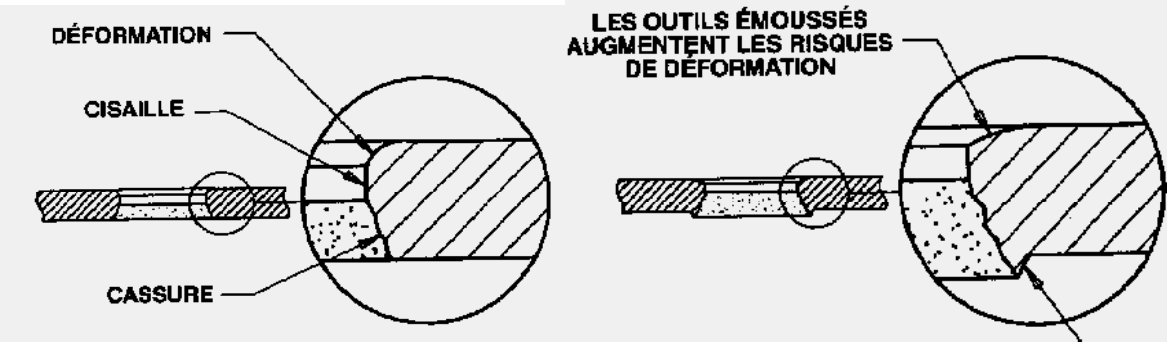
LES CASSETTES DE MONTAGE D'OUTILS



REAFFUTTAGE DES OUTILS/ QUAND, POURQUOI ET COMMENT

POURQUOI REAFFUTTER

UN REAFFUTAGE REGULIER DES OUTILS EST TRES IMPORTANT POUR REALISER DES TROUS DE BONNE QUALITE.



UN REAFFUTAGE REGULIER PAR PETITES QUANTITES ASSURE A L'OUTILLAGE ET A LA MACHINE UNE DUREE DE VIE PLUS LONGUE.

QUAND REAFFUTER LES OUTILS

II N'EXISTE AUCUNE REGLE STRICTE DETERMINANT LE NOMBRE DE FRAPPES QU'UN OUTIL PEUT EFFECTUER AVANT QUE LE REAFFUTAGE SOIT NECESSAIRE: CE NOMBRE DEPEND DE LA TAILLE ET DE LA FORME DE L'OUTIL, AINSI QUE DU TYPE ET DE L'EPAISSEUR DU MATERIAU.

LE MOYEN DE DETERMINER LE MOMENT OU VOS OUTILS DOIVENT ETRE REAFFUTES EST DE CONTROLER LE BORD COUPANT DE L'OUTIL, LA NETTETE DES TROUS (Y A-T-IL DES BAVURES?) ET LE NIVEAU SONORE DE LA POINÇONNEUSE.

SI LA MACHINE, LORSQU'ELLE FONCTIONNE AVEC UN OUTIL PARTICULIER, EST PLUS BRUYANTE QUE D'HABITUDE, LE BORD COUPANT DE L'OUTIL EST PEUT-ETRE EMOUSSE.

IL EST RECOMMANDE DE REAFFUTER LES OUTILS LORSQUE LES BORDS COUPANTS SONT USES JUSQU'AU RAYON 0,1 MM. ~

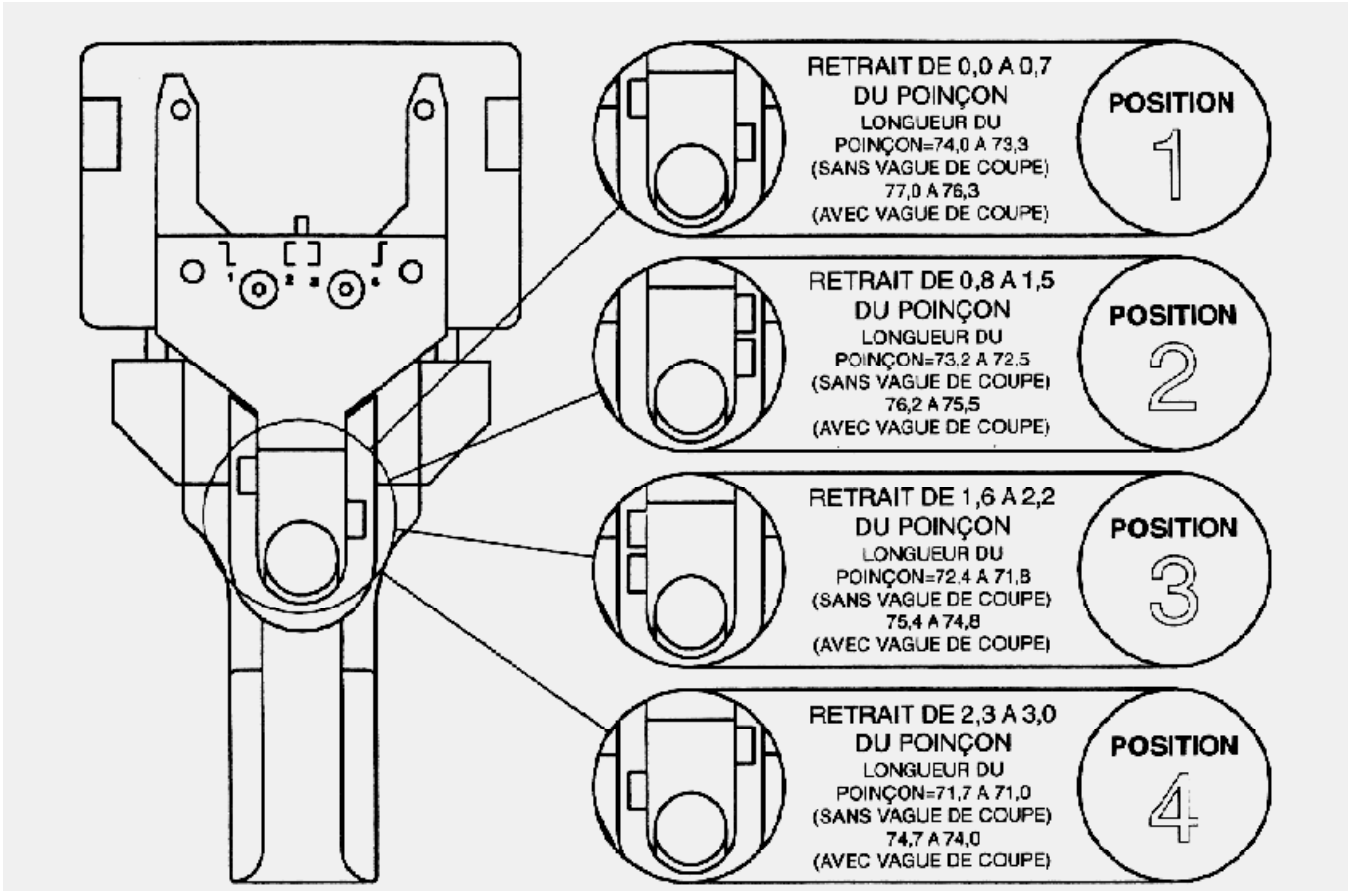
COTE DE REAFFUTAGE

LA COURSE DU COULISSEAU EST A RACCOURCIR, OU A RALLONGER EN FONCTION DE LA COTE DE REAFFUTAGE DU JEU D'OUTILS (COURSE OPTIMISEE).

APRES AVOIR ASSEMBLE POINÇON, DEVETISSEUR ET MATRICE DANS LA CASSETTE, IL CONVIENT DE LUI ATTRIBUER UN DES QUATRE AJUSTAGES (1-4) EN FONCTION DE LA COTE DE REAFFUTAGE DU JEU D'OUTILS A PREPARER.

ATTENTION !

IL EST IMPERATIF DE VEILLER A INTRODUIRE CORRECTEMENT LA LONGUEUR DE REAFFUTAGE AU RISQUE D'UN ACCROCHAGE ENTRE L'OUTIL ET LA PIECE AU COURS DE L'EXECUTION DU PROGRAMME!

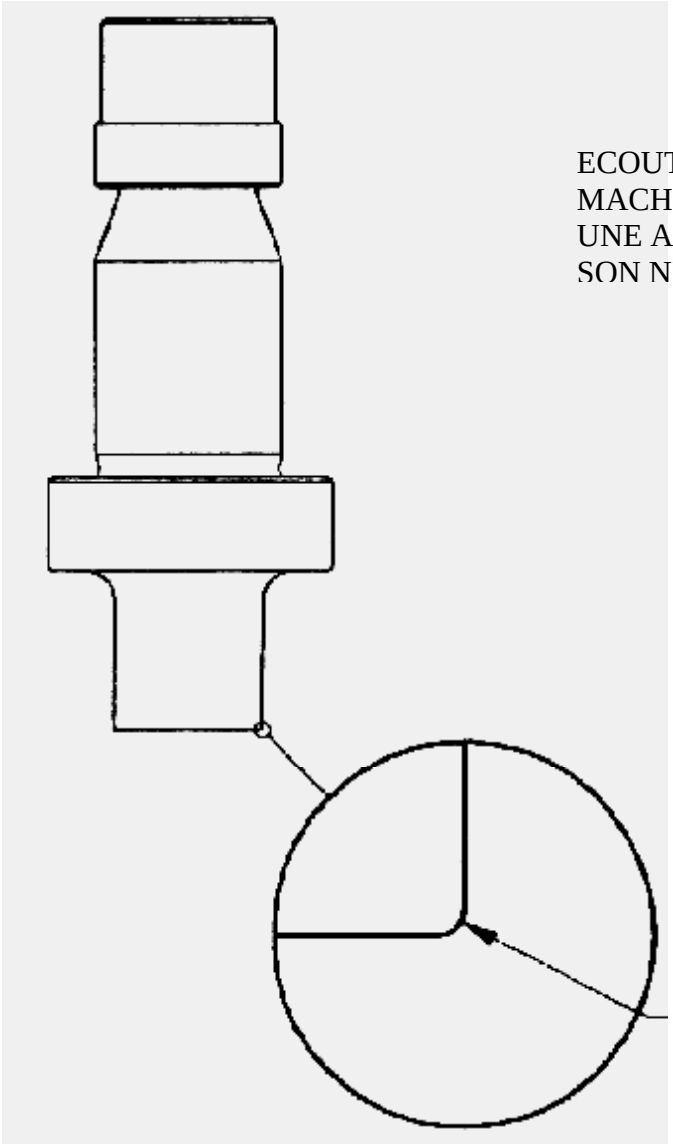


COMMENT REAFFUTER LES OUTILS?

PROCEDER PAR PASSES LEGERES FREQUENTES DE 0,025 MM AU MAXIMUM.

LE RETRAIT D'UNE QUANTITE PLUS GRANDE RISQUE DE BRULER DU METAL, ET AINSI, D'EMOUSSER L'OUTIL.

VERIFIEZ VOTRE POINÇON POUR Y DECELER LES BORDS COUPANTS EMOUSSES.



ECOUTEZ VOTRE MACHINE POUR DECELER UNE AUGMENTATION DE SON NIVEAU SONORE

CELUI-CI PEUT ENTRAINER LA CASSURE DES BORDS DE L'EXTREMITE DU POINÇON PLUS RAPIDEMENT QUE D'HABITUDE, CE QUI NECESSITE UN REAFFUTAGE PLUS FREQUENT ET REDUIT LA DUREE DE VIE DE L'OUTIL.

LE RETRAIT DE 0,13 A 0,25 MM DEVRAIT RENDRE A L'OUTIL UN TRANCHANT CORRECT.

L'OUTIL DOIT ETRE ARROSE ABONDAMMENT DE LIQUIDE DE REFROIDISSEMENT A TOUT INSTANT.

CALCUL DE LA FORCE DE POINÇONNAGE

LORSQUE VOUS POINÇONNEZ DE GRANDS TROUS DANS UN MATERIAU EPAIS, IL EST ESSENTIEL DE COMMENCER PAR CALCULER LA FORCE DE POINÇONNAGE REQUISE.
CE CALCUL EST EFFECTUER GRACE A LA FORMULE ET AUX TABLEAUX SUIVANTS :

KN =	PERIMETRE DE L'OUTIL	(L)
X	EPAISSEUR DE MATERIAU	(E)
X	0,345 X FACTEUR DE MULTIPLICATION DE LA TOLE	(F)

DESCRIPTION DU MATERIAU	MULTIPLICATEUR DU MATERIAU (F)
ALUMINIUM -TÔLETENDRE	0,30
ALUMINIUM - DEMI DUR	0,38
ALUMINIUM - DUR	0,50
LAITON - TÔLE TENDRE	0,60
LAITON - DEMI DUR	0,70
CUIVRE - LAMINÉ	0,57
ACIER - DOUX	1,00
ACIER - LAMINÉ À CHAUD	1,40
ACIER - LAMINÉ À FROID	1,20
ACIER - INOXYDABLE	1 ,40

PARAMETRES DE CISAILLAGE

EFFORT DE CISAILLAGE

LA FORMULE CI-DESSOUS PERMET DE CALCULER AVEC UNE APPROXIMATION SATISFAISANTE LA VALEUR DE L'EFFORT DE CISAILLAGE.

FC = L . E . RC (N MM²)
(N) (MM) (MM)

L : PÉRIMÈTRE
E : EPAISSEUR
RC : RESISTANCE AU CISAILLEMENT

MATIERE	ACIER NON ALLIE									ACIER INOX	ACIER AU SILICIUM
	0.1% C	0.1% C	0.2% C	0.2% C	0.3% C	0.3% C	TC	E	ES		
ETAT	RECUIT	ECROUI	RECUIT	ECROUI	RECUIT	ECROUI	ECROUI	ECROUI	ECROUI		
RC (N / MM²)	24	31	31	39	37	47	31	29	27	55	46

MATIERE	ALUMINIUM		DURALUMIN		LAITON		BRONZE	CUIVRE	ZINC	PLOMB	TITANE
ETAT	DOUX	DUR	DOUX	DUR	DOUX	DUR	DOUX	ECROUI	ECROUI		
RC (N / MM²)	9	16	24	31	23	32	50	30	16	4	50

POINCONNAGE

LE POINÇONNAGE S'EFFECTUE EN COUP PAR COUP PAR LE POINÇON.

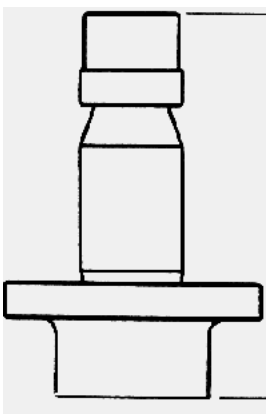
LA DECOUPE DANS LA PIECE CORRESPOND A LA GEOMETRIE DU POINÇON.

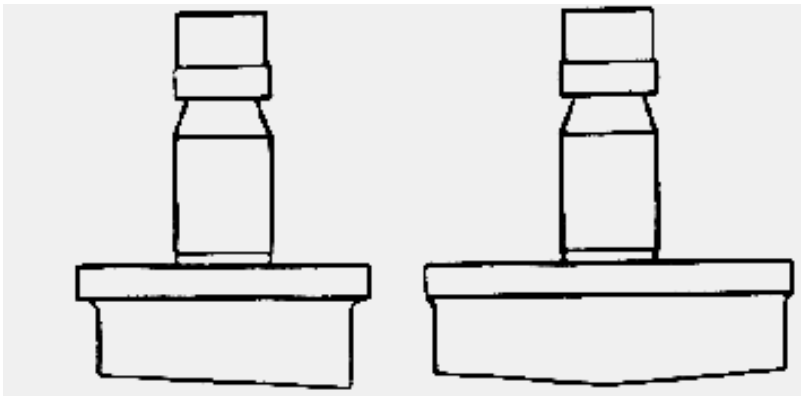
LES RANGEES, CERCLES ET GRILLES DE TROUS SONT OBTENUES GRACE A UNE AVANCE DE LA PIECE APRES CHAQUE COUP DE POINÇON QUI CORRESPOND A LA COTE PRESCRITE.

IL EXISTE DEUX SORTES DE POINÇONS :

A SURFACE DE COUPE PLANE
POINÇONS NORMAUX

A VAGUE DE COUPE
WHISPER TOOLS

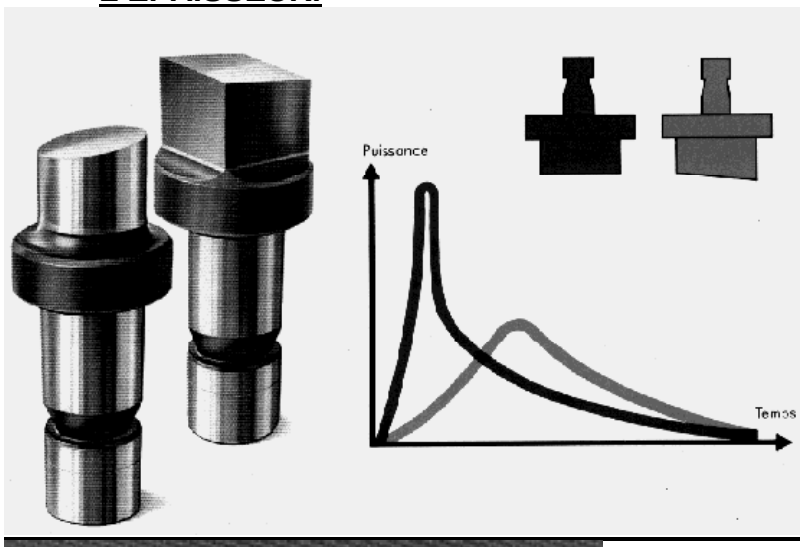


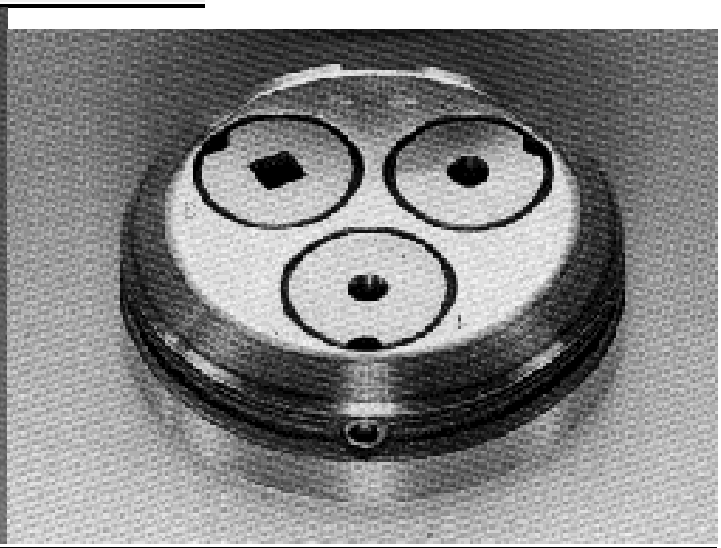


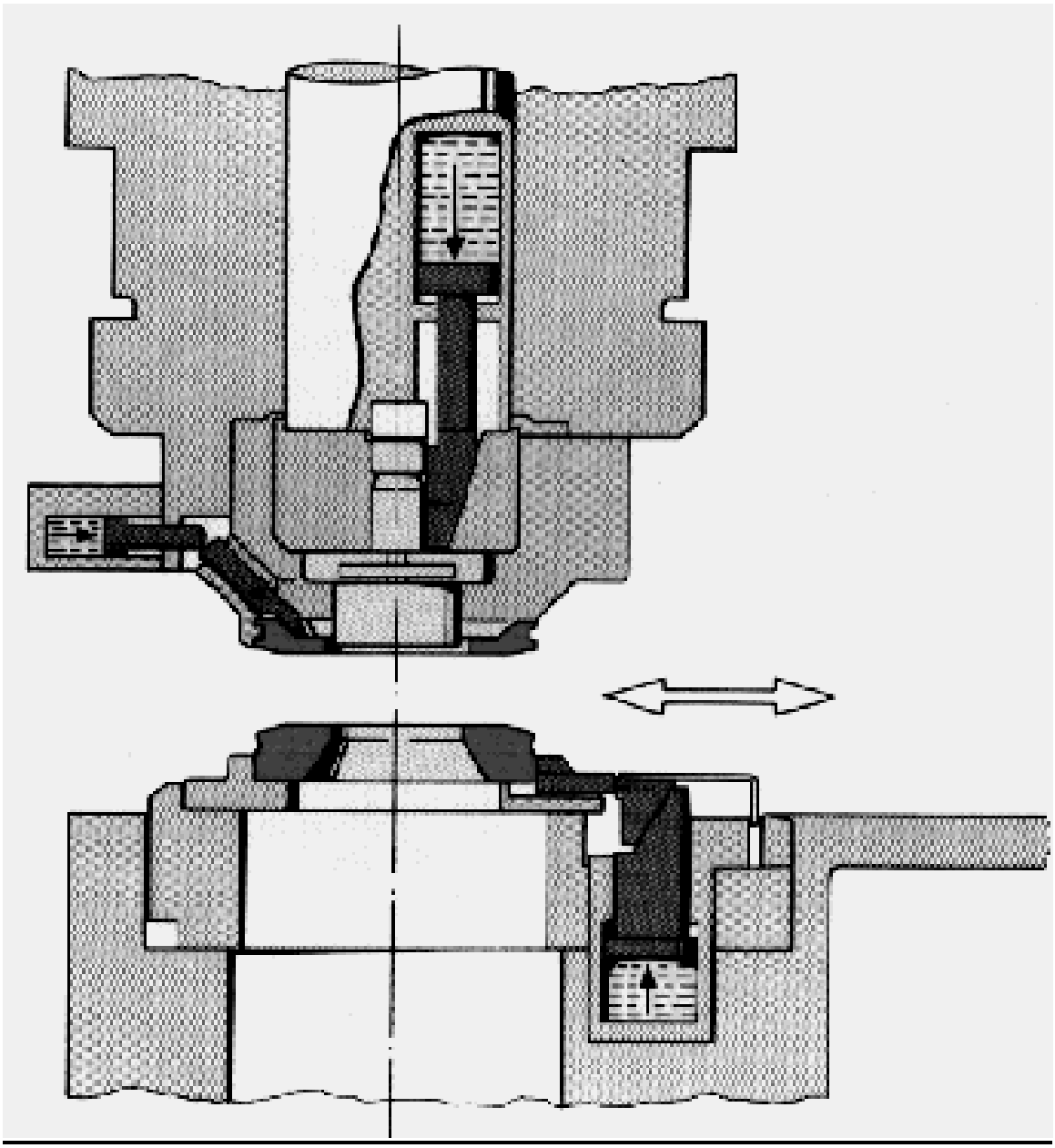
LES OUTILS A VAGUES DE COUPE PRESENTENT DEUX AVANTAGES IMPORTANTS:
- UNE FORCE DE POINÇONNAGE REDUITE AVEC DES OUTILS DE DIMENSIONS IDENTIQUES
- UNE REDUCTION DU BRUIT EN POINÇONNAGE

LES CAPACITES MAXIMALE D'UN POINCON

DANS L'ACIER DOUX NE JAMAIS UTILISER UN POINÇON INFERIEUR A L'EPAISSEUR.







GRIGNOTAGE

LORS DE L'OPERATION DE GRIGNOTAGE LE POINÇON MONTE ET DESCEND CONSTAMMENT (SEQUENCE CONTINUE DE COUPS) PROVOQUANT AINSI LE DEPLACEMENT PAS A PAS DE LA PIECE DANS LA DIRECTION D'AVANCE SOUHAITEE.

LA FREQUENCE DE COUPS QUI EST ATTEINTE DEPEND DES FONCTIONS SUIVANTES :

- L’AXE RESPECTIF
- L’ECARTEMENT DES CENTRES DE TROUS
- L’EPAISSEUR DE LA TOLE
- LA CAPACITE DE POINÇONNAGE
- LE POIDS DE LA TOLE
- LA PROFONDEUR DE PENETRATION
- L’UTILISATION DES POINÇONS A VAGUE DE COUPE

UN SYSTEME SPECIAL DE COMMANDE D'AVANCE REGLE LE DEPLACEMENT DE LA PIECE DE MANIERE TELLE A CE QUE LA PIECE S'IMMOBILISE PEU AVANT LA PENETRATION DU POINÇON DANS SA SURFACE.

GRACE A LA REPETITION CONTINUE DE CE PROCEDE, C'EST A DIRE DE LA LIBERATION DE L'AVANCE PUIS DE L'INTERRUPTION DE CELLE CI LORS DE LA COURSE CONSTANTE DE L'OUTIL, LA DECOUPE DE LA PIECE DANS LA FORME SOUHAITEE EST SUBDIVISEE EN UNE SERIE DE PETITES OPERATIONS SUCCESSIVES DE DECOUPE.

LA LONGUEUR DES DIFFERENTS PAS D'AVANCE DEPEND PRINCIPALEMENT DES FACTEURS SUIVANTS :

- DU TYPE ET DE LA DIMENSION DE L'OUTIL UTILISE
- DE LA QUALITE ET DE LA RUGOSITE EXIGEE POUR LE GRIGNOTAGE.

LE PAS D'AVANCE MAXIMUM D'AVANCE ADMISSIBLE DEPEND DE LA LIBERATION DE L'AVANCE ET DE CE FAIT DE L'EPAISSEUR DE LA TOLE ET DU NOMBRE DE COUPS DU POINÇON DE LA MACHINE.

LES VITESSES OBTENUES DANS LA FONCTION DE GRIGNOTAGE PEUVENT EST CALCULEES A L'AIDE DE LA FORMULE SUIVANTE :

$$V = \frac{A \cdot N}{1000}$$

A = PAS D'AVANCE **N**= NOMBRE DE COUP/MIN.

DIMENSIONS DE POINÇON RECOMMANDES EN GRIGNOTAGE

EN GRIGNOTAGE, IL CONVIENT DE CHOISIR LES DIMENSIONS DES POINÇONS RONDS OU CARRE EN FONCTION DE L'EPAISSEUR DE LA TOLE.

EPAISSEUR DE LA TOLE	POINÇON ROND		POINÇON CARRE	
EN MM	ϕ MAX. (MM)	ϕ MIN. (MM)	A MAX. (MM)	A MIN. (MM)
1	30	4	20	4
2	24	6	20	6
3	20	8	20	8
4	16	10	16	10
5	14	10	14	10
6	12	12	12	12

ϕ = DIAMETRE DU POINÇON
A = LONGUEUR DU POINÇON CARRE

MICRO-JONCTION

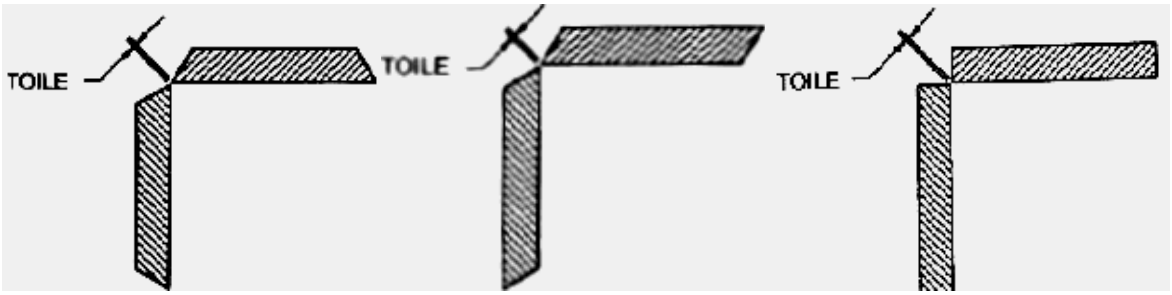
LA MICRO-JONCTION (QUELQUEFOIS APPELEE MICRO-MAINTIENT EST UNE METHODE QUI CONSISTE A MAINTENIR DES PIECES MULTIPLES SUR UNE TOLE JUSQU'A CE QUE TOUTES LES OPERATIONS DE POINÇONNAGE ET DE FORMAGE SOIENT TERMINEES.

CETTE METHODE EST MISE EN ŒUVRE EN PROGRAMMANT LA CREATION DE PETITES PATTES DE MAINTIEN ENTRE LES PIECES GRACE A UN OUTIL SPECIAL DE REFENDAGE.

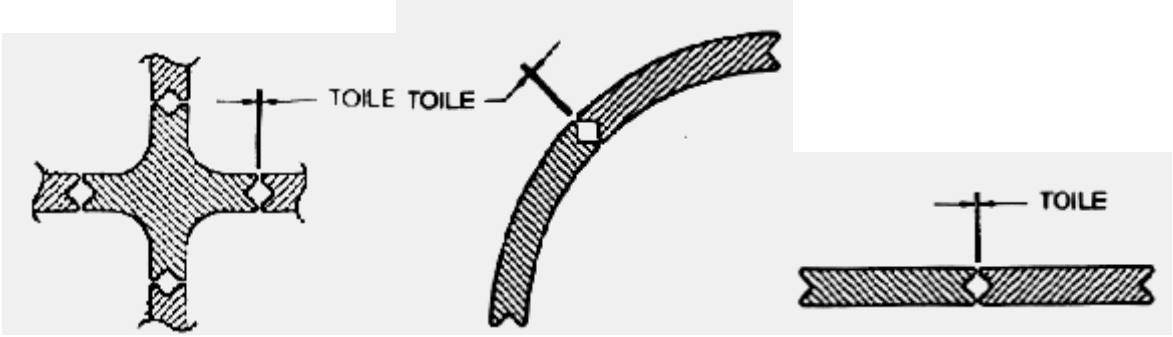
CES PATTES MAINTIENNENT LES PIECES SUR LA TOLE PENDANT LE POINÇONNAGE MAIS ELLES SONT FACILES A RETIRER HORS DE LA MACHINE. LA TOLE EST SECOUEE POUR RETIRER LA MAJORITE DES PATTES. CELLES QUI RESTENT SONT ENLEVEES EN TORDANT LES PIECES A LA MAIN.

IL EXISTE PLUSIEURS TYPES DIFFERENTS D'OUTILS DE REFENDAGE ET DE METHODES

OUTILS TRAPEZOÏDAL OUTIL PARALLELOGRAMME OUTIL DE REFENDAGE



OUTIL EN QUEUE DE COUPE OUTIL COURBE OUTIL EN QUEUE DE COUPE



REGLES DE MICRO-JONCTION

1. MEME SI L'EPAISSEUR DE LA TOILE VARIE, UTILISER UNE PETITE LARGEUR DE TOILE DE 0,15 MM SUR LES MATERIAUX EPAIS, ET DE 0,5 MM SUR LES MATERIAUX MINCES. PROCEDER A DES ESSAIS POUR VOIR CE QUI CONVIENT LE MIEUX A VOTRE CAS.

2. MALGRE L'USAGE, LA TOILE NE DOIT PAS SE TROUVER EXCLUSIVEMENT DANS LE COIN DE LA TOLE.

3. LA MICRO-JONCTION FONCTIONNE AU MIEUX AVEC LES OUTILS D'AUTO-DEVETISSAGE QUI EMPECHENT LE MATERIAU DE SE SOULEVER LORS DU POINÇONNAGE.

4. LORS DU PROCESSUS DE POINÇONNAGE, DIVISER LA TOLE E(N 4 EN TRAVAILLANT A DISTANCE DU MARTEAU. RALENTIR LA VITESSE DU CHARIOT ET APPLIQUER UN LEGER RAYON SUR LES COINS DES PIECES.

5. POINÇON ET MATRICE DOIVENT ETRE AFFUTES.

6. CETTE METHODE EST LA MIEUX APPROPRIEE POUR L'ACIER DOUX ENTRE 1,2 MM ET 4,5 MM ET L'ACIER INOXYDABLE ENTRE 1,2 MM ET 3,0 MM.

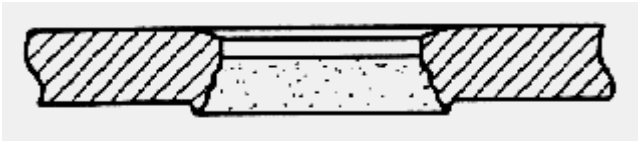
TROUS NETS PAR LE PRÉ-POINÇONNAGE

LES PIECES POINÇONNEES DOIVENT QUELQUEFOIS COMPORTER DES TROUS SANS BAVURE QUI RESSEMBLENT PRESQUE A DES TROUS USINES.

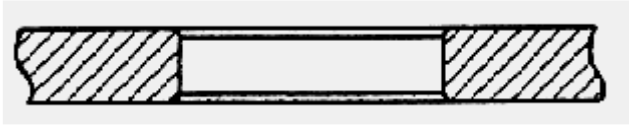
LES POINÇONNEUSES TRUMPF, AVEC LEUR PRECISION CONSIDERABLE, SONT TOUT A FAIT ADAPTEES A CETTE OPERATION ECONOMIQUE ET SIMPLE.

LA REALISATION D'UN TROU NET OU DE QUALITE USINEE S'EFFECTUE EN 2 ETAPES DE BASE.

EN PREMIER LIEU, POINÇONNER UN TROU A L'ENDROIT VOULU AVEC UN POINÇON D'UNE DIMENSION INFERIEURE D'ENVIRON 0,25 MM, ET UNE MATRICE QUI CONVIENNE AU JEU DE COUPE APPROPRIE SUIVANT LE TYPE ET L'EPAISSEUR DU MATERIAU.



ENSUITE (SI POSSIBLE, SANS DEPLACER LA TOLE), PROGRAMMER CE QUI CONSTITUERAIT UNE DOUBLE FRAPPE, A L'AIDE CETTE FOIS D'UN POINÇON DE LA TAILLE DU TROU VOULUE ET D'UNE MATRICE AYANT UN JEU D'ENVIRON 5% DE L'EPAISSEUR DU MATERIAU (CETTE VALEUR PEUT VARIER SELON LE MATERIAU ET DOIT FAIRE L'OBJET D'ESSAIS POUR DETERMINER LE MEILLEUR JEU POSSIBLE). CETTE SECONDE FRAPPE ELIMINE LE MATERIAU RESTANT, LAISSANT UN TROU A L'APPARENCE USINEE.



CE PROCEDE DEMANDE UN TEMPS D'AJUSTAGE PLUS LONG ET TEND A PROVOQUER L'ACCROISSEMENT DE L'USURE DE L'OUTIL.
MAIS CES INCONVENIENTS SONT INSIGNIFIANTS LORSQU'ON LES COMPARE AUX ALTERNATIVES QUE CONSTITUENT UN EQUIPEMENT SUPPLEMENTAIRE ET DES OPERATIONS SECONDAIRES COUTEUSES.
LE POINÇONNAGE DE TROUS NETS AJOUTE A LA SOUPLESSE DE LA POINÇONNEUSE.

POINÇONNAGE DE MATERIAUX NON-METALLIQUES OU PLASTIQUES

A MESURE QUE L'INDUSTRIE EVOLUE, VOUS ETES APPELE A POINÇONNER DIVERS MATERIAUX, TELS QUE LES MATERIAUX PLASTIQUES OU NON-METALLIQUES.

VOICI QUELQUES CONSEILS POUR USINER CES, MATERIAUX PARFOIS DIFFICILES A TRAITER:

1. POINÇON ET MATRICE DOIVENT ETRE TRES AFFUTES.

2. UTILISER UN JEU DE COUPE ETROIT: PAS PLUS DE 10% DE L'EPAISSEUR DU MATERIAU.

3. SI LE MATERIAU EST MINCE OU TRES FIN, PREVOIR UN SUPPORT EN UTILISANT DU SIMPLE CARTON STRATIFIE MINCE, CE QUI PERMET AU MATERIAU DE PASSER SUR LE CHARIOT ET LA MATRICE.

4. FAIRE FONCTIONNER LA MACHINE DANS UN CYCLE LENT. SURVEILLER LES DEFAUTS DE DEVETISSAGE.

5. POUR POINÇONNER DU PLASTIQUE DUR, RECOUVRIR D'UN LUBRIFIANT.

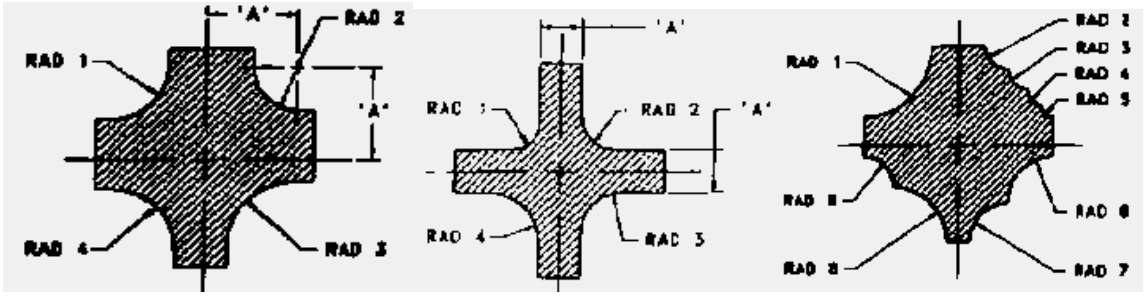
6. POUR POINÇONNER DES MATERIAUX ABRASIFS OU A FIBRES RENFORCEES TELS QUE LE PLEXIGLAS OU LE VERRE EPOXYDE FEUILLETE, UTILISER DES POINÇONS A HAUTE TENEUR EN CARBONE ET CHROME, CE QUI REDUIT L'USURE DU POINÇON ET ALLONGE LA DUREE DE VIE DU POINÇON.

IDEES POUR LES MACHINES AVEC ROTATION D'OUTIL

LE DEVELOPPEMENT DE LA ROTATION D'OUTIL SUR CERTAINES MACHINES A CONDUIT A UNE QUANTITE DE NOUVELLES OPERATIONS INNOVATRICES QUI PEUVENT AMELIORER L'UTILISATION DE VOTRE MACHINE ET CONTRIBUER A AUGMENTER VOTRE PRODUCTIVITE.

VOICI QUELQUES EXEMPLES

OUTILS MULTI-RAYONS



CES OUTILS PRESENTENT LES AVANTAGES SUIVANTS:

1. ILS AUGMENTENT LA SOUPLESSE DES MACHINES EQUIPEES D'UN SYSTEME DE ROTATION D'OUTIL.

2. ILS REDUISENT LES COUTS D'OUTILLAGE GENERAUX.

3. ILS RENDENT INUTILES CERTAINES OPERATIONS SECONDAIRES.

DANS L'OUTIL DE LA FIGURE 1, LE POINT CENTRAL DES RAYONS EST EQUIDISTANT DU CENTRE DU POINÇON, CE QUI FACILITE LA PROGRAMMATION. TOUTEFOIS, LES DIMENSIONS DES TOILES ETANT DIFFERENTES, L'UTILISATION COMBINEE D'OUTILS DE REFENDAGE N'EST PAS POSSIBLE.

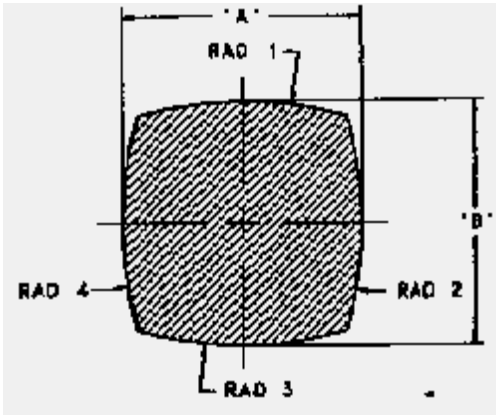
DANS L'OUTIL DE LA FIGURE 2, LES TOILES SONT IDENTIQUES. LE POINT CENTRAL DE CHAQUE RAYON ETANT DIFFERENT, LA PROGRAMMATION DOIT ETRE EFFECTUEE AVEC UNE ATTENTION PLUS GRANDE. L'AVANTAGE DE CET OUTIL EST SA COMPATIBILITE AVEC LES OUTILS DE REFENDAGE.

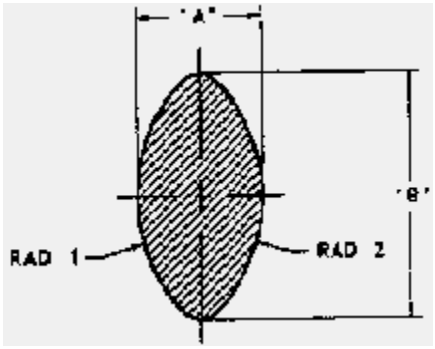
L'OUTIL DE LA FIGURE 3 EST EQUIPE DE 9 RAYONS. REGROUPANT 9 OUTILS EN UN, IL FACILITE L'ELIMINATION DES BORDS POINTUS DES PIECES. DES COMPLICATIONS DE PROGRAMMATION DOIVENT CEPENDANT PRISES EN COMPTE.

POINÇONNAGE DE TROUS PLUS GRANDS QUE LA CAPACITE LA GAMME

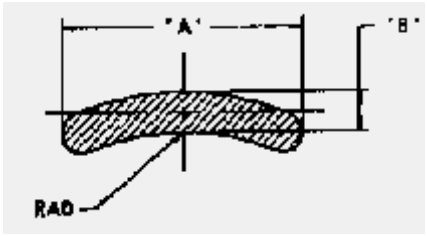
DES POINÇONS A 4 COTES OU OVALES, STYLE BALLON DE RUGBY, PEUVENT ETRE UTILISES POUR GRIGNOTER UN TROU PLUS GRAND QUE LE DIAMETRE DU PLUS GROS POSTE DE LA MACHINE.

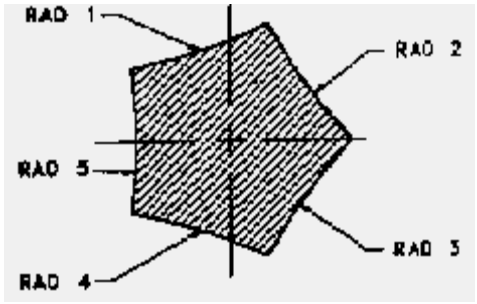
OUTILS À RAYON UNIVERSEL





UN OUTIL OBLONG COURBE PERMET DE DECOUPER LES DIAMETRES INTERIEUR ET EXTERIEUR AVEC LE MEME RAYON. VOUS POUVEZ DECOUPER DES TROUS OU DES PIECES RONDES AVEC LE MEME POINÇON.

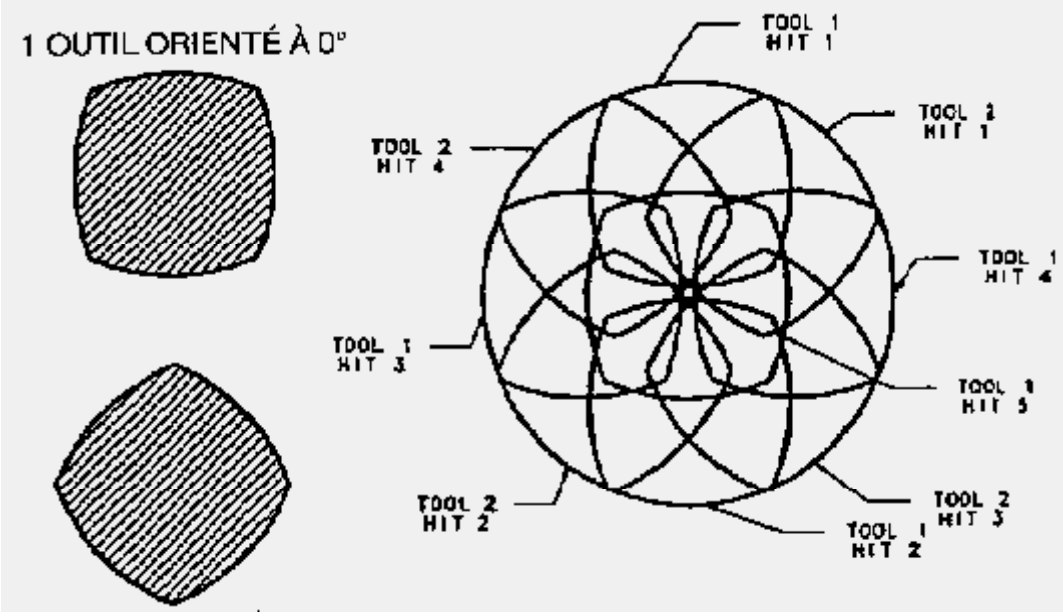




L'OUTIL DE LA FIGURE OFFRE 5 RAYONS DIFFERENTS POUR PRODUIRE 5 SORTES DE GRANDES PIECES DE TAILLES DIFFERENTES. L'OUTIL PIVOTE POUR GRIGNOTER LA PIECE. COMME ON PEUT S'Y ATTENDRE, LA POINÇONNEUSE DOIT MARQUER UN TEMPS D'ARRET AFIN QUE LA PIECE RONDE SOIT RETIREE (A MOINS D'UTILISER LA MICRO-JONCTION).

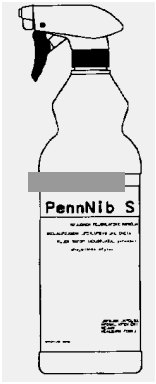
POINCONNAGE DE GRANDS TROUS SUR DES MACHINES ROTATION

EN UTILISANT PLUS D'UN POINÇON A 4 COTES, IL EST POSSIBLE DE GRIGNOTER DES TROUS PLUS GRANDS QUE LE DIAMETRE DU PLUS GROS POSTE DE LA MACHINE, OU QUI DEPASSENT LA LIMITE DE FORCE DE POINÇONNAGE DE LA MACHINE.



LES POINÇONS SONT ORIENTES SELON DIFFERENTS ANGLES, SUPPRIMANT AINSI LA NECESSITE D'UNE ROTATION D'OUTIL.

LUBRIFICATION DE LA TOLE



LES PRODUITS (EXEMPLE LE PENNNIB S ET LE PENNNIB C) UTILISES SONT HYDROPHILES ET CONÇUS SPECIALEMENT POUR LES OPERATIONS DE POINÇONNAGE, DE GRIGNOTAGE ET DE CISAILLAGE.

ILS SONT EGALEMENT UTILES DANS LES OPERATIONS DE FORMAGE. PUISQU'UNE TOLE LUBRIFIEE SUBIT BEAUCOUP MOINS

CES PRODUITS PRESENTENT LES AVANTAGES SUIVANTS

1. DEVETISSAGE FACILE
2. DUREE DE VIE DES OUTILS PLUS GRANDE
3. HAUTE ROBUSTESSE DE FILM POUR LE FORMAGE DU METAL
4. DEGRAISSAGE PLUS FACILE AVANT LA PEINTURE DE LA PIECE
5. PEUVENT ETRE UTILISES SUR DE L'ACIER AU CARBURE, DU CUIVRE, OU DE L'ALUMINIUM
6. PAS DE VISCOSITE DUE AUX HUILES COLLANTES
7. PEUVENT ETRE UTILISES DANS LES OPERATIONS DE PLIAGE

LES RISQUES CONCERNANT LES INCENDIES ET LA SANTE SONT REDUITS :

AUCUN BESOIN DE SOLVANTS HAUTEMENT INFLAMMABLES ET DANGEREUX

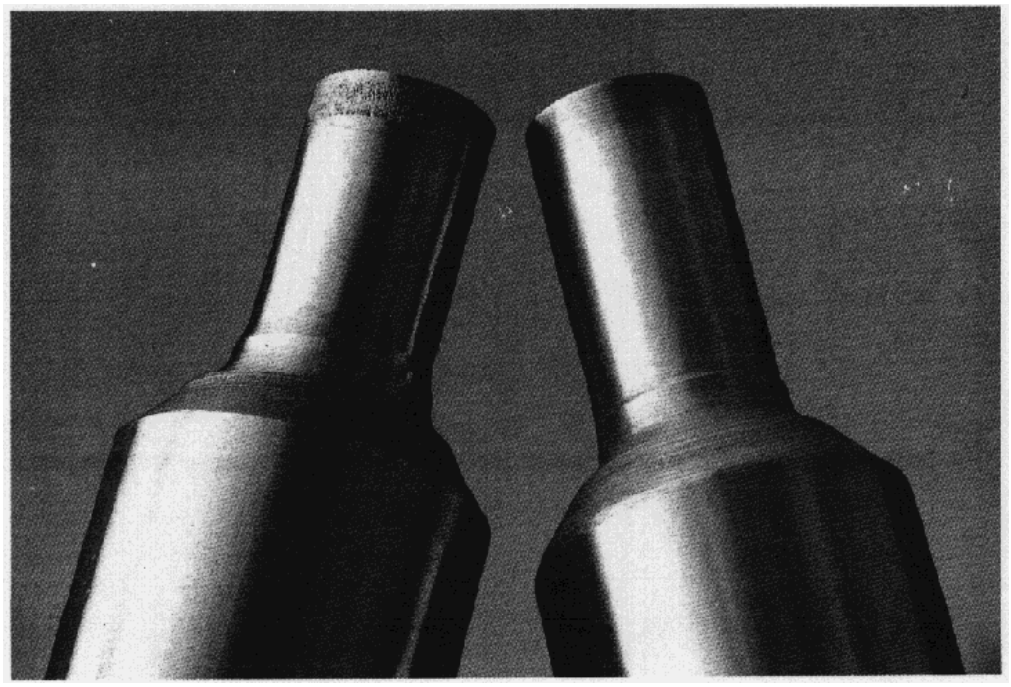
PAS DE FUMEE IRRITANTE AU COURS DES OPERATIONS DE SOUDURE

PAS DE VAPORISATION D'HUILE

PAS DE RISQUE D'ECZEMA OU D'ALLERGIE

REDUCTION DES MICRO-SOUDURES

LES MICRO-SOUDURES SONT LES PARTICULES DU METAL USINE QUI ADHERENT A L'EXTREMITE DU POINÇON EN RAISON DE LA CHALEUR ET DE LA PRESSION.



LES CONSEILS SUIVANTS VOUS AIDERONT A REDUIRE LES MICRO-SOUDURES :

UTILISER UN JEU DE COUPE ADEQUAT: UN JEU TROP ETROIT PEUT AGGRAVER LE PROBLEME.

UTILISER DES POINÇONS A DEPOUILLE SUPPLEMENTAIRE POUR REDUIRE LA PARTIE DU POINÇON EN CONTACT AVEC LE TROU POINÇONNE.

UTILISER DES POINÇONS AFFUTES.

PASSER UNE PIERRE SUR L'EXTREMITE DU POINÇON: LES EXTREMITES DES POINÇONS SONT AFFUTEES EN CERCLE ET CONSERVENT DE LEGERES MARQUES D'AFFUTAGE. CETTE OPERATION SUR LE COTE DE L'EXTREMITE SUR LA LONGUEUR ELIMINE CES MARQUES ET REDUIT LES MICRO-SOUDURES.

LUBRIFIER LA TOLE.

NE PAS ENLEVER LES MICRO-SOUDURES PAR PONÇAGE OU UNE AUTRE METHODE ABRASIVE: UNE FINITION GROSSIERE PERMET AU MATERIAU D'ADHERER A L'OUTIL PLUS FACILEMENT.

POINÇON REVETUS AU TITANE

LE REVETEMENT AU TITANE (TIN) EST UTILISE DEPUIS DE NOMBREUSES ANNEES POUR ALLONGER LA DUREE DE VIE ET REDUIRE L'USURE DES OUTILS DE DECOUPE, MAIS IL N'A ETE APPLIQUE QUE RECEMMENT A L'OUTILLAGE POUR POINÇONNEUSES.

LA NECESSITE D'AMELIORER L'OUTILLAGE DANS L'INDUSTRIE DU POINÇONNAGE NE PEUT PLUS ETRE IGNOREE. LES AVANTAGES DES OPERATIONS DE POINÇONNAGE AVANCEES D'AUJOURD'HUI SOULIGNENT LA PERFORMANCE DES OUTILS.

L'INDUSTRIE A REALISE DES PROGRES DANS DE NOUVELLES MACHINES ET DE NOUVEAUX CONCEPTS D'OUTILLAGE, MAIS JUSQU'A PRESENT PEU DE PROGRES ONT ETE REALISES DANS LES PROPRIETES PHYSIQUES DES MATERIAUX COMPOSANT LES OUTILS.

CE FAIT A MENE A L'EXPERIMENTATION DE DIFFERENTS REVETEMENTS TELS QUE LE CHROME, LES OXYDES NOIRS, LE NITRURE, LA CYROGENIQUE ET LE

GRENAILLAGE; TOUS CES REVETEMENTS ONT CONNU UN SUCCES LIMITE. LE PLUS RECENT ET LE PLUS PROMETTEUR A CE JOUR S'AVERE ETRE LE TITANE.

LES AVANTAGES DE L'OUTILLAGE REVETU AU TITANE SONT NOMBREUX. LE TITANE EST INERTE AUX PRODUITS CHIMIQUES, CONSTITUANT AINSI UNE BARRIERE NATURELLE FACE A LA ROUILLE. LE CARACTERE GLISSANT DU TITANE EST CLASSE COMME AYANT LE COEFFICIENT DE FRICTION D'ENVIRON UN TIERS DE L'ACIER RAPIDE SUPERIEUR, OU EGALANT CELUI DU TEFLON.

CELA SIGNIFIE QUE L'OUTILLAGE REVETU AU TITANE EST INSENSIBLE ET DONC RESISTANT AUX MICRO-SOUDURES.
SON DERNIER AVANTAGE EST SA DURETE ACCRUE - INDICE DE DURETE ROCKWELL 85, ECHELLE C (RC), EN OPPOSITION A L'INDICE 65 RC POUR LE CHROME ET A L'INDICE 80 RC POUR LE CARBURE. CETTE AUGMENTATION DE LA DURETE ALLONGE LA DUREE DE VIE DE L'OUTIL.

DANS LES TESTS DE CONSTRUCTEURS LES POINÇONS REVETUS AU TITANE ONT DURE ENTRE 3 ET 7 FOIS PLUS LONGTEMPS QUE LES OUTILS TRADITIONNELS.

AVANTAGES :

EN PRINCIPE LA OU VOUS DEPENSEZ LE PLUS POUR L'OUTILLAGE, LES POINÇONS VOUS PERMETTENT DE REALISER PLUS D'ECONOMIES.

LES AVANTAGES SONT LES SUIVANTS :

* DUREE DE VIE AUGMENTEE - ENTRE 3 ET 7 FOIS
* MOINS DE STOCK
* MOINS DE TEMPS D'IMMOBILISATION
* MOINS DE REAFFUTAGE
* MOINS DE MICRO-SOUDURES
* MEILLEURE QUALITE DES TROUS

LE MYTHE DU REAFFUTAGE

IL EXISTE UN MYTHE SELON LEQUEL LE REVETEMENT AU TITANE PERD SA FONCTION APRES L'AFFUTAGE DU POINÇON.

C'EST FAUX MEME APRES LE PREMIER AFFUTAGE OU LE REVETEMENT EST RETIRE DE LA FACE ANTERIEURE DE L'OUTIL, LA DUREE DE VIE RESTE EXCELLENTE GRACE AU REVETEMENT DUR QUI RESTE SUR LES COTES, LA OU LE TRAVAIL EST ACCOMPLI.

COMMENT EVITER LA DEFORMATION DU MATERIAU?

SI VOUS POINÇONNEZ CERTAINS MODELES PERFORES SUR MACHINE, LA DEFORMATION DU MATERIAU OU "GAUCHISSEMENT" PEUT ETRE UN PROBLEME.
LES CHARGES SUR LA TOLE CAUSEES PAR LE POINÇONNAGE D'UN GRAND NOMBRE DE TROUS PEUVENT ENTRAINER LA DEFORMATION DU MATERIAU.

BIEN QU'UNE CERTAINE DEFORMATION DE LA TOLE SOIT MALHEUREUSEMENT INEVITABLE, QUELQUES MESURES PERMETTENT DE MINIMISER LE PROBLEME:

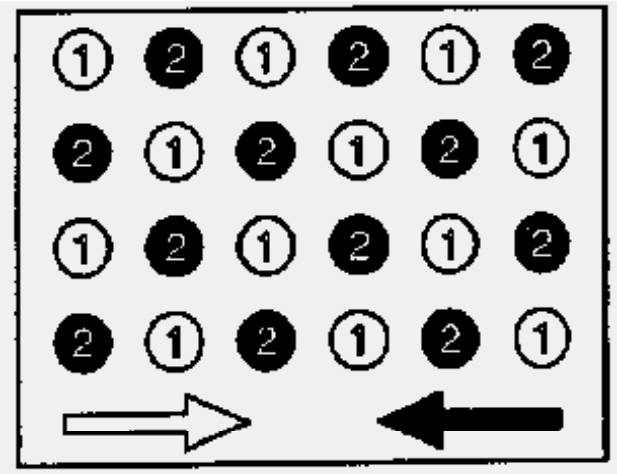
MAINTENIR LES POINÇONS ET MATRICES AFFUTES, ET UTILISER LE JEU DE COUPE ADEQUAT. UN OUTILLAGE EMOUSSE ET UN JEU TROP GRAND AUGMENTENT L'EFFET DE FRAISAGE DE CHAQUE FRAPPE.

UTILISER UN POINÇON D'OUTIL MULTIPLE. LE POINÇONNAGE DE FRAPPES MULTIPLES SUR UNE GRANDE ZONE REDUIRA L'EFFET DE GAUCHISSEMENT.

UTILISER LA LUBRIFICATION SUR LES FACES SUPERIEURES ET INFERIEURES DE LA TOLE. L'HUILE MAINTIENDRA AFFUTES LES BORDS COUPANTS DES POINÇONS ET MATRICES ET FAVORISERA LE DEVETISSAGE.

POINÇONNER LE MODELE A PARTIR DE L'INTERIEUR VERS L'EXTERIEUR OU INVERSEMENT. DIFFERENTS MATERIAUX PEUVENT AVOIR DES COMPORTEMENTS DIFFERENTS.

ESPACER LES MODELES DE POINÇONNAGE.ALTERNER LES FRAPPES ET LES RANGEES ET PROCEDER PAR PASSES SUCCESSIVES POUR REALISER LE MODELE (VOIR SCHEMA). DANS CERTAINS CAS EXTREMES, IL EST POSSIBLE DE RETOURNER LA TOLE POUR FAIRE UNE PASSE SUR DEUX, CE QUI PEUT ATTENUER L'EFFET DE GAUCHISSEMENT.



ACCROISSEMENT DE LA PRODUCTIVITE GRACE AUX OUTILS MULTIPLES

QUAND IL EST NECESSAIRE DE POINÇONNER DES MILLIERS, ET DANS CERTAINS CAS, DES MILLIONS DE TROUS SELON DES MODELES SIMILAIRES, LA PRODUCTIVITE PEUT ETRE CONSIDERABLEMENT ACCRUE PAR L'UTILISATION DE POINÇONS D'OUTIL MULTIPLE, PLUTOT QUE DE POINÇONNER CHAQUE TROU UN PAR UN.

IL EXISTE 3 STYLES DIFFERENTS DE POINÇONS D'OUTIL MULTIPLE :

OUTILS MULTIPLES

TYPE "A" - DEVETISSAGE STANDARD

DANS CET OUTIL, LES INSERTS DE POINÇON SONT REMPLAÇABLES, CE QUI PERMET DE CHANGER ECONOMIQUEMENT LES EXTREMITES DE POINÇON. L'OUTIL UTILISE EGALEMENT UN DEVETISSEUR STANDARD, CE QUI AUTORISE DES VITESSES DE POINÇONNAGE PLUS GRANDES EN FONCTIONNEMENT.

TYPE "B" - AUTO-DEVETISSAGE

RECOMMANDE POUR LES MATERIAUX MINCES. LE CONCEPT, SIMILAIRE A CELUI DU TYPE "A", UTILISE DES POINÇONS A INSERT POUR UN REMPLACEMENT ECONOMIQUE. TOUTEFOIS, AVEC SON SYSTEME DE DEVETISSAGE MONTE DIRECTEMENT SUR LE POINÇON, CE STYLE D'OUTIL EST IDEAL POUR LE POINÇONNAGE DES MATERIAUX MINCES OU LE DEVETISSAGE EST UN PROBLEME. CET OUTIL ETANT CONÇU AVEC DES RESSORTS EN URETHANE, IL DOIT FONCTIONNER A UNE VITESSE PLUS FAIBLE QUE LES AUTRES TYPES D'OUTIL.

TYPE "C" - POINÇON MONOBLOC

CE TYPE D'OUTIL EST LE MOINS UTILISE, BIEN QU'IL PUISSE SE REVELER LE PLUS ECONOMIQUE. SI UNE OU PLUSIEURS EXTREMITE(S) DE POINÇON EST (SONT) ENDOMMAGEE(S), LE REMPLACEMENT DU POINÇON D'OUTIL MULTIPLE DANS SON ENTIER S'IMPOSE, ET PAS UNIQUEMENT CELUI D'UN SEUL INSERT COMME DANS LES TYPES "A" ET "B". MAIS IL EXISTE DES FORMES OU DES TAILLES PARTICULIERES POUR LESQUELLES CE TYPE D'OUTIL EST LE SEUL POSSIBLE.

LIMITES D'OUTILS

- LES TROUS RONDS DOIVENT ETRE ECARTES D'UNE TOILE DE 3 MM OU DE 2 FOIS L'EPAISSEUR DU MATERIAU, QUELLE QUE SOIT LA PLUS GRANDE VALEUR, AFIN DE GARANTIR LA MATRICE.

- LES FORMES LONGUES ET ETROITES DOIVENT ETRE ECARTEES D'UNE TOILE DE :

* LONGUEUR JUSQU'A 12,5 MM - 3,0 MM OU 2 FOIS L'EPAISSEUR DU MATERIAU, QUELLE QUE SOIT LA PLUS GRANDE VALEUR.

* LONGUEUR ENTRE 12,51 MM ET 25,5 MM - 4,0 MM OU 2 FOIS L'EPAISSEUR DU MATERIAU, QUELLE QUE SOIT LA PLUS GRANDE VALEUR.

* LONGUEUR ENTRE 25,5I MM ET 51,0 MM - 6,5 MM OU 2 FOIS L'EPAISSEUR DU MATERIAU, QUELLE QUE SOIT LA PLUS GRANDE VALEUR.

* LONGUEUR A PARTIR DE 51,1 MM - 8,0 MM OU 2 FOIS L'EPAISSEUR DU MATERIAU, QUELLE QUE SOIT LA PLUS GRANDE VALEUR

EN COURS DE FONCTIONNEMENT :

IL EST DECONSEILLE DE FAIRE REPASSER UN INSERT DE POINÇON DANS UN TROU DEJA POINÇONNE.

LA LUBRIFICATION EST IMPORTANTE.

EN COURS DE MAINTENANCE :

S'ASSURER QUE LES POINÇONS SONT TOUJOURS AUSSI AFFUTES OU PLUS AFFUTES QUE LA
MATRICE.

PENDANT L'AFFUTAGE DES POINÇONS, LES INSERTS DOIVENT ETRE MAINTENUS DANS LEUR
SUPPORT. DANS LE CAS CONTRAIRE, LES VIBRATIONS CAUSEES PAR LE REAFFUTAGE PEUVENT

LES CASSER. LES ENVELOPPER DANS DES ELASTIQUES OU RETARDER L'EFFET DES VIBRATIONS

AVEC UN MORCEAU DE FEUILLE DE PLASTIQUE POINÇONNEE.

CONSEILS POUR LES OUTILS DE FORMAGE

LA POINÇONNEUSE EST UTILISEE COMME UNE MACHINE A FAIRE DES TROUS, MAIS EGALEMENT COMME UNE MACHINE SOPHISTIQUEE DE FORMAGE DU METAL.

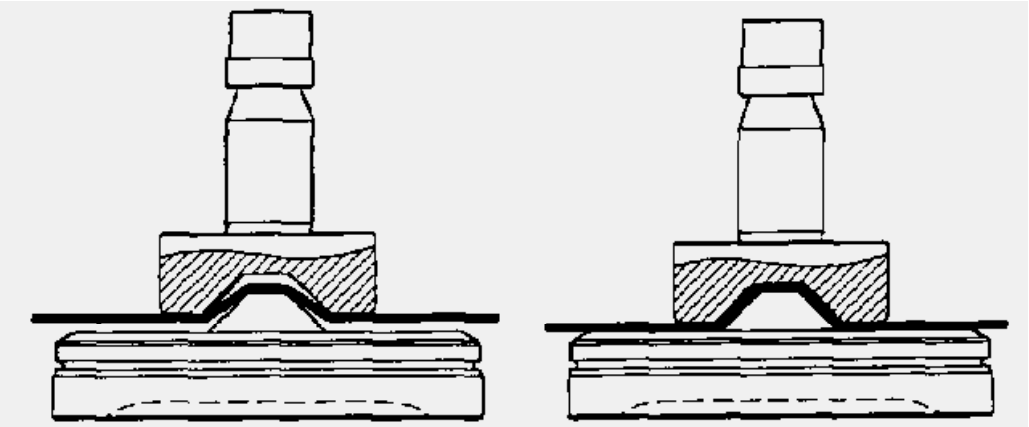
BIEN QUE TOUS LES OUTILS DE FORMAGE NE SE RESSEMBLENT PAS, IL EXISTE QUELQUES REGLES A SUIVRE POUR ASSURER UNE PERFORMANCE OPTIMALE :

ATTENTION :

ILS NE DEVRAIENT JAMAIS ETRE UTILISES SUR UN MATERIAU PLUS EPAIS QUE CELUI POUR LEQUEL ILS ONT ETE CONÇUS.

EN GENERAL, ILS PEUVENT ETRE UTILISES SUR UN MATERIAU PLUS MINCE, CE QUI A POUR RESULTAT UN FORMAGE DE QUALITE INFERIEURE.

POUR OBTENIR UNE FORME CORRECTE, L'OUTIL DOIT ALLER EN FIN DE COURSE.



PROCEDER AU FORMAGE AUSSI LOIN DES PINCES QUE POSSIBLE, CE QUI PERMET A LA TOLE DE SE DEPLACER AVEC L'OUTIL A MESURE QU'ELLE EST FORMEE.

LA POINÇONNEUSE DOIT FONCTIONNER A VITESSE REDUITE.

LE PORTE DEVETISSEUR DOIT ETRE COMPLETEMENT RENTRE.

LES OUTILS DE FORMAGE DOIVENT FONCTIONNER A PARTIR DE LA POSITION DE FORMAGE
DE LA MACHINE.

LE FORMAGE DOIT INTERVENIR EN DERNIER LIEU SUR LA TOLE.

POUR OBTENIR DE MEILLEURS RESULTATS, LES DEUX FACES DE LA TOLE DOIVENT ETRE
LUBRIFIEES.

ESSAYER D'EMPLOYER UN MATERIAU DE HAUTE QUALITE QUI NE VARIE PAS EN EPAISSEUR OU EN DURETE.

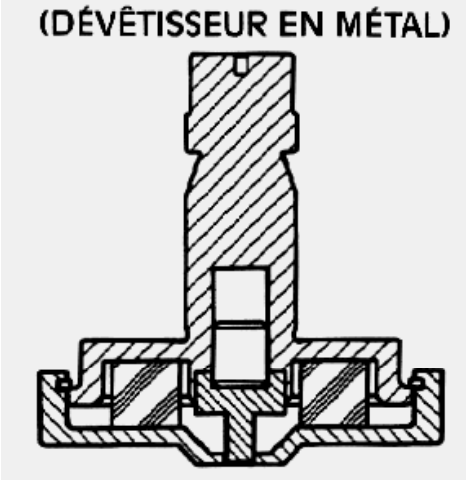
POURQUOI UTILISER DES OUTILS DE FORMAGE VERS LE HAUT?

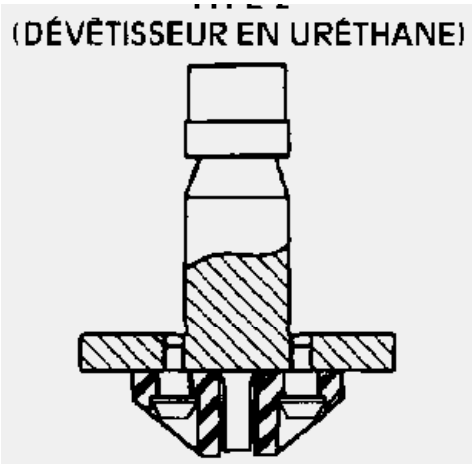
BIEN QUE LES OPERATIONS DE FORMAGE VERS LE HAUT NE SOIENT EN GENERAL PAS CONSEILLEES SUR LES POINÇONNEUSES A TOURELLES, ELLES SONT POSSIBLES SUR LES MACHINES TRUMPF.

ON CONSEILLE L'UTILISATION D'OUTILS DE FORMAGE VERS LE HAUT AUSSI SOUVENT QUE POSSIBLE, MAIS SI DES OUTILS DE FORMAGE VERS LE BAS SONT EMPLOYES, VERIFIER QU'ILS INTERVIENNENT EN DERNIER LIEU SUR LA TOLE, CE QUI REDUIT LES RISQUES DE PANNE.

REFENDAGE PRES DES FORMES

DANS CERTAINS CAS, IL EST IMPOSSIBLE DE FAIRE INTERVENIR LES OUTILS DE FORMAGE EN DERNIER LIEU. ON PEUT ALORS UTILISER UN ENSEMBLE OUTIL DE REFENDAGE A DEGAGEMENT SPECIAL.





CES OUTILS ONT CEPENDANT PLUSIEURS LIMITES :

- DEGAGENT UNE HAUTEUR DE FORME POUVANT ATTEINDRE 3,5 MM.
- À N'UTILISER QUE POUR LE REFENDAGE PRES DES FORMES, PAS A PROXIMITE DES PINCES.
- EPAISSEUR DE MATERIAU MAXIMUM:
  - 2 MM POUR L'ACIER DOUX
  - 1,6 MM POUR L'ACIER INOXYDABLE

VITESSE DE FRAPPE MAXIMUM : 90 FRAPPES/MIN.

À CHAQUE FOIS QUE POSSIBLE, EFFECTUER LE REFENDAGE PRES DES FORMES AVANT LES OPERATIONS DE REFENDAGE TRADITIONNELLES.

OUTILS PROGRESSIFS

LES OUTILS PROGRESSIFS SE DIVISENT EN 2 CATEGORIES :

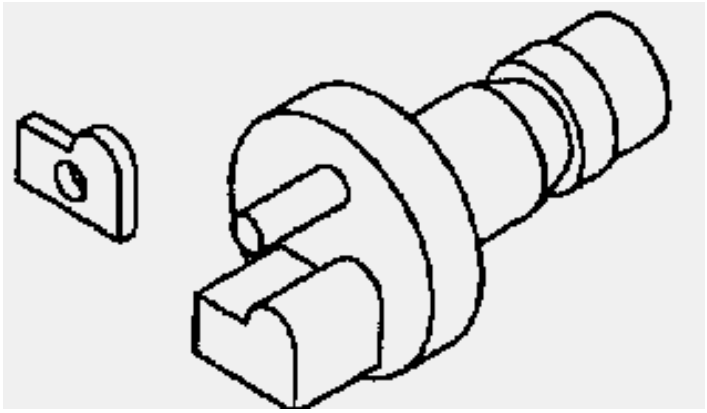
OUTILLAGE A SUIVRE

L'OUTILLAGE PROGRESSIF A SUIVRE PEUT ETRE EMPLOYE POUR COMBINER DES OPERATIONS MULTIPLES EN UN SEUL OUTIL.

L'OUTIL DE POINÇONNAGE ET DE DECOUPAGE PRESENTE ICI EST UNE APPLICATION TYPE DE CETTE TECHNOLOGIE.

BIEN QUE LES OPERATIONS DE PERÇAGE DU TROU ET DE POINÇONNAGE DE LA PIECE DECOUPEE SOIENT UNIQUES, LES DEUX SONT EXECUTEES AU COURS DE LA MEME COURSE ET PAR LE MEME OUTIL, MAIS EN PROGRESSION.

CETTE INTERVENTION PRODUIT UNE PIECE FINIE APRES CHAQUE FRAPPE.



LES OPERATIONS QUI PEUVENT ETRE EFFECTUEES PAR UN OUTIL PROGRESSIF COMPRENNENT :

- LE POINÇONNAGE DE TROUS,
- LE FRAISAGE,
- L'EXTRUSION,
- LE DECOUPE-FORMAGE,
- L'ESTAMPILLAGE
- LE DECOUPAGE.

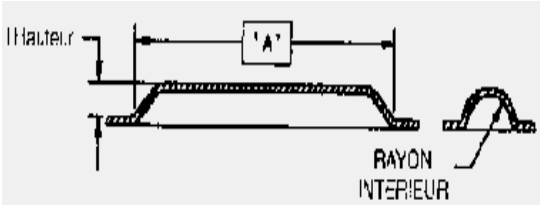
EN OUTRE, CE TYPE D'OUTIL NE SE LIMITE PAS A 2 OPERATIONS: PLUSIEURS OUTILS PEUVENT ETRE INTEGRES SELON L'ACTIVITE SOUHAITEE.

OUTILS DE FORMAGE PROGRESSIF

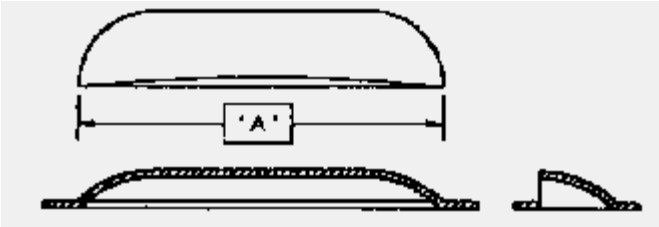
CES OUTILS DE FORMAGE PEUVENT ETRE UTILISES POUR PRODUIRE DES FORMES DE TOUTES LONGUEURS.

LES REGLES QUI PREVALENT POUR LES OUTILS DE FORMAGE STANDARD DOIVENT ETRE PRISES EN COMPTE LORS DE LA PROGRAMMATION DE CES OUTILS, ET NOUS VOUS CONSEILLONS D'EFFECTUER LA PROGRAMMATION AVEC UN INCREMENT DE 1 MM POUR OBTENIR UNE FORME DE LA MEILLEURE QUALITE.

OUTIL DE NERVURAGE PROGRESSIF
CET OUTIL PRODUIT DES FORMES DE LA MEILLEURE QUALITE LORSQUE LE RAYON INTERIEUR EST EGAL OU SUPERIEUR A LA HAUTEUR

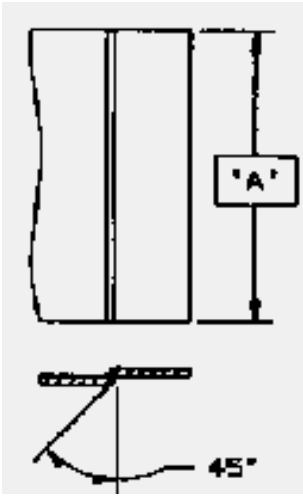


OUTIL A OUÏES PROGRESSIVES



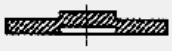
OUTIL DE FORMAGE A BORD PROGRESSIF
CES OUTILS PRODUISENT DES FORMES DE LA MEILLEURE QUALITE LORSQUE LA HAUTEUR EST EGALE A L'EPAISSEUR DU MATERIAU ET QUE L'ANGLE EST DE 45°.

DANS TOUS LES CAS, LA LONGUEUR DE LA FORME (DIMENSION "A"1) EST



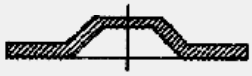
Outils spéciaux

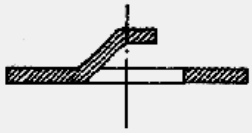
Déformations vers le haut

Plot de positionnement 

Bossage de soudage

Pontet

Bossage 

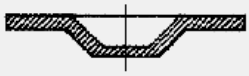
Languette 

Déformations vers le bas

Soyage M3 – M6

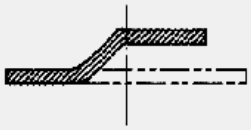
Prépoinçonnage

Lamage pour vis

Bossage 

Bossage de positionnement de soudage

Déformations vers le haut en grignotage

Languette d'accrochage 

Moulures

Ouïes

Marquage/Désignation

Outil de marquage de chiffres A71-15AF

Symboles de mise à la terre et de protection

Remarques: Les dimensions des déformations sont limitées et peuvent être vérifiées sur demande.
Certaines déformations ne sont possibles que vers le haut ou vers le bas.
Epaisseur de tôle maximum: 2,5 mm.

PROPRETE DE LA MACHINE ET DES OUTILS

LA MAINTENANCE DES OUTILS EST IMPORTANTE, MAIS CERTAINES PARTIES DE CE PROGRAMME DE MAINTENANCE S'ETENDENT EGALEMENT A LA MACHINE.

QUELQUES ELEMENTS IMPORTANTS A SE RAPPELER :

- ALIGNEMENT DE LA MACHINE.
  L'ALIGNEMENT DOIT ETRE VERIFIE REGULIEREMENT

ALIGNEMENT CORRECT = LONGUE DUREE DE VIE DE L'OUTIL.

- NETTOYAGE DE LA MACHINE.

LES PORTE-MATRICES ET ADAPTATEURS DE MATRICES DOIVENT ETRE VERIFIES FREQUEMMENT POUR DECELER DES POUSSIERES DE MATERIAU ET DOIVENT ETRE NETTOYES.

- NETTOYAGE DES OUTILS DE FORMAGE.

LES OUTILS DE FORMAGE DOIVENT ETRE REGULIEREMENT DEMONTES, NETTOYES ET LUBRIFIES. UN SOIN PARTICULIER DEVRA ETRE APPORTE A L’ELIMINATION DES POUSSIERES DE MATERIAU.

REMARQUE : POUR NETTOYER LA MACHINE OU LES OUTILS, UTILISER UN ASPIRATEUR PLUTOT QU'UN FLEXIBLE D'AIR. L'ASPIRATEUR ELIMINE LES POUSSIERES DE MATERIAU AU LIEU DE LES DEPLACER VERS UNE AUTRE ZONE POTENTIELLEMENT DANGEREUSE DE LA MACHINE.

TERMINOLOGIE TECHNOLOGIQUES

CREVAGE : REALISATION D'UN CONTOUR FERME CONSTITUE D'UNE ZONE CISAILLEE ET D'UNE ZONE FORMEE.

COUPE . DEBIT : REALISATION D'UN CONTOUR OUVERT, CONCERNANT TOUTE LA LARGEUR DE LA FEUILLE OU DE LA BANDE.

DECOUPAGE : REALISATION D'UN CONTOUR FERME AYANT POUR OBJET L'OBTENTION D'UN FLAN A PARTIR D'UNE FEUILLE OU D'UNE BANDE.

DETOURAGE : DECOUPAGE DE L'EXCEDANT DE MATIERE APRES FORMAGE.

PERFORATION : POINÇONNAGE DE CONTOUR CIRCULAIRE DE PETIT DIAMETRE .

REFENDAGE : REALISATION D'UN CONTOUR OUVERT, DANS LE SENS LONGITUDINAL D'UNE BANDE AFIN D'OBTENIR LE FRACTIONNEMENT DE CELLE-CI.

SOYAGE : POINÇONNAGE SUIVI D'UN FORMAGE DE BORD.

DEPANNAGE

LES PANNES LORS DES OPERATIONS DE POINÇONNAGE SONT LE PLUS SOUVENT PROVOQUEES PAR DES PROBLEMES D'OUTILLAGE.

LA CONNAISSANCE ET LA RESOLUTION DE CES PROBLEMES PEUT ACCROITRE L'EFFICACITE DE VOTRE POINÇONNEUSE.

IL FAUT TOUJOURS ESSAYER D'IDENTIFIER LA CAUSE D'UN PROBLEME DE POINÇONNAGE ET DE L'ELIMINER.

REDUCTION DES PROBLEMES D'OUTILLAGE

POINTS ESSENTIELS A SE RAPPELER :

- UTILISER DES JEUX DE COUPES CORRECTS POUR LE MATERIAU.

- AFFUTER LES OUTILS REGULIEREMENT.

- UTILISER DU LIQUIDE DE REFROIDISSEMENT EN COURS DE REAFFUTAGE DES OUTILS.

- NETTOYER ET LUBRIFIER REGULIEREMENT LES OUTILS.

- IDENTIFIER LES PROBLEMES D'OUTILLAGE POTENTIELS ET LES SUPPRIMER.

PROBLEMES ET SOLUTIONS

PROBLEMES	CAUSES POSSIBLES	SOLUTIONS CONSEILLEES	REMARQUES
GRIPPAGE OU MICRO-SOUDURES	JEU DE COUPE INSUFFISANT	AUGMENTER LE JEU DE COUPE	
	POINÇON EMOUSSE	AFFUTER LE POINÇON	APRES REAFFUTAGE, PASSER UNE PIERRE SUR L'EXTREMITE EN LONG POUR ELIMINER LES MARQUES DE REAFFUTAGE
		AFFUTER LA DEPOUILLE SUPPLEMENTAIRE SUR L'EXTREMITE DU POINÇON	LA DEPOUILLE SUPPLEMENTAIRE REDUIT LA TAILLE DE L'EXTREMITE LORS DE L'AFFUTAGE
	LUBRIFICATION INSUFFISANTE	UTILISER LES POINÇONS REVETUS AU TITANE	ALLONGE LA DUREE DE VIE DE LA MATRICE
		LUBRIFIER CORRECTEMENT LA PIECE A USINER	
CASSE DU POINÇON	JEU DE COUPE INADEQUAT	AUGMENTER LE JEU DE COUPE	
	FORMES CROISEES	ALIGNER LES OUTILS FORMES	
	TAILLE DU POINÇON INFERIEURE A L'EPAISSEUR DU MATERIAU	UTILISER UN POINÇON COURT	
	DEPASSEMENT DE LA LIMITE DE FORCE DE POINÇONNAGE	CALCULER LA FORCE DE POINÇONNAGE AVEC LA FORMULE	

PROBLEMES	CAUSES POSSIBLES	SOLUTIONS CONSEILLEES	REMARQUES
DEFORMATION DE LA PIECE A USINER	DEPLACEMENT LATERAL DE LA PIECE A USINER FLECHISSEMENT DE LA PIECE A USINER	AUGMENTER LE JEU DE COUPE RETOURNER LA TOLE APRES CHAQUE FRAPPE POINÇONNER LES TROUS EN ALTERNANCE POUR LA 1° OPERATION REPROGRAMMER LA SEQUENCE	PERTE DE PRECISION PREND DU TEMPS PREND DU TEMPS
TROUS DE MAUVAISE QUALITE (BAVURES)	JEU DE COUPE INCORRECT POINÇON ET MATRICE EMOUSSES	CHOISIR LE JEU DE COUPE SELON LE TYPE ET L'EPAISSEUR DU MATERIAU AFFUTER LES OUTILS AVEC UNE RECTIFIEUSE	
PRECISION DU TRAVAIL (ECARTEMENT DES TROUS)	DEPLACEMENT LATERAL DE LA PIECE A USINER DEPLACEMENT DES PINCES DEPLACEMENT DE LA PIECE A USINER DANS LES PINCES CHARIOT NON ALIGNE PAR RAPPORT A LA MACHINE OUTILS MAL ALIGNES VIS OU ECROUS A BILLE USES OU MAL ALIGNES	AUGMENTER LE JEU DE COUPE AJUSTER OU REMPLACER REMETTRE EN PLACE LA PIECE DANS LES PINCES REALIGNER LE CHARIOT VERIFIER ET REGLER L'ALIGNEMENT ALLER VERS UN SEUL POINT A PARTIR DE 2 DIRECTIONS ET VERIFIER LA PRECISION	

PROBLEMES	CAUSES POSSIBLES	SOLUTIONS CONSEILLEES	REMARQUES
NIVEAU SONORE ELEVE	MAUVAIS SUPPORT DE LA PIECE A USINER GAUCHISSEMENT DE LA PIECE A USINER NIVEAU SONORE ELEVE AVEC MATERIAU LOURD	REDUIRE LA TAILLE DE LA PIECE A USINER AUGMENTER L'EPAISSEUR DE LA PIECE REDRESSER AVANT LE POINÇONNAGE PROGRAMMER DES FRAPPES PLUS PETITES. UTILISER DU MATERIAU DOUX SUR LA PLAQUE DE DEVETISSAGE	 EN PRINCIPE, IMPOSSIBLE A EFFECTUER COUTEUX
USURE RAPIDE DE L'OUTIL	JEU DE COUPE INADEQUAT MAUVAIS ALIGNEMENT DES OUTILS SURCHAUFFE DU POINÇON MAUVAIS REAFFUTAGE	AUGMENTER LE JEU JUSQU'A 20-25% VERIFIER ET REGLER L'ALIGNEMENT UTILISER UN LUBRIFIANT UTILISER PLUS D'UN POINÇON DE MEME TAILLE DANS LE PROGRAMME UTILISER LES POINÇONS REVETUS AU TITANE UTILISER DES MEULES PLUS GROSSES ET PLUS TENDRES DRESSER LA MEULE PLUS SOUVENT REDUIRE L'ELIMINATION	DEGAGEMENT ACCRU ZONE POLIE REDUITE TRES RENTABLE A TERME. ALLONGE EGALEMENT LA DUREE DE VIE DE LA MATRICE

		PAR PASSAGE UTILISER GENEREUSEMENT LE LIQUIDE DE REFROIDISSEMENT AFFUTER AVEC UNE RECTIFIEUSE PLANE	

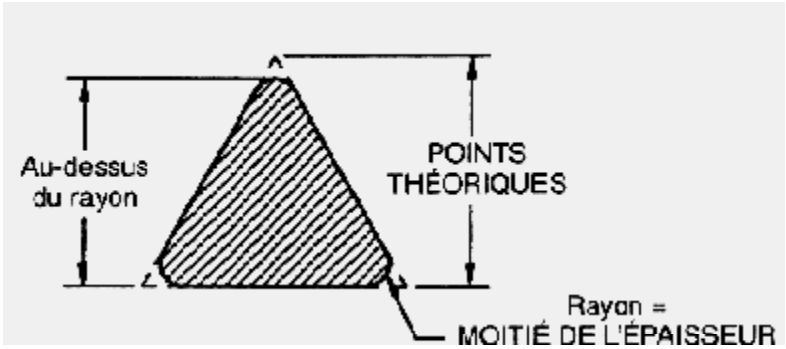
CAUSES DES PANNES DES OUTILS SPECIAUX

LORSQU'ILS SONT MAL UTILISES, LES OUTILS SPECIAUX DE POINÇONNAGE ET DE FORMAGE PEUVENT SE DETERIORER.
LA LISTE SUIVANTE EVOQUE LES RAISONS DE CES DETERIORATIONS. ELLES DOIVENT ETRE PRISES EN CONSIDERATION LORS DE L'EMPLOI DES OUTILS SPECIAUX AFIN DE LEUR ASSURER UNE LONGUE DUREE DE VIE.

OUTILS :

TRIANGLE

LORSQUE DES ANGLES AIGUS SE TROUVENT SUR DES ANGLES INFERIEURS A 60°, CES POINTS DEVRAIENT AVOIR UN RAYON EGAL A LA MOITIE DE L'EPAISSEUR DU MATERIAU.

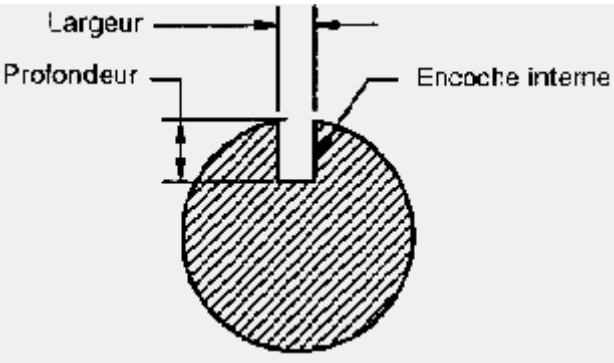


FORMES AVEC ENCOCHES INTERNES :

QUAND LA PROFONDEUR D'UNE ENCOCHE INTERNE EST SUPERIEURE A SA LARGEUR

QUAND LA LARGEUR D'UNE ENCOCHE INTERNE EST INFERIEURE AUX PARAMETRES NORMAUX POUR LE TYPE ET L'EPAISSEUR DU MATERIAU :
- ALUMINIUM : LARGEUR > 1,0 X EPAISSEUR DU MATERIAU
- ACIER DOUX : LARGEUR >1,5 X EPAISSEUR DU MATERIAU
- ACIER INOXYDABLE : LARGEUR > 2,0 X EPAISSEUR DU MATERIAU

LARGEUR DE LA FORME :
- QUAND LA LARGEUR DE LA FORME EST INFERIEURE AUX PARAMETRES NORMAUX (COMME LE PRECISENT LES DIMENSIONS CI-CONTRE).



EXTRUSIONS

CASSE DES INSERTS :

- LA MACHINE N'EST PAS EN MODE DE FORMAGE : LA TOLE SE DEPLACE AVANT QUE L'INSERT PUISSE DEVETIR
- MAUVAIS ALIGNEMENT DE LA MACHINE
- OUTIL PROCHE DES PINCES
- PAS DE PREPOINÇONNAGE AVANT L'OPERATION DE FORMAGE
- UTILISATION DE MATERIAUX PLUS EPAIS QUE CELUI POUR LEQUEL EST CONÇU L'OUTIL
- RESSORTS USES : LE DEVETISSAGE NE S'EFFECTUE PAS

OUTILS MULTIPLES

CASSE DES INSERTS :

- QUAND LA FORCE DE POINÇONNAGE REQUISE DEPASSE LA FORCE DE POINÇONNAGE DE LA MACHINE
- - MAUVAIS ALIGNEMENT DE LA MACHINE
- JEU DE COUPE INCORRECT
- - INSERTS EMOUSSES
- MAUVAIS AFFUTAGE (CHAUFFE)
- TROU RE-POINÇONNE

- TETES D'INSERTS SE BRISANT EN RAISON DE LA FORCE DE POINÇONNAGE TROP GRANDE

- PROBLEMES DE CHAUFFE

- ERREUR DE L'OPERATEUR

CASSE DES TOILES DANS LA MATRICE

- TOILES TROP ETROITES (HORS DES PARAMETRES)
- FORCE DE POINÇONNAGE TROP GRANDE
- OUTILS EMOUSSES

OUTILS DE FRAISAGE

OUTILS DE FORMAGE VERS LE HAUT, CASSE DES INSERTS

- LE PREPOINÇONNAGE N'EST PAS ASSEZ GRAND - L'INSERT PINCE LE MATERIAU

- LA MACHINE N'EST PAS EN MODE FORMAGE - L'OUTIL DOIT AVOIR LE TEMPS DE DEGAGER LE MATERIAU

- MAUVAIS ALIGNEMENT DE LA MACHINE

OUTILS DE FORMAGE VERS LE BAS, CASSE DES INSERTS

- LE PREPOINÇONNAGE N'EST PAS ASSEZ GRAND - L'INSERT PINCE LE MATERIAU

- L'OPERATEUR N'A PAS SERRE LES VIS OU LES FILETS SONT DEVETUS

- MATERIAU TROP EPAIS - EPAISSEUR MAXIMUM DE 3 MM POUR LE STYLE D'INSERT

- MAUVAIS ALIGNEMENT DE LA MACHINE

OUTILS DE DECOUPE ET FORMAGE

- LA MACHINE N'EST PAS EN MODE FORMAGE - L'OUTIL DOIT AVOIR LE TEMPS DE DEVETIR

- TROP PROCHE DES PINCES

- PENETRATION EXCESSIVE

- UTILISATION DE MATERIAUX PLUS EPAIS QUE CELUI POUR LEQUEL L'OUTIL A ETE CONÇU

- MAUVAIS ALIGNEMENT DE LA MACHINE

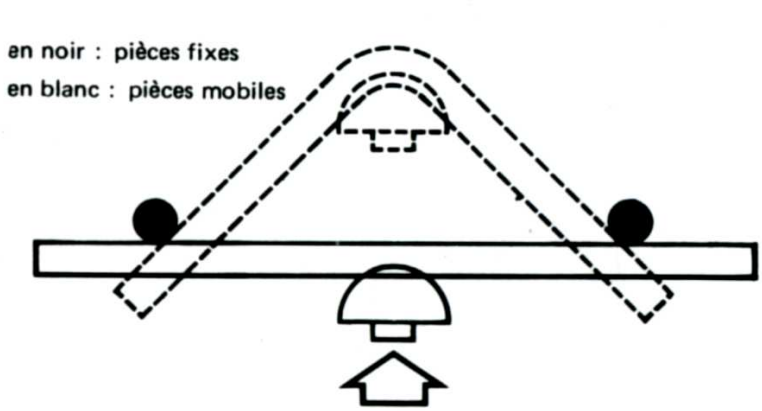
- ERREUR DE L'OPERATEUR

- OUTILS EMOUSSES

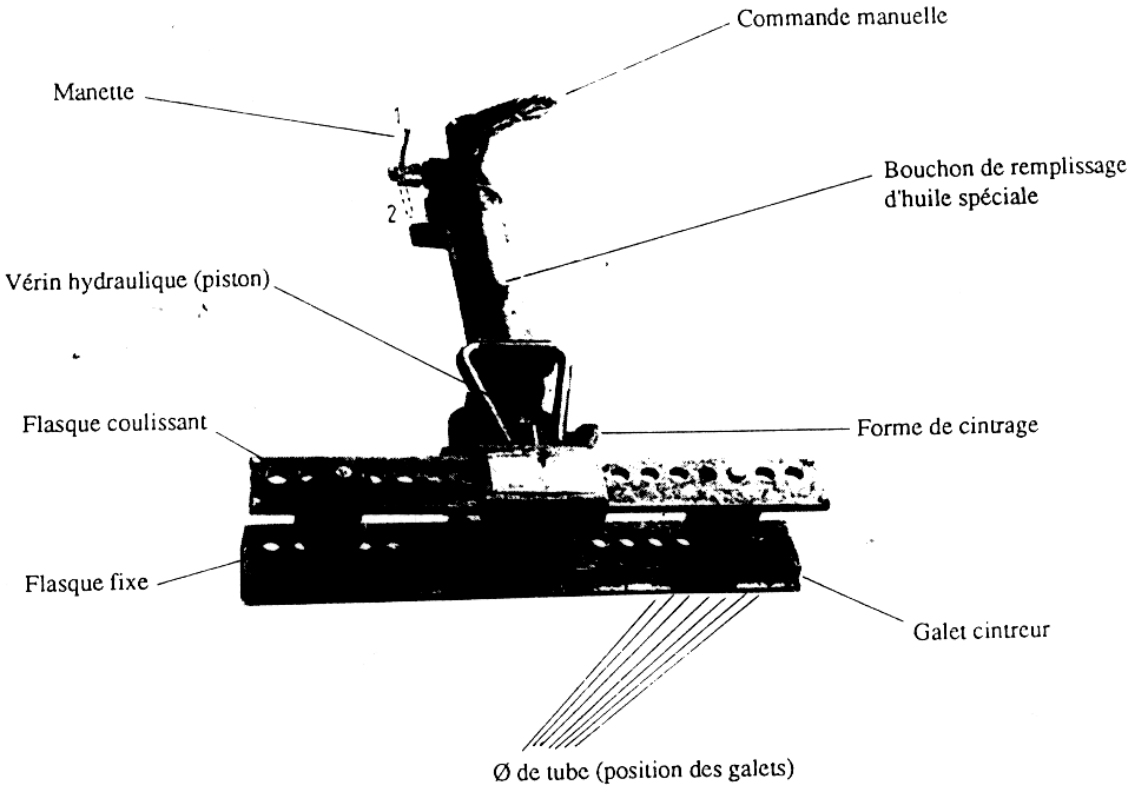
- EN CAS DE DECOUPE ET DE FORMAGE DOUBLE PONT, LES TOILES PEUVENT SE BRISER SI ELLES SONT TROP ETROITES

- RESSORTS USES - LE DEVETISSAGE NE S'EFFECTUE PAS

Cintrage par pression
(MINGORI)



IL FAUDRA CHOISI UNE FORME CORRESPONDANT AU ∅ DU TUBE A CINTRER, ET CHOISIR UN ECARTEMENT ENTRE LES GALETS CORRESPONDANT EGALEMENT AU ∅ DU TUBE, CET ECARTEMENT ETANT GENERALEMENT INDIQUE SUR LA REGLE PLACEE DEVANT LA MACHINE. EX. : 12/17, 15/21, 20/27, ETC…



SELON LES MODELES DE MACHINES, LA PRESSION EST TRANSMISE A LA FORME SUIVANT DEUX SYSTEMES :

- SOIT PAR UN SYSTEME VIS ET ECROU
- SOIT PAR UN SYSTEME HYDRAULIQUE

REGLES A OBSERVER

LA GORGE ET LE RAYON DE LA FORME D'EMBOUTISSAGE SONT DETERMINES AVEC PRECISION SELON LES CARACTERISTIQUES DU TUBE.

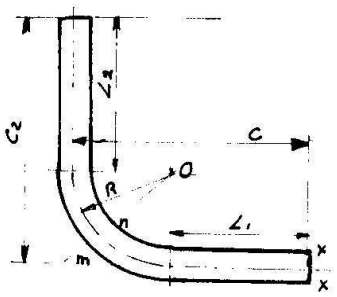
AFIN D'EVITER DES MALFAÇONS (PLISSAGE, APLATISSEMENT), IL FAUT OBLIGATOIREMENT UTILISER LA FORME CORRESPONDANT A LA CATEGORIE ET AU DIAMETRE DU TUBE A CINTRER.

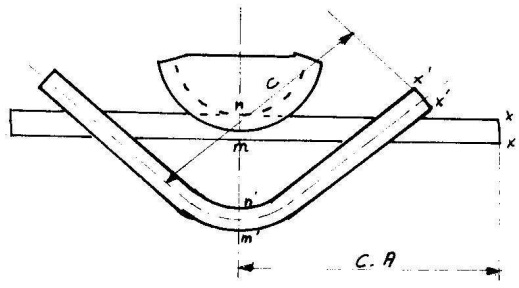
RAYON MINIMAL DE CINTRAGE

A CHAQUE DIAMETRE DE TUBE D'UNE MEME CATEGORIE CORRESPOND UN RAYON MINIMAL DE CINTRAGE. IL EST EGAL AU MINIMUM A 2,7 FOIS LE DIAMETRE DU TUBE. POUR UNE FORME DONNEE, LE RAYON MINIMAL DE CINTRAGE EST CELUI DE LA GORGE DE LA FORME.

METHODE DE TRAÇAGE EMPLOYEE POUR OBTENIR UN TUBE CINTRE A 90° AUX COTES DESIREES

AVEC LES MACHINES TRAVAILLANT PAR POUSSEE, LE MILIEU DE LA FORME DOIT CORRESPONDRE AVEC LE MILIEU DU COUDE, C'EST A DIRE LE MILIEU DU DEVELOPPEMENT DU COUDE AVANT CINTRAGE.

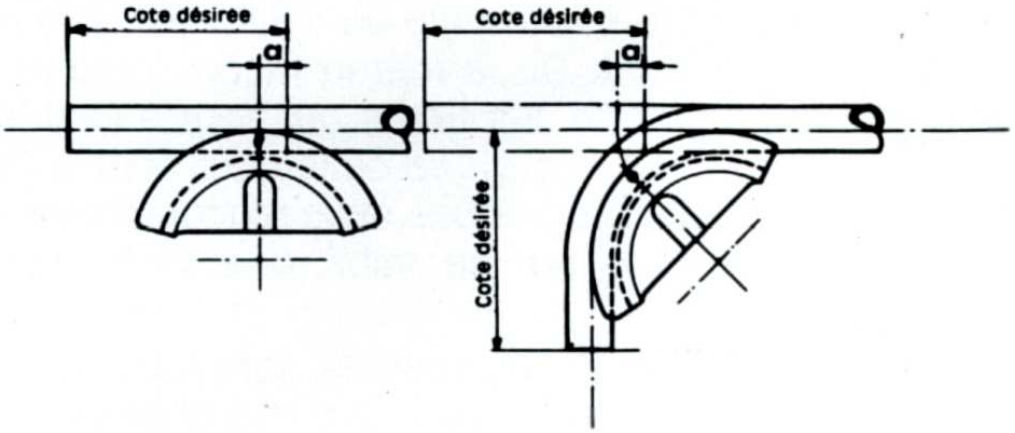


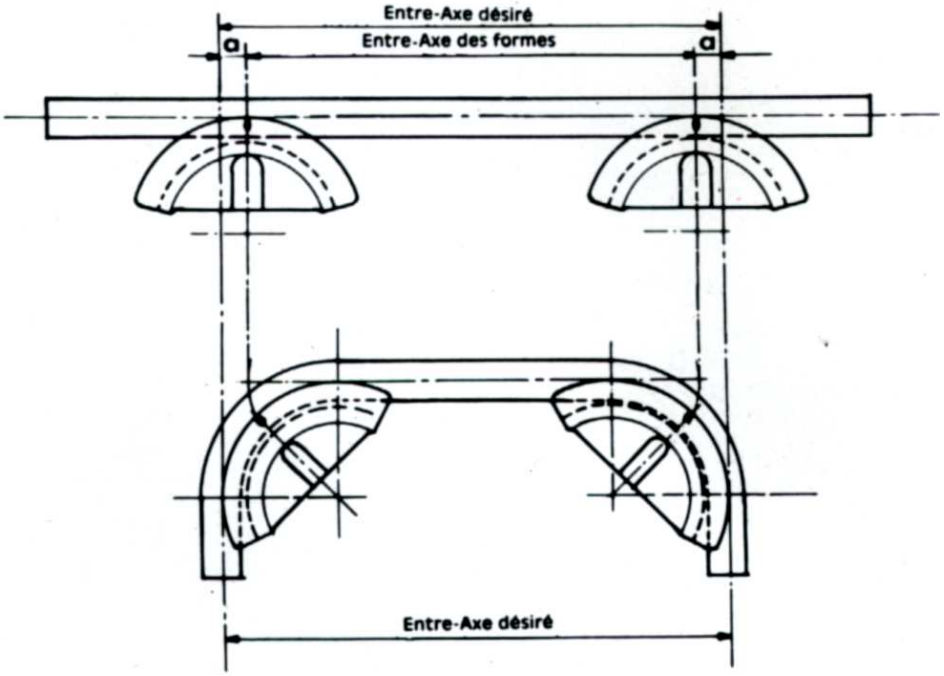


JUSTIFICATION THEORIQUE :

IL FAUT RETRANCHER DE LA COTE DESIREE UNE COTE THEORIQUE EGALE A 0,214 FOIS LE RAYON DE CINTRAGE.

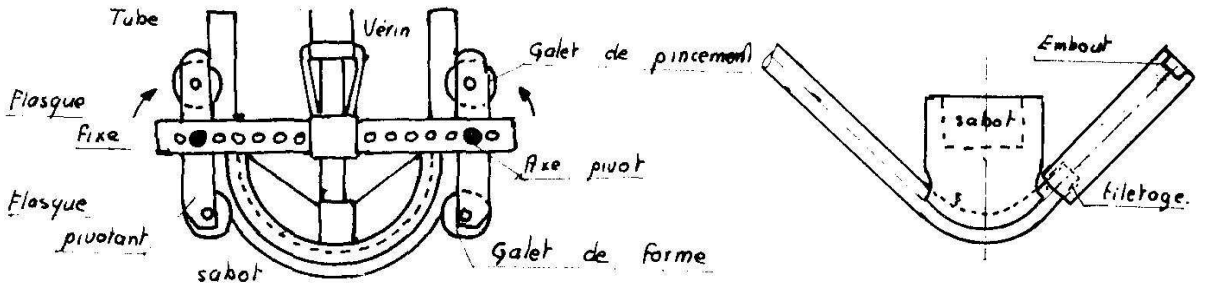
METHODE SIMPLE DE CALCUL POUR UN CINTRE A 90°

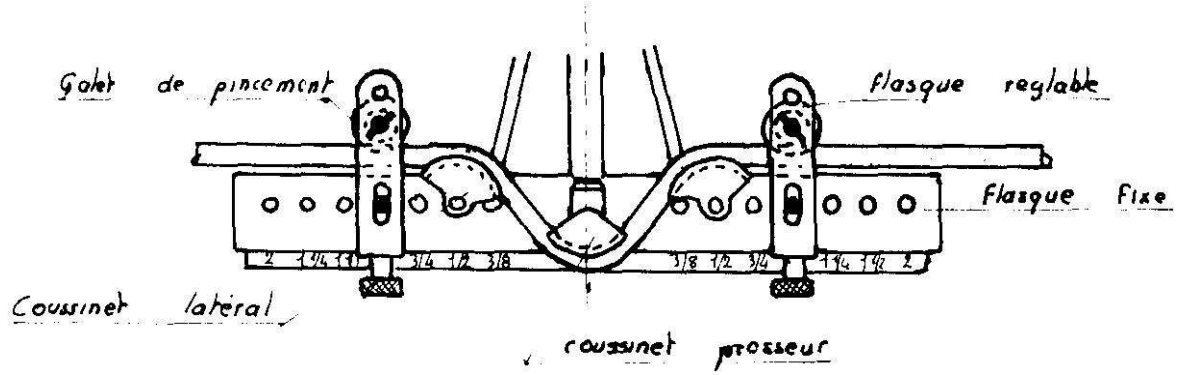




OUTILLAGES SPECIAUX POUVANT S'ADAPTER SUR LES MACHINES

- INDICATEUR D'ANGLE
- ATTELAGE 180°
- OUTILLAGE « CHAPEAU DE GENDARME »
- LE BOUT DE FEU





CINTREUSE FONCTIONNANT PAR EMBOUTISSAGE

RAYONS ET COTES DE CINTRAGE USUELS

DIMENSIONS DU TUBE MM	RAYON R A L'AXE DU TUBE MM	COTE A MM
1) FORMES GAZ POUR TUBES FILETABLES FINIS A CHAUD SOUDES (NF A 49-145 SERIE LEGERE DITS « TARIF 1 » SANS SOUDURE (NF A 49-115, SERIE MOYENNE DITS « TARIF 3 »)		
17,2 X 2	46,5	10
21,3 X 2,3	55,5	12
26,9 X 2,3	71	15
33,7 X 2,9	94	20
42,4 X 2,9	150	32
48,3 X 2,9	163	35
60,3 X 3.2	220	47
2) FORMES *CHAUDIERE* POUR TUBES DU COMMERCE A EXTREMITES LISSES POUR USAGES GENERAUX A MOYENNE PRESSION SUIVANT NORMES NF A 49-111 (DITS « *TARIF* 10 »), NF A 49-141 (DITS « TARIF 19 ») ET ASSIMILES		
12 X 1,5	51	11
14 X 2	52	11
18 X 2	54	12
20 X 2	60	13
25 X 2	72	15
30 X 2,5	115	25
33,7 X 2,3	138	30
35 X 2,5	138	37
38 X 2,6	170	37
41,5 X 2,5	181	39
42,4 X 2,6	180	39
44,5 X 2,6	213	46
47,5 X 2,5	230	49
48,3 X 2,6	230	49
51 X 2,5	247	53
54 X 2,6	267	57
3) FORMES *SERRURERIE* POUR TUBES QUALITE 101 ET TUBES SUIVANT NORME NF A 49-642 (DITS « QUALITE 102 »)		
12 X 1	47	10
13 X 1	50	11
14 X 1	55	12
15 X 1	60	13
16 X 1,25	65	14
18 X 1,25	72	15
20 X 1,25	105	23
22 X 1,25	115	25
25 X 1,25	130	28
28 X 1,5	150	32
30 X 1,5	165	35

CALCUL DE LA LONGUEUR DÉVELOPPÉE

CE CALCUL PERMET DE REPONDRE A LA QUESTION : A QUELLE LONGUEUR FAUT-IL COUPER LE TUBE POUR OBTENIR, APRES CINTRAGE, LES COTES PREVUES SUR LE DESSIN ?

LE CALCUL SE FAIT SUIVANT LA FIBRE NEUTRE, C'EST-A-DIRE CELLE QUI NE SUBIT NI ALLONGEMENT NI CONTRACTION ; EN PRATIQUE, CELLE QUI EST SITUEE A EGALE DISTANCE DE L'INTRADOS ET DE L'EXTRADOS.

POUR CHAQUE COUDE, ON MULTIPLIE LE RAYON DE CINTRAGE (RAYON QUI DEPEND DU PROCEDE UTILISE ET QUI EST INDIQUE SUR LA DOCUMENTATION REMISE PAR LE FABRICANT DE LA CINTREUSE) PAR UN COEFFICIENT PROPORTIONNEL A L'ANGLE DE CINTRAGE, EN APPLIQUANT LA FORMULE :

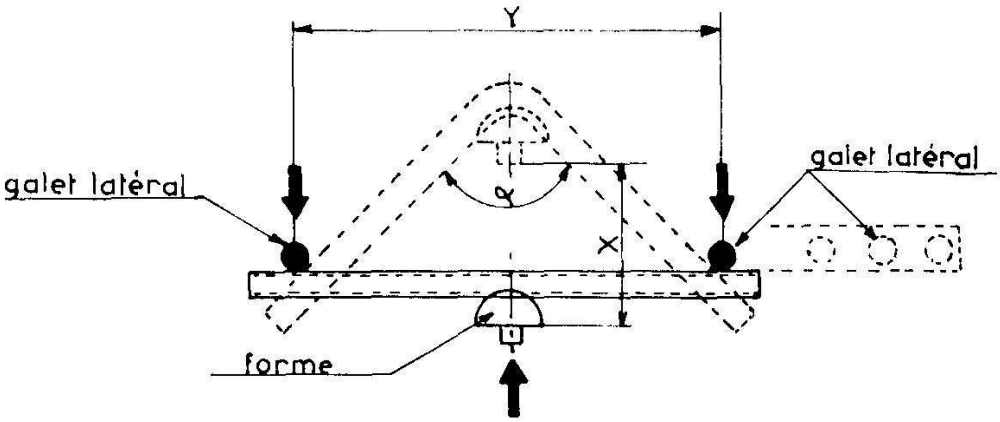
$$L = 0{,}0775\ AR$$

AVEC
- L = LONGUEUR DE L'ARC
- A = ANGLE DE CINTRAGE (EN DEGRES)
- R = RAYON DE CINTRAGE (MESURE A L'AXE DU TUBE)

LE TABLEAU CI-DESSOUS DONNE LES COEFFICIENTS *0,0175 A* VALABLES POUR LES ANGLES DE CINTRAGE LES PLUS COURANTS :

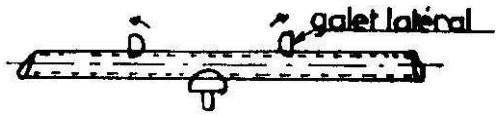
ANGLE DE CINTRAGE	**COEFFICIENT**	
30°	0,524	$(\frac{\pi}{6})$
45°	0,785	$(\frac{\pi}{4})$
60°	1,047	$(\frac{\pi}{3})$
90°	1,571	$(\frac{\pi}{2})$
180°	3,142	(π)

PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT

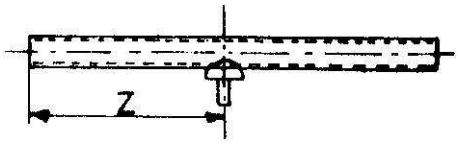


REGLES DE TRAVAIL

- CHOIX DE LA FORME EN FONCTION DES CARACTERISTIQUES DU TUBE CHOISI (DIAMETRE, EPAISSEUR, NUANCE)
- POSITIONNEMENT DES GALETS LATERAUX EN FONCTION DU DIAMETRE DU TUBE (COTE Y)
- ORIENTATION DES GALETS LATERAUX AU DEPART DE L'OPERATION (SAUF POUR GALET CIRCULAIRE)

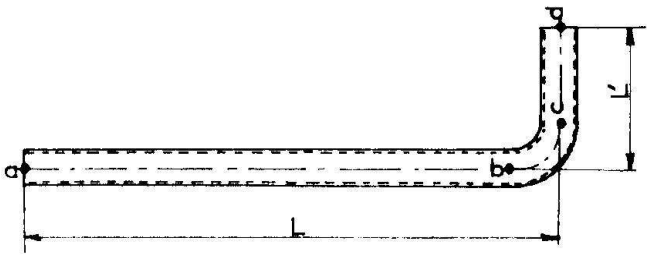


- ORIENTATION DU TUBE PAR RAPPORT AU PLAN MACHINE
- DETERMINATION DE L'ANGLE A SUIVANT LA COTE X EN FONCTION DE L'ELASTICITE DU TUBE
- MISE EN POSITION (COTE Z)



- LONGUEUR DU DEVELOPPE :

  - LONGUEUR DES PARTIES DROITES (AB+ CD)
  - LONGUEUR DE LA PARTIE CINTREE (BC) SUR LA FIBRE NEUTRE
  - COTE Z = L - A (POUR NF A49 145-NF A49 501)
  - **(LONGUEUR SUR AXE - (A) D'APRÈS TABLEAU CONSTRUCTEUR**

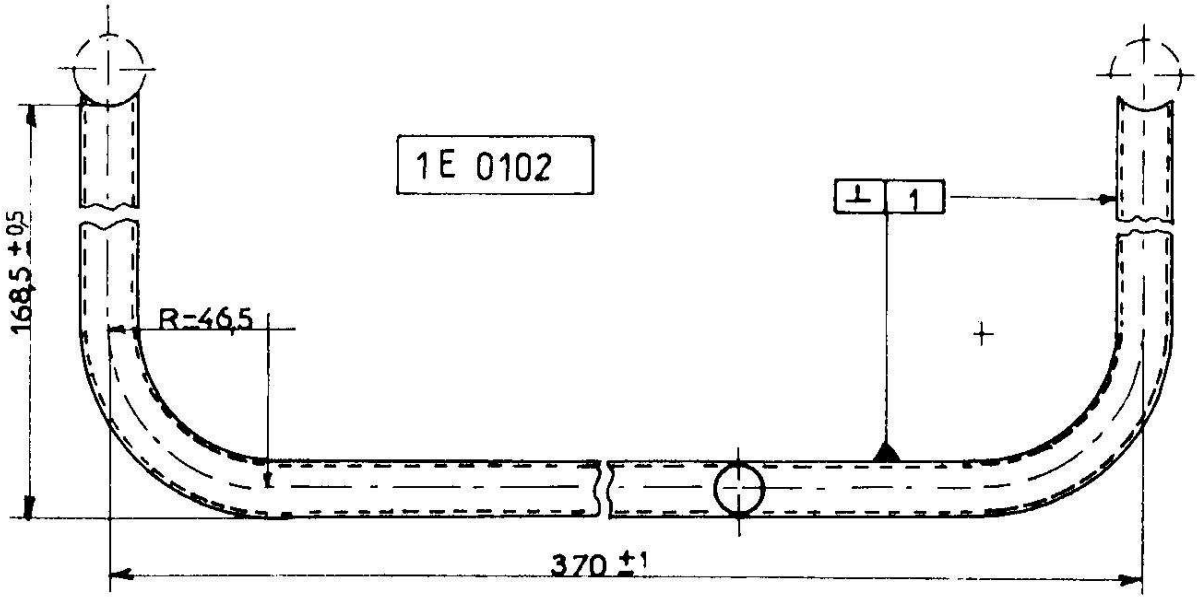


POUR UN
DEVELOPPE
COMPLET
(L+L') - (A X 2)

TABLEAU CONSTRUCTEUR POUR LE5 TUBES NF A49 145 NF A49 501				
DIAMETRE EXTERIEUR MM	RAYON DE CINTRAGE		COTE A RETRANCHER (A)	
	MINGORI	VIRAX	MINGORI	VIRAX
17,2	46,5	40	10 (20)	8,5 (17)
21,3	55,5	50	12 (24)	11 (21,5)
26,9	71	65	15 (30)	14 (28)
33,7	94	115	20 (40)	25 (50)
42,4	150	165	32 (64)	35,5 (71)
48,3	163	180	35 (70)	39 (78)
60,3	220	240	47 (94)	51,5 (103)

EXEMPLE D'APPLICATION : THEME ENROULEUR DE TUYAU

NF 449 145 TUBE 17,2 X 2,0



LONGUEUR DU DEVELOPPÉ

168,5 +(3 GUEULE DE LOUP) = 171,5

① LONGUEUR DES PARTIES DROITES : 171,5 – (46,5 + 8,6) = 116,4 X 2 = 232,8

370 – (46,5 X 2) = 277

LONGUEUR DES PARTIES CINTREES : $\frac{93 \times 3{,}14}{2} = 146$

LONGUEUR TOTALE : 232,8 + 277 + 146 = 655,8

② COTE L' = 171,5 - 8,6 =

LONGUEUR TOTALE : 370 + 162,9 + 162,9 - (20 X 2) = 655,8

TROIS ERREURS A NE PAS COMMETTRE

IL CONVIENT DE PRENDRE, DANS CHAQUE CAS, UN OUTILLAGE EXACTEMENT ADAPTE AUX CARACTERISTIQUES DU TUBE A CINTRER ET DU COUDE QUE L'ON VEUT OBTENIR.

SIGNALONS A CET EGARD TROIS ERREURS QUI SONT TROP FREQUEMMENT COMMISES PAR LES UTILISATEURS :

1. UTILISATION D'UNE FORME DE CINTRAGE CONÇUE POUR UN TUBE DE PLUS FORTE EPAISSEUR

PAR EXEMPLE : CINTRAGE PAR EMBOUTISSAGE D'UN TUBE A EXTREMITES LISSES (NF A 49-111) DE 33,7 X 2,3 MM SUR UNE FORME "GAZ", CONÇUE POUR UN TUBE FILETABLE (NF A 49-145) DE 33,7 X 2,9 MM. LE RAYON DE CINTRAGE ETANT TROP COURT (94 MM AU LIEU DE 138), LE TUBE SE PLISSERA.

2. UTILISATION D'UNE FORME DE CINTRAGE CONÇUE POUR UN TUBE DE PLUS GROS DIAMETRE

PAR EXEMPLE : CINTRAGE D'UN TUBE SERRURIER (NF A 49-642) DE 32 X 1,5 MM SUR UNE FORME CONÇUE POUR UN TUBE DE 35 X 1,5 MM MAL SOUTENU PAR LA GORGE DE LA FORME, LE TUBE S'OVALISERA.

3. CINTRAGE SANS PRECAUTIONS PARTICULIERES D'UN TUBE QUI N'EST PAS CONFORME AUX NORMES FRANÇAISES.

LES FORMES REALISEES PAR LES FABRICANTS FRANÇAIS DE CINTREUSES SONT CONÇUES POUR CINTRER DES TUBES CONFORMES AUX NORMES FRANÇAISES. IL ARRIVE QUE CERTAINS NEGOCIANTS VENDENT SOUS UNE MEME DENOMINATION

COMMERCIALE SANS SIGNIFICATION PRECISE (“TUBE CHAUFFAGE” OU “TUBE 26/34” PAR EXEMPLE) DES TUBES DE PROVENANCE ETRANGERE FABRIQUES DANS DES PAYS OU LES CARACTERISTIQUES DIMENSIONNELLES (EPAISSEUR NOTAMMENT) ET MECANIQUES (ALLONGEMENT EN PARTICULIER) NE SONT PAS LES MEMES QU’EN FRANCE. L’UTILISATION DE CES TUBES EST LA SOURCE DE DEBOIRES QUI SERAIENT FACILEMENT EVITES SI L’UTILISATEUR PRENAIT SOIN DE REDIGER CORRECTEMENT SES COMMANDES AFIN D’OBTENIR DES TUBES CONFORMES AUX NORMES FRANÇAISES.

RAPPELONS QUE LA COMMANDE DOIT PRECISER :

- LE NUMERO DE LA *NORME FRANÇAISE* QUI DEFINIT ET GARANTIT LES DIMENSIONS ET TOLERANCES ET LA QUALITE DU TUBE,

- LES DIMENSIONS REELLES DU TUBE.

ON NE DOIT PLUS JAMAIS EMPLOYER :

- DES APPELLATIONS TELLES QUE “TUBE CHAUFFAGE” OU “TUBE GAZ” OU “TUBE TARIF 1” QUI N’ONT PAS DE SENS PRECIS;

- NI DES DIMENSIONS “NOMINALES”, TELLES QUE “26/34” OU “1 POUCE”, QUI NE CORRESPONDENT PAS A LA REALITE ET SONT DONC SOURCES D’ERREURS.

Cintrage par enroulement
CINTRAGE À FROID

CINTRAGE A LA MAIN

IL NE S'EFFECTUE QUE SUR LES TUBES DE PETIT DIAMETRE, ET SUIVANT DE GRAND RAYON, AFIN D'EVITER LA FORMATION DE PLIS ET L'OVALISATION DE LA SECTION.

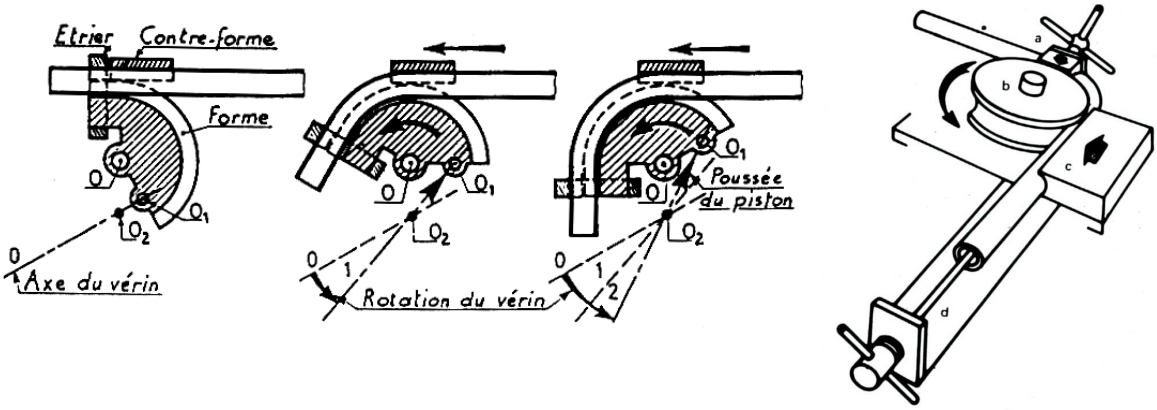
IL PEUT S'EXECUTER :

- PAR FLEXIONS SUCCESSIVES, ENTRE DEUX BROCHES FIXEES DANS UN MARBRE A TROUS EN DEPLAÇANT LE TUBE AU FUR ET A MESURE DU CINTRAGE,
- SUR UNE FORME

CINTRAGE À LA MACHINE

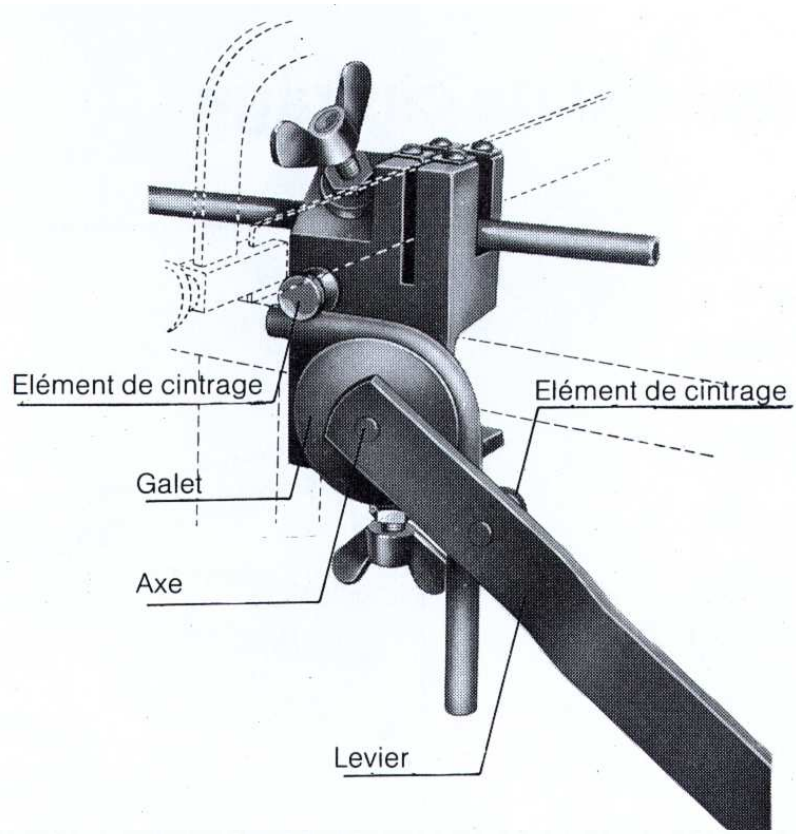
IL EXISTE DEUX TYPES PRINCIPAUX DE MACHINES A CINTRER :

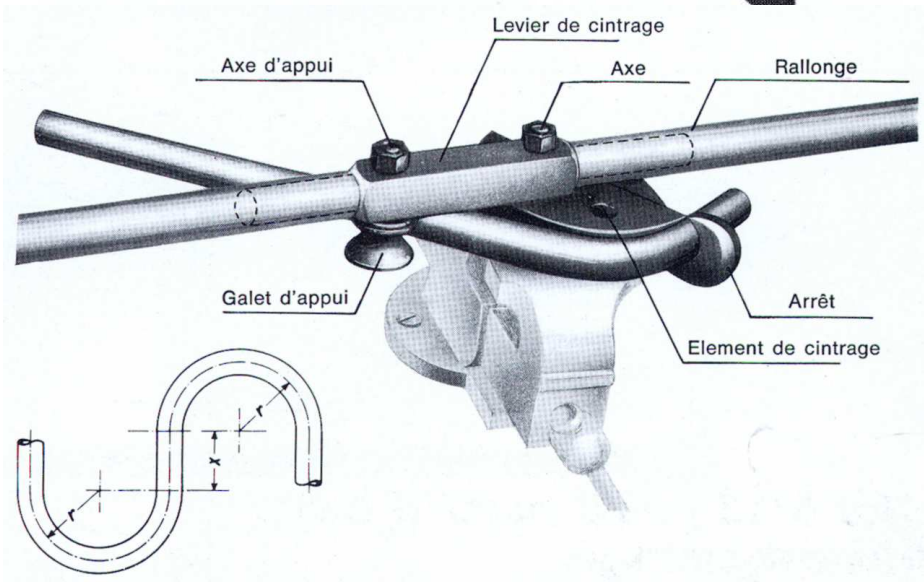
- LES MACHINES AGISSANT PAR POUSSEE (EMBOUTISSAGE)
- LES MACHINES AGISSANT PAR ENROULEMENT DU TUBE SUR UNE FORME. ELLES PERMETTENT L'OBTENTION DE RAYONS PLUS COURTS.



LES MACHINES A CINTRER PAR ENROULEMENT

PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT : LE TUBE EST ENTRAINE PAR UNE ***FORME A GORGE*** SUR LAQUELLE IL EST BLOQUE PAR UN ***ETRIER*** OU UN ***ETAU.***





PENDANT LE CINTRAGE, LE TUBE EST MAINTENU, SERRE LEGEREMENT, ENTRE LA FORME CIRCULAIRE ET UNE ***CONTRE-FORME*** RECTILIGNE, APPELEE ***GLISSIERE,*** SUR LAQUELLE IL GLISSE.

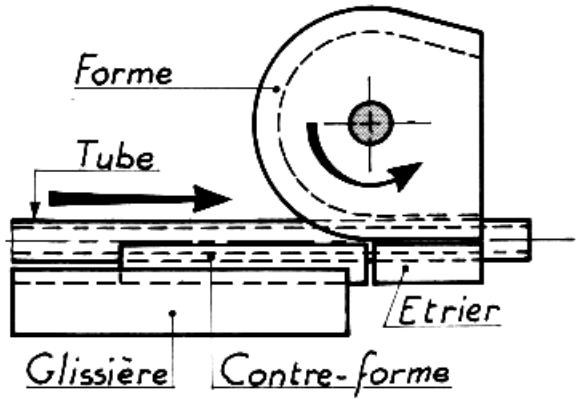


FIG. 1
CINTRAGE A CREUX

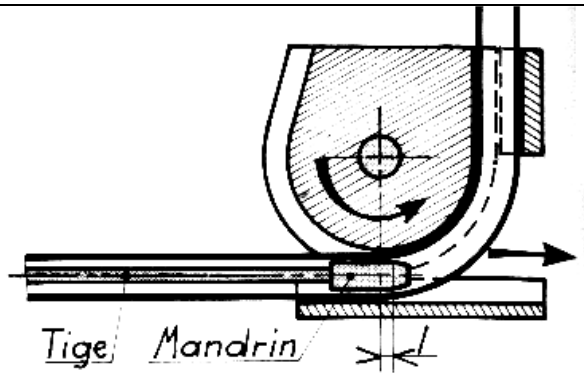


FIG. 2
CINTRAGE SUR MANDRIN A OLIVE

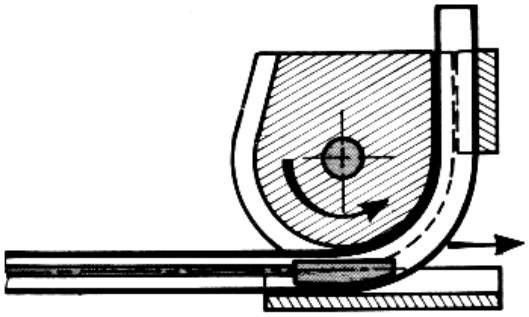


FIG. 3
CINTRAGE SUR MANDRIN ASYMETRIQUE

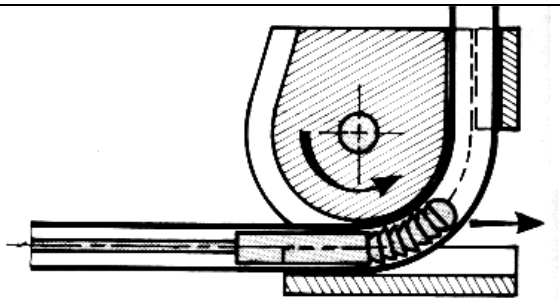
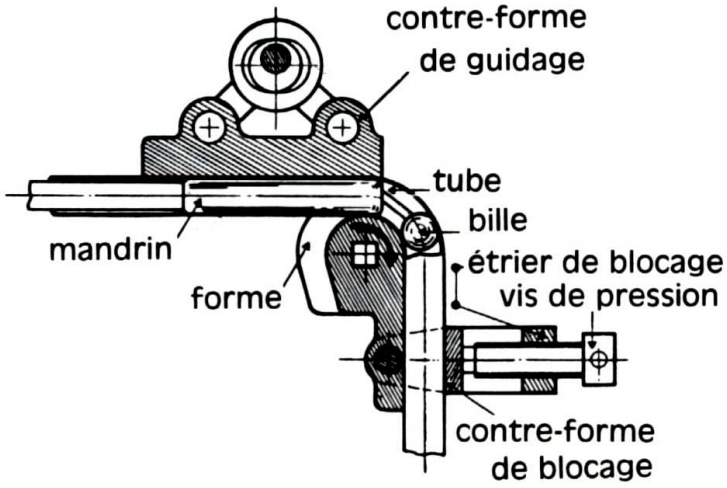


FIG. 4
CINTRAGE SUR MANDRIN ARTICULE (ANNEAUX SPHERIQUES)

LES MACHINES FONCTIONNANT D'APRES CE PRINCIPE PERMETTENT L'EXECUTION DE COUDES DE RAYON PLUS COURT QUE CEUX OBTENUS SUR UNE MACHINE AGISSANT PAR « *EMBOUTISSAGE* ». CERTAINES D'ENTRE ELLES PEUVENT CINTRER DES TUBES D'UN DIAMETRE SUPERIEUR A 300 MM. ELLES SONT TRES EMPLOYEES POUR LE CINTRAGE DES TUBES MINCES DANS CE CAS, IL EST NECESSAIRE D'INTRODUIRE UN MANDRIN A L'INTERIEUR DU TUBE.

LE **MANDRIN** EST UTILISE EGALEMENT POUR LE CINTRAGE DES TUBES GAZ OU CHAUDIERE LORSQUE LE RAYON DU COUDE EST RELATIVEMENT PETIT.

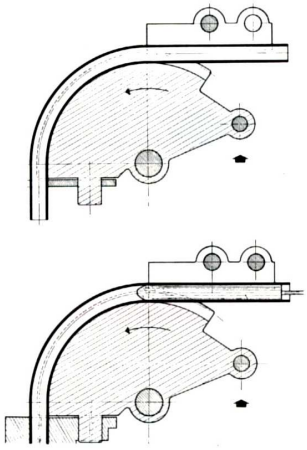


LE MANDRIN, MONTE SUR UNE TIGE DE LONGUEUR SUPERIEURE A CELLE DU TUBE, EST UN CYLINDRE COURT DE DIAMETRE EGAL, AU JEU PRES, AU DIAMETRE INTERIEUR DU TUBE.

SON EXTREMITE, GENERALEMENT EN FORME D'OGIVE, PEUT ETRE DE FORME PLUS OU MOINS ALLONGEE OU PLUS OU MOINS RONDE, SELON LES TRAVAUX A EXECUTER (FIG. 2 ET 3). POUR LES RAYONS TRES COURTS (1 ***D*** ET MEME MOINS), ON EMPLOIE UN MANDRIN CONSTITUE D'ANNEAUX SPHERIQUES EMBOITES LES UNS DANS LES AUTRES ET TERMINE PAR UNE SPHERE (FIG. 4).

POUR OBTENIR UN BON CINTRAGE AVEC UN MANDRIN A OGIVE, IL FAUT QUE LE DEBUT DE L'OGIVE SOIT EN AVANT DU POINT DE CONTACT DE LA FORME AVEC LE TUBE *(L* ≈ $\frac{1}{4}$ DU DIAMETRE INTERIEUR DU TUBE).

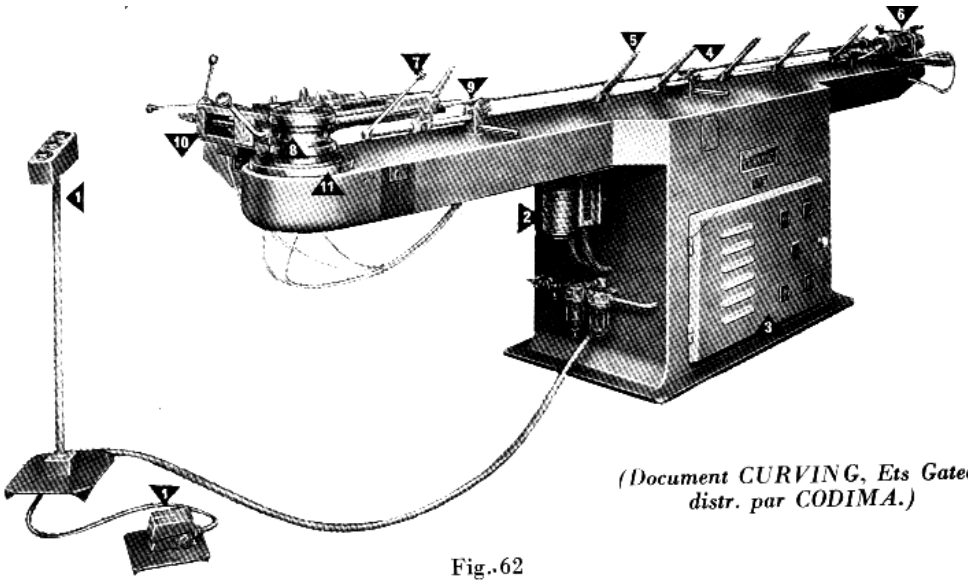
COMMANDE DE LA ROTATION DE LA FORME : ELLE EST GENERALEMENT REALISEE PAR LA POUSSEE D'UN



NOTA : DE PETITES MACHINES (∅ MAXIMAL DU TUBE : 35 MM; *E* = 1,5 MM) PEUVENT ETRE COMMANDEES MANUELLEMENT.

LA POUSSEE EST APPLIQUEE :

1. SOIT AU CENTRE DE LA FORME : CINTREUSES A ENTRAINEMENT CENTRAL



(Document CURVING, Ets Gateau, distr. par CODIMA.)

Fig. 62

(1) Commandes.
(2) Réglage des angles par barillet.
(3) Support et équipement électrique.
(4) Tige porte-mandrin.
(5) Butées de longueurs.
(6) Réglage d'avance du mandrin.
(7) Levier de manœuvre des butées.
(8) Forme de cintrage.
(9) Support-tige porte-mandrin.
(10) Appareil de serrage.
(11) Plateau de cintrage.

POUR L'EXECUTION DE CINTRAGES A RAYON TRES COURT, CERTAINES DE CES MACHINES SONT MUNIES D'UN VERIN SUPPLEMENTAIRE QUI POUSSE SUR LE TUBE PENDANT LE CINTRAGE AFIN DE LE REFOULER POUR EVITER UN AMINCISSEMENT IMPORTANT DE L'EXTRADOS.

2. SOIT SUR LE COTE DE LA FORME : CINTREUSE A VERIN OSCILLANT (FIG. 6). LA FORME EST SOLIDAIRE DU PISTON PAR L'INTERMEDIAIRE D'UNE CHAPE ARTICULEE EN O_1 (FIG. 7).

FIG. 6 - CINTREUSE A VERIN OSCILLANT.

(DOCUMENT MINGORI)

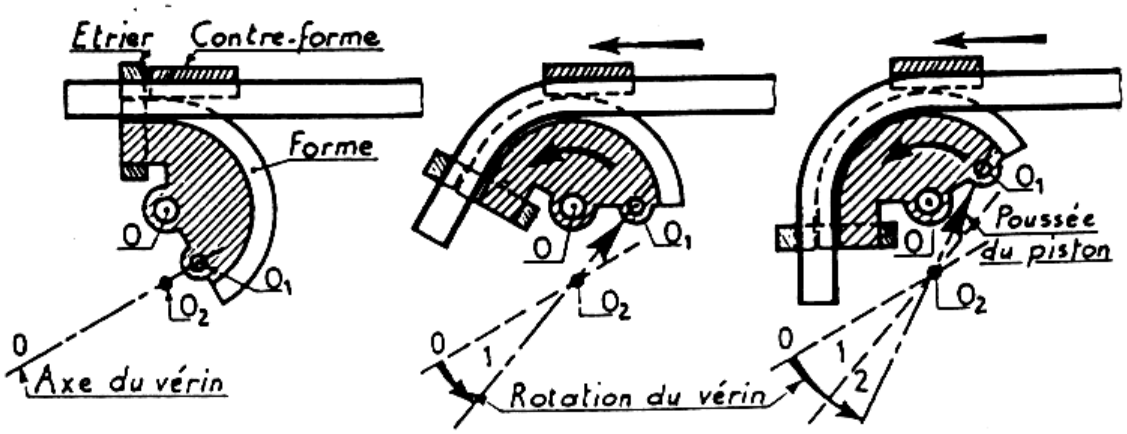


FIG. 7

POSITION INITIALE *POSITION INTERMEDIAIRE* *POSITION TERMINALE*

LE CORPS DU VERIN EST ARTICULE AUTOUR D'UN POINT FIXE O_2 DE L'ATTELAGE. LES AXES O_1 ET O_2 SONT ALIGNES SUR L'AXE DU VERIN.

SOUS LA POUSSEE DU PISTON, LA FORME TOURNE AUTOUR DU CENTRE ***O*** EN ENTRAINANT LE TUBE. LE CENTRE O_2 ETANT FIXE, ***LE VERIN TOURNE AUTOUR DE CE CENTRE,*** D'OU L'APPELLATION DE « ***VERIN OSCILLANT*** ».

CERTAINES CINTREUSES A ENTRAINEMENT CENTRAL SONT AUTOMATISEES INTEGRALEMENT. APRES MISE EN PLACE DU TUBE PAR L'OPERATEUR, CE DERNIER DONNE UNE SEULE IMPULSION ELECTRIQUE QUI A POUR EFFET DE DECLENCHER LA SUCCESSION DES MOUVEMENTS SUIVANTS :

- SERRAGE (DU TUBE,
- SERRAGE DU PORTE-GLISSIERE,
- CINTRAGE DU TUBE JUSQU'A L'ANGLE DESIRE, PREREGLE,
- ARRET DE LA FORME DE CINTRAGE,
- RECUL DU PORTE-GLISSIERE ET DE LA GLISSIERE,
- RECUL DE LA TIGE PORTE-MANDRIN,
- DESSERRAGE. DU TUBE,
- RETOUR DE LA FORME ET ARRET A SA POSITION DE DEPART,
- EJECTION DU TUBE CINTRE.

NOTA : QUEL QUE SOIT LE TYPE DE MACHINE UTILISEE, IL EST INDISPENSABLE DE LUBRIFIER *TRES ABONDAMMENT* L'INTERIEUR ET L'EXTERIEUR DU TUBE AVEC UNE HUILE SPECIALE.

CINTRAGE PAR ENROULEMENT	CINTRAGE PAR ENROULEMENT
LE GALET MOBILE ENROULE PROGRESSIVEMENT LE TUBE SUR LA FORME FIXE. CETTE METHODE EST CARACTERISEE PAR UN AMINCISSEMENT MINIME DE LA PAROI DU TUBE.	LE GALET MOBILE AUQUEL EST AMARRE LE TUBE ENTRAINE CELUI-CI AU COURS DE LA ROTATION. LE MANDRIN S'OPPOSE A L'OVALISATION DU TUBE.

APPAREILS DE CINTRAGE

CET APPAREIL PERMET DE REALISER LE CINTRAGE DES TUBES DE ∅ EXT. 6 A 18 MM.
POIDS : 4 KG.

TUBE ∅ EXT.	R	X
6 ET 8	33 34	35 35
10 ET 12	35,5 36,5	35 35
14	36,5	35
15	44	38
16	44	38
18	51,5	42

CET APPAREIL PERMET DE REALISER LE CINTRAGE DES TUBES DE ∅ EXT. 20, 22 ET 25 MM AVEC 3 ELEMENTS DE CINTRAGE.
RAYON DE CINTRAGE : R = 86,5
LONGUEUR ENTRE 2 CINTRES : X = 52 ENV.
POIDS : 15 KG

CINTREUSE MANUELLE PROGRAMMABLE

LA CINTREUSE MANUELLE PROGRAMMABLE F0 POUR TUBES DE *0* 6 A 18 MM PRESENTE DE NOMBREUX AVANTAGES, NOTAMMENT LA POSSIBILITE DE REALISER PLUSIEURS PLANS DE CINTRAGE, UNITAIREMENT ET EN SERIE. UN PROGRAMME PEUT ETRE AFFICHE PERMETTANT LA REALISATION DE TUYAUTERIES CINTREES EN SERIE.

L'AFFICHAGE DES ANGLES DE CINTRAGE DANS L'ESPACE EST REALISE SUR UNE ECHELLE GRADUEE. LA LONGUEUR ENTRE DEUX CINTRES EST AUTOMATIQUEMENT DETERMINEE PAR LE PROGRAMME CHOISI AU PREALABLE. IL EST EGALEMENT POSSIBLE, A PARTIR D'UNE TUYAUTERIE EXISTANTE DE RECOMPOSER LE PROGRAMME, PAR EXEMPLE POUR REALISER UNE TUYAUTERIE EN SERIE.

LA CINTREUSE EST LIVREE COMPLETE AVEC SIX GALETS DE CINTRAGE POUR TUBES ∅ EXT. 6/8, 10/12, 14, 15, 16 ET 18. LES LONGUEURS STANDARDS DE LA REGLE DE PROGRAMMATION ET DU SUPPORT DE TUBE SONT DE 1 M. (SUR DEMANDE, LIVRAISON EN LONGUEUR DE 2 M).

GALETS POUR TUBE ∅ EXTERIEUR MM	**RAYON DE CINTRAGE**	**LONGUEUR DROITE MINI ENTRE 2 CINTRAGES**
6 [1])	33	35
8 [1])	34	35
10 [2])	35,5	35
12 [2])	36,5	35
14	36,5	35
15	44	38
16	44	38
18	51,5	42

DÉFINITION DU PROGRAMME

LE CINTRAGE COMMENCE A L'EXTREMITE DROITE DU TUBE, D'OU LE DEROULEMENT DU PROGRAMME DE LA DROITE VERS LA GAUCHE. AVEC LA REGLE PROGRAMMEE DE 1 M, LES TUBES D'UNE LONGUEUR DEVELOPPEE DE 927 MM PEUVENT ETRE CINTRES.

EXEMPLE : PLAN D'UN TUBE DE ∅ EXT. 14 MM. AVEC RAYON DE CINTRAGE 36,5 MM. LES PARTIES DROITES ET COURBES SONT NUMEROTEES ; LEUR ADDITION DONNE LA LONGUEUR FINALE	
LORS D'UN CHANGEMENT DE PLAN, RESPECTER LES ANGLES (COUDES B3 ET B4).	
REGLE PROGRAMMEE SUIVANT L'EXEMPLE DU PLAN.	

ETAPE DU PROGRAMME	ANGLE DE ROTATION A	ANGLE DE CINTRAGE B	LONGUEUR SUPPLEMENTAIRE MM Z +	LONGUEUR DROITE MM G +	LONGUEUR DU COUDE MM B =	AVANCE MM V	LONGUEUR DU PROGRAMME MM P
0 (= A)							
1	0°	45°	55	60	28	143	143
2	0°	135°	–	60	85	145	288
3	210°	180°	–	60	114	174	462
4	75°	90°	–	40	57	97	559
5 (= S)	75°	–	58	40	–	98	657
			113 +	(L :))	544	(A→S)	

TRONÇONNAGE, MEULAGE ET PONÇAGE

DÉFINITION

LES PROCEDES DE DECOUPAGE PAR TRONÇONNAGE OCCUPENT UNE PLACE IMPORTANTE DANS LE TRAVAIL DES METAUX. LA COUPE EST OBTENUE AU MOYEN D'UN DISQUE ABRASIF DONT LE DIAMETRE DETERMINE LE TYPE DE MACHINE. LE METAL EST EVACUE PAR EFFET DE FROTTEMENT D'UN DISQUE ABRASIF SUR LA MATIERE SOUS FORME DE POUSSIERES TRES FINES.

LES MEULEUSES - TRONÇONNEUSES

LES MEULEUSES D'ANGLE

MEULE

CONVIENT POUR LES PETITS TRAVAUX, SON UTILISATION EST TRES DIVERSIFIEE :

- TRONÇONNAGE
- MEULAGE
- EBARBAGE
- PONÇAGE
- DECAPAGE

CERTAINS MODELES SONT EQUIPES D'UN VARIATEUR ELECTRONIQUE, D'UN DEMARRAGE PROGRESSIF, ETC.

LA GROSSE MEULE OU TRONÇONNEUSE

CETTE MACHINE EST UTILISEE POUR LES GROS TRAVAUX :
EN TRONÇONNAGE
SUR TOLE FINE, SA VITESSE DE COUPE EST ASSEZ ELEVEE.
SUR TOLE MOYENNE LA POLLUTION MOLECULAIRE DUE A LA CHALEUR EST PEU IMPORTANTE
LE TEMPS D'OPERATION DE FINITION DE LA COUPE (BLANCHISSAGE) EST MOINS IMPORTANT QUE LE PLASMA.
LA DEFORMATION 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 REGLABLE QUI SERT DE POINT D'APPUI.

DE GROSSEURS ET DE FORMES VARIEES, LES MACHINES A TRONÇONNER SE COMPOSENT PRINCIPALEMENT : D'UN BATI EN ACIER QUI SERT DE BASE ET DE TABLE DE TRAVAIL, D'UNE TETE BASCULANTE SUR LAQUELLE EST MONTE LE MOTEUR ELECTRIQUE ET L'ORGANE DE COUPE, D'UN ETAU POUR RETENIR LES PIECES A TRONÇONNER, DE PROTECTEURS DE SECURITE, DE BOUTONS POUR LA MISE EN MARCHE ET L'ARRET.

L'ETAU DE SERRAGE EST FIXE ET C'EST EN FAISANT PIVOTER LA TETE QUE L'ON OBTIENT L'ANGLE DE COUPE RECHERCHE

ES ACCESSOIRES

LA MATIERE SYNTHETIQUE DES BROSSES (JAUNE ET NOIR) SOUTIENT CHAQUE EXTREMITE DE FILS. ON OBTIENT UN RENDEMENT MAXIMUM EN APPLIQUANT UNE PRESSION FAIBLE, LONGUE DUREE DE VIE ET SECURITE 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)

(DOC. FLEXOVIT)

LES DEUX DISQUES CI-DESSOUS S'UTILISENT AVEC UN PLATEAU SUPPORT

DISQUE FIBRE A PONCER PERMETTANT DE FAIRE DES ARASEMENTS PLAN

DISQUE A PONCER SEMI-FLEXIBLE EN RESINE

PETITE ET GROSSE MEULE **(ACIER – INOX)**
GROSSE MEULE(ACIER)

(DOC. FLEXOVIT)

DISQUES À LAMELLES PLATS OU CONIQUES POUR LE PONÇAGE
PETITE ET GROSSE MEULE
(ACIER – INOX)

(DOC. FLEXOVIT)

LA RETREINTE

ON PEUT EXPLIQUE LE TRAVAIL DE LA RETREINTE EN FAISANT LES EXPERIENCES SUIVANTES :

PREMIÈRE EXPERIENCE

1. SUR UNE TOLE PLANE DE 1 MM D'EPAISSEUR ET DE 100 MM DE COTE, FORMONS UN PLI SOUS EN FRAPPANT LA TOLE AVEC UNE PANNE (MARTEAU OU MAILLET) SUR UN TAS A PLISSER (FIG.1), SOIT A L'AIDE D'UN PINCE A PLISSER (FIG.2)

CONSTATATION : LE COTE C_2 (FIG.3) A DIMINUE DE LONGUEUR C_2 = 94 MM

2. DONNONS QUELQUES COUPS DE MAILLET POUR FAIRE DISPARAITRE LE PLI.

CONSTATATION : LE COTE C_2 A RETROUVE SA FORME ET SA LONGUEUR INITIALES, C_2 = 100 MM, L'EPAISSEUR N'EST PAS MODIFIEE.

EXPLICATION : LE PLI A ETE FORME PUIS SUPPRIME EN SOUMETTANT LA TOLE A UNE CONTRAINTE DE FLEXION DE SENS OPPOSES ET D'EGALE VALEUR. IL N'EN RESULTE AUCUNE MODIFICATION DE FORME, DE SURFACE OU D'EPAISSEUR.

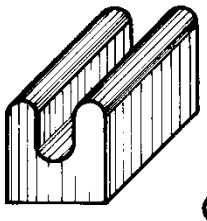


Fig. 1

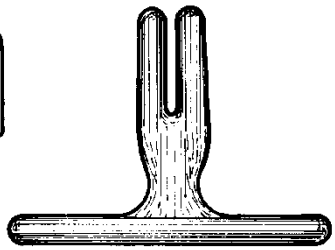


Fig. 2

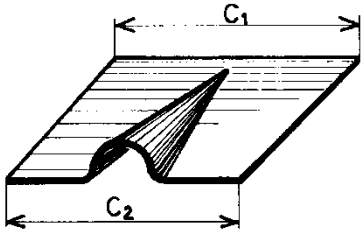


Fig. 3

DEUXIÈME EXPERIENCE

APRES AVOIR PLISSE LA TOLE, PLAÇONS-LA DANS UN MONTAGE QUI MAINTIENNE LES BORDS (C_1 ET C_2) A LEUR LONGUEUR RESPECTIVE (FIG.4). POUR SUPPRIMER LE PLI, FRAPPONS A COUPS SERRES AVEC UN MARTEAU OU UN MAILLET A RETREINDRE DEPUIS SA NAISSANCE JUSQU'AU BORD.

NOTA : LE TRAVAIL EST PLUS FACILE ET PLUS RAPIDE QU'IL EST EXÉCUTÉ À CHAUD (EMPLOI D'UN CHALUMEAU).

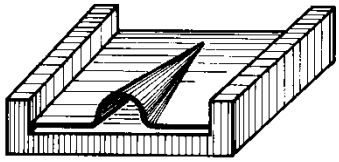


Fig. 4

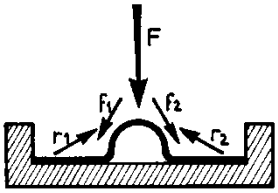


Fig. 6

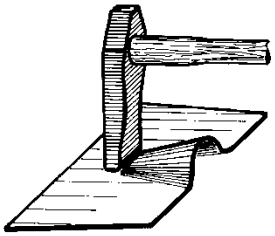


Fig. 5

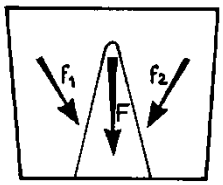


Fig. 8

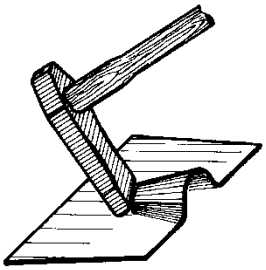


Fig. 7

1ERE METHODE : ON FRAPPE PERPENDICULAIREMENT AU PLAN DE LA TOLE (FIG.5). LA FORCE DE FRAPPE *F* PEUT SE DECOMPOSER EN DEUX FORCES F_1 ET F_2 (FIG.6) QUI TENDENT A FAIRE GLISSER LE METAL DANS LE SENS DES FLECHES, MAIS LE METAL ETANT « BRIDE » PAR LE MONTAGE, LA REACTION DE CELUI-CI CREE DES FORCES INVERSES A F_1 ET F_2 SOIT R_1 ET R_2 (FIG.6), IL S'ENSUIT QUE LE METAL EST REFOULE SUR LUI-MEME S'EPAISSIT.

CONSTATATION : APRES SUPPRESSION DU PLI, LE BORD C_2 EST TOUJOURS PLUS PETIT QUE LE BORD C_1 MAIS AU DROIT DU PLI LA TOLE EST PLUS EPAISSE ET PRESENTE UN LEGER SURPLUS DE MATIERE DANS LE SENS LONGITUDINAL. LE METAL A ETE REFOULE ET DEPLACE VERS L'EXTERIEUR (FIG.9)

2E METHODE : ON FRAPPE AVEC LE MARTEAU A RETEINDRE :

- EN L'INCLINANT DE FAÇON A DIRIGER LE METAL VERS LE BORD (FIG.7) ;
- EN ORIENTANT LES COUPS DE FAÇON A RAMENER LE METAL VERS L'AXE DU PLI.

CONSTATATION : LA DOUBLE ACTION A ET B A POUR EFFET DE DEPLACER LES GRAINS DU METAL DANS LE SENS DES FLECHES *F*, F_1 ET F_2 (FIG.8). IL SE PRODUIT A LA FOIS UN GLISSEMENT DES GRAINS DIRIGE VERS L'EXTERIEUR (EFFET F) ET UN REFOULEMENT, UNE COMPRESSION VERS L'AXE DU PLI (EFFET F_1 ET F_2)

COMPARAISON DES RESULTATS OBTENUS PAR CHACUNE DES METHODES. ON VOIR QUE, D'UNE PART, A L'ENDROIT DU PLI, LA TOLE A AUGMENTE D'EPAISSEUR, MAIS MOINS PAR LA DEUXIEME QUE PAR LA PREMIERE METHODE ; D'AUTRE PART, LE DEPLACEMENT DU

METAL EST PLUS IMPORTANT POUR LA DEUXIEME QUE PAR LA DEUXIEME METHODE (FIG 9 ET 10).

CES RESULTATS DIFFERENTS ONT POUR CAUSE L'ORIENTATION DIFFERENCE DE LA FRAPPE DONC DE LA TENUE DIFFERENTE DU MARTEAU.

REMARQUE : SI L'ON NE VEUT PAS EPAISSIR LA METAL, ON MARTELE LA TOLE AVEC UNE FORCE LEGEREMENT PLUS GRANDE QU'IL EST NECESSAIRE POUR RETREINDRE LE PLI. DE CE FAIT, L'ACTION DU MARTEAU S'EXERCE D'ABORD A FAUX : COMPRESSION D'OU EPAISSISSEMENT, ET, ENSUITE EN FIN DE COURSE, A COUPE DE PORTANT : ECRASEMENT, LAMINAGE, D'OU AMINCISSEMENT. SI LES DEUX EFFETS CONTRAIRES DU MARTELAGE (EPAISSISSEMENT ET AMINCISSEMENT) SONT EGAUX, ILS S'ANNULENT ET L'EPAISSEUR RESTE CONSTANTE. SEULES SUBSISTENT : LA DEFORMATION INITIALE (DIMINUTION DE LA LARGEUR $C_2<C_1$) ET LA DEFORMATION PROVOQUEE PAR LA RETREINTE : AUGMENTATION DE LA LONGUEUR. D'APRES LE MODE OPERATOIRE, ON A $L_3 > L_2 > L_1$ (FIG.9, 10, 11).

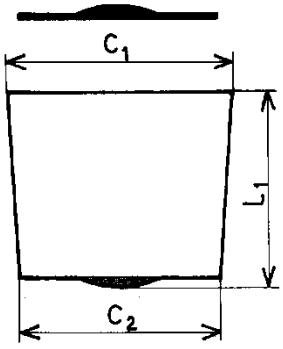


Fig. 9

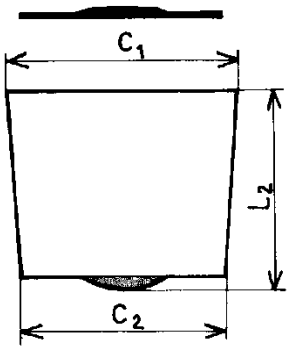


Fig. 10

$L_3 > L_2 > L_1$

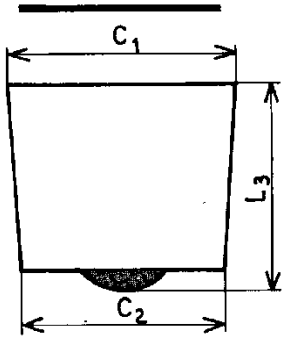


Fig. 11

CE SONT DEUX TRANSFORMATIONS : ***DIMINUTIONS D'UNE DIMENSION ET AUGMENTATION D'UNE AUTRE, EN CONSERVANT L'EPAISSEUR OU EN L'AUGMENTANT***, QUI CARACTERISENT LA RETREINTE.

REMARQUE : EN RÉALITÉ, UNE PIÈCE SOUMISE À LA RÉTREINTE N'EST PAS BRIDÉE SUIVANT LA COTE *C*, C'EST À DIRE SUIVANT LE PÉRIMÈTRE DU BORD.

LA RETREINTE A POUR EFFETS :

- **PREMIER TEMPS** (TRAVAIL A FAUX), DE DIMINUER LE PERIMETRE *C* ET D'AUGMENTER LA LONGUEUR *L* ET L'EPAISSEUR E (FIG.12).

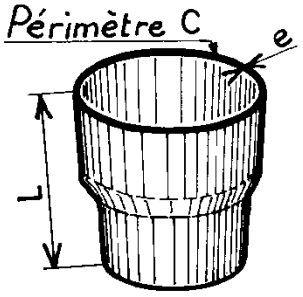


Fig. 12

- **DEUXIEME TEMPS** (TRAVAIL A COUPS PORTANTS) DE DIMINUER L'EPAISSEUR ET D'AUGMENTER LE PERIMETRE *C* ET LA LONGUEUR *L*. SEULE L'AUGMENTATION DU PERIMETRE EST CONTRAIRE AU RESULTAT CHERCHE, MAIS ELLE EST TRES FAIBLE PAR RAPPORT A LA DIMINUTION OBTENUE DANS LE PREMIER TEMPS. L'AUGMENTATION DE LA LONGUEUR EST FAVORABLE.

AU TERME D'UNE RETREINTE BIEN CONDUITS, L'EPAISSEUR DU METAL DOIT ETRE EGALE A CELLE QU'IL AVAIT AVANT RETREINTE.

RAISON PRINCIPALE : LORSQUE LE METAL S'EPAISSIT, SES GRAINS, ENCHEVETRES LES UNS DANS LES AUTRES, SE DEPLACENT EN AUGMENTANT L'INTERVALLE QUI LES SEPARE ; LEUR COHESION ET, PAR VOIE DE CONSEQUENCE, LA TENSION INTERNE DIMINUENT, ***LA FRAGILITE AUGMENTE.***

LA PRATIQUE MONTE QUE PARFOIS, DES CASSURES SE PRODUISENT AILLEURS QUE SUR LE BORD DE LA PIECE, SUR DU METAL EPAISSI ; ON CONSTATE ALORS QUE LA STRUCTURE EST PLUS GROSSIERE QU'AVANT LA RETREINTE.

C'EST POUR RAMENER LE METAL A SON EPAISSEUR INITIALE QUE LES PIECES EXECUTEES PAR RETREINTE IMPORTANTE SONT, APRES CHAQUE PASSE DE RETREINTE, MARTELEES A COUPS PORTANTS AVANT CHAQUE RECUIT. CE MARTELAGE EST APPELE SOUS-PLANAGE PARCE QUE TOUT EN REDUISANT L'EPAISSEUR, IL PREPARE LE PLANAGE EN FAISANT DISPARAITRE LES PLUS GRANDES MARQUES LAISSEES PAR LE MARTELAGE.

RAISON SECONDAIRE : L'EPAISSEUR ET LE VOLUME DE MATIERE ETANT LES MEMES AVANT ET APRES LE TRAVAIL, L'AIRE DE LA SURFACE INITIALE ET CELLE DE LA SURFACE APRES RETREINTE, SONT EQUIVALENTES ; CECI PERMET DE DETERMINER ASSEZ PRECISEMENT L'AIRE DE LA SURFACE D'ORIGINE.

L'EXPERIENCE DES GRAINS DE SABLE SE DEPLAÇANT ENTRE DEUX LAMES DE VERRE PARALLELES (FG.13) PEUT DONNER UNE IMAGE TRES GROSSIERE DE CE QUI SE PASSE PENDANT L'EMBOUTISSAGE » MECANIQUE QUI EN REALITE EST UNE RETREINTE, ET A CONDITION QUE LE JEU ENTRE LE POINÇON ET LA MATRICE SOIT EGAL A L'EPAISSEUR DU METAL. LE COUP ETANT PORTE A FAUX, LE METAL N'EST EN CONTACT QU'AVEC LE MARTEAU QUI PEUT-ETRE REPRESENTE PAR UNE PLAQUE DE VERRE, MAIS L'AUTRE PLAQUE NE PEUT PAS REPRESENTER LE TAS.

IL FAUDRAIT QUE L'UNE DES PLAQUES SOIT DEFORMABLE (MATIERE PLASTIQUE MINCE, PAR EXEMPLE). SOUS LES PRESSIONS F_1 ET F_2, LES GRAINS MONTRAIENT. LA REACTION R DE LA PLAQUE RIGIDE POUSSERAIT LES GRAINS VERS L'AUTRE PLAQUE QUI DE DEFORMERAIT. L'EPAISSEUR PRIMITIVE E DEVIENDRAIT $E_1 > E$ (FIG.14).

NOTA : POUR RÉALISER CETTE EXPÉRIENCE, IL FAUDRAIT QUE LES PLAQUETTES *P1* ET *P2* PUISSENT SE DÉFORMER ÉGALEMENT ET EN MÊME TEMPS QUE LA PLAQUE, AFIN DE MAINTENIR LES GRAINS DE SABLE CAR, CONTRAIREMENT AUX GRAINS DE MÉTAL OU D'ALLIAGE, CEUX-CI NE SONT PAS MAINTENUS ENTRE EUX PAR UNE FORCE ATTRACTIVE, UNE TENSION INTERNE.

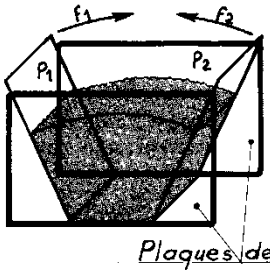


Fig. 13

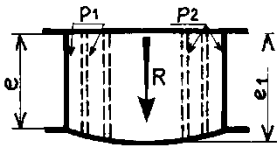


Fig. 14

Différentes positions et formes des plaques P_1 et P_2.

EXEMPLES DE PIECES RETREINTES

CINTRAGE PAR RÉTREINTE D'UNE TOLE PLIÉE

SOIT A CINTRER ***« EN FOND »***, UNE TOLE PLIEE A 90° (FIG.15).

NOTA : ON DIT QU'UNE CORNIÈRE OU UNE TÔLE PLIÉE EST CINTRÉE EN FOND LORSQUE L'AILE PLANE EST À L'INTÉRIEUR, C'EST À DIRE QU'ELLE SE RAPPROCHE DU CENTRE PARCE QUE, SI ON EMPLOIE DES CORNIÈRES POUR CONSTRUIRE UN RÉSERVOIR, C'EST CETTE CORNIÈRE QUI EST PLACÉE AU FOND ET À L'INTÉRIEUR.

LA CORNIÈRE SERVANT DE RAIDISSEUR OU D'ÉLÉMENT D'ASSEMBLAGE POUR UNE AUTRE PARTIE EST PLACÉE EN HAUT, L'AILE EN DEHORS, C'EST UNE CORNIÈRE EN COLLET (FIG.17).

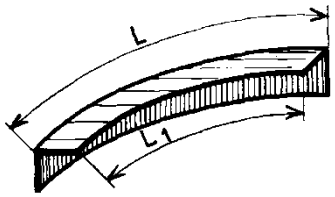


Fig. 15

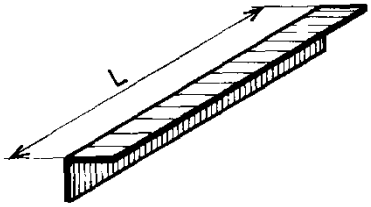


Fig. 16

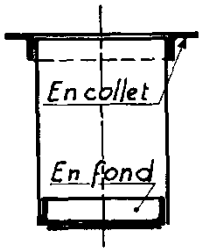


Fig. 17

EXECUTION

POUR RENDRE UN TOLE PLIEE CONFORME A LA FIGURE 15, IL FAUT DIMINUER LA LONGUEUR DU BORD CAR, $L_1 < L$.

ON PART D'UNE TOLE PLIEE DE LONGUEUR *L* (FIG.16). A L'AIDE D'UN TAS A PLISSER, ON FORME UNE SUCCESSION DE PLIS EN FRAPPANT A L'INTERIEUR, AFIN QUE LES PLIS SOIENT AU-DESSUS DU PLAN DE L'AILE.

EN FAISANT DES PLIS, LE PERIMETRE *L* DE LA RIVE NE CHANGE PAS MAIS, MESURE SUR LE PLAN, DE L'AILE, IL DIMINUE. LA LONGUEUR DE LA CARRE ETANT TOUJOURS EGALE A *L* ; ME TOLE, NE PEUT RESTER DROITE, ELLE SE CINTRE AU DUR ET A MESURE DE LA FORMATION DES PLIS. APRES PLISSAGE, LA LONGUEUR DE L'ARC *ABCD* = L_2 = *L* (FIG.18).

POUR MAINTENIR, LA PIECE CINTREE TOUT EN RENDANT L'AILE PLANE, IL FAUT RETREINDRE LES PLIS. AINSI LE METAL SE DEPLACERA DE LA CARRE VERS LE BORD ; L'AILE S'ELARGIRA CEPENDANT QUE LA LONGUEUR DU BORD SE RACCOURCIRA.

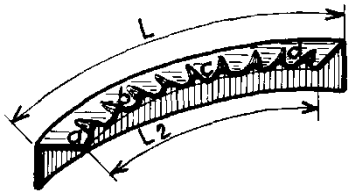


Fig. 18

RÉTREINTE DES PLIS

POUR OBTENIR UN CINTRAGE REGULIER, IL FAUT RETREINDRE TOUS LES PLIS PROGRESSIVEMENT, D'UNE MEME QUANTITE, EN PARTANT DE LEUR ORIGINE, C'EST A DIRE A PROXIMITE DE LA CARRE.

IL FAUT :

- OPERER PAR PASSES ETROITES (EMPLOI D'UN MARTEAU A RETREINDRE A PANNE RELATIVEMENT ETROITE) POUR REFOULER LE METAL ET EVITER LE DEPLISSAGE PAR DECINTRAGE (ACTION CONTRAIRE A CELLE QUI A PROVOQUE LE PLI).

- INCLINER LE MARTEAU (FIG.19) ET ORIENTER LES COUPS DE FAÇON A DIRIGER LE METAL VERS LE BORD (FLECHE F_1, FIG.20) ET AUSSI VERS L'AXE DE CHAQUE PLI (FLECHES F_2 ET F_3). ON OBTIENT AINSI UN DEPLACEMENT MAXIMAL DU METAL VERS LE CENTRE DU CINTRE (FIG.21).

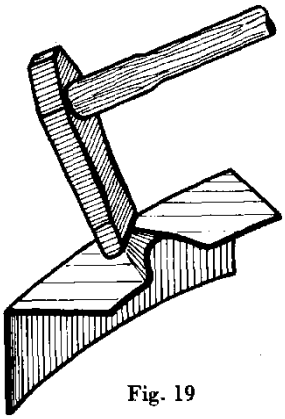


Fig. 19

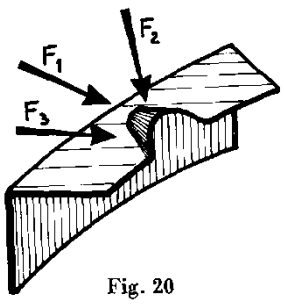


Fig. 20

Fig. 21

LORSQUE QU'UNE PASSE DE RETREINTE EST TERMINEE, LA PIECE EST LEGEREMENT OUVERTE QUE LORSQU'ELLE ETAIT PLISSEE POUR DEUX RAISONS :

1° LA PIECE N'ETANT PAS « *BRIDEE* », ON NE PEUT EVITER UN CERTAIN DEPLISSAGE PAR DECINTRAGE.

2° EN FIN DE COURSE, LE MARTEAU FRAPPE A COUPS PORTANTS ET DETRUIT, EN PARTIE L'EFFET DE LA RETREINTE.

POUR OBTENIR UNE STRUCTURE GRANULAIRE ET UN CINTRAGE REGULIERS, IL NE FAUT PAS FORMER LES PLIS TOUJOURS AU MEME ENDROIT. LES PLIS DE LA DEUXIEME PASSE ET DES PASSES PAIRES SE FONT ENTRE LES PLIS DE LA PREMIERE ET DES PASSES IMPAIRES.

SUR TOLE D'ACIER DOUX, IL EST NECESSAIRE D'EFFECTUER UN RECUIT APRES CHAQUE PASSE DE RETREINTE.

ON CONTINUE LE PLISSAGE ET A LA RETREINTE JUSQU'A L'OBTENTION D'UNE PIECE PLUS « F*ERMEE* » QUE LE GABARIT, AFIN DE TENIR COMPTE DE L'EFFET DU PLANAGE QUI, EXECUTE A COUPS PORTANTS, « *OUVRE* » LA PIECE EN ALLONGEANT LE SURFACE MARTELEE.

FINITION

AU COURS DU PLANAGE, IL FAUT PRESENTER FREQUEMMENT LE GABARIT ET ARRETER LE MARTELAGE AU MOMENT OPPORTUN, SINON LA PIECE SERAIT TROP OUVERTE.

APRES PLANAGE IL FAUT, APRES L'AVOIR TRACE, RECTIFIER LE BORD DE L'AILE PAR CISAILLAGE ET LIMAGE, SI NECESSAIRE.

RETREINTES DE BORDS

RENDRE CYLINDRIQUE LA GRANDE BASE D'UN TRONC DE CONE (FIG.22)

DÉVELOPPEMENT DE LA PIÈCE (FIG.23)

DEVELOPPER UN TRONC DE CONE DE DIAMETRE *D* ET *D* (PRIS SUIVANT LES FIBRES NEUTRES) ET DE HAUTEUR *H*. AJOUTER A LA LONGUEUR DE LA GENERATRICES UNE LONGUEUR *L* EGALE A LA HAUTEUR DU BORD.

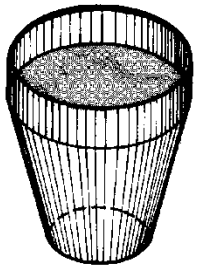


Fig. 22

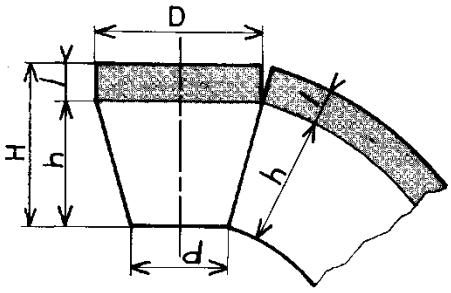


Fig. 23

REMARQUE : SUR CE DEVELOPPEMENT, LA SURFACE METAL PREVUE POUR LA CONFECTION DU BORD RETREINTE (MARQUEE EN GRISE SUR LA FIGURE 23) EST LEGEREMENT PLUS GRANDE QUE LA SURFACE DU BORD CYLINDRIQUE DESIRE MAIS, POUR UN BORD DE FAIBLE HAUTEUR, LA DIFFERENCE N'EST PAS IMPORTANTES ET ELLE PERMET D'AFFRANCHIR L'EXTREMITE PAR CISAILLAGE OU MEULAGE APRES TRUSQUINAGE A LA HAUTEUR *H*.

EXECUTION DU BORD RETREINT

APRES DECOUPAGE, CINTRAGE (TRACE EXTERIEUR), SOUDAGE ET CALIBRAGE DU TRONC DU CONE, ON PEUT DECOMPOSER L'EXECUTION DE LA RETREINTE EN PLUSIEURS OPERATIONS :

1. MARQUAGE DE LA CARRE
2. UNE OU PLUSIEURS PASSES DE RETREINTE
3. PLANAGE

MARQUAGE DE LA CARRE SUR TOUTE SA LONGUEUR.

ON PLACE LA PIECE SUR UN TAS CYLINDRIQUE A CARRE RONDE ET ON FRAPPE AVEC LE MARTEAU A RETREINDRE A L'EXTERIEUR DU TAS (FIG.24). IL FAUT PROCEDER AINSI AFIN D'EVITER LA REACTION DU TAS (FIG.24). IL FAUT PROCEDER AINSI AFIN D'EVITER LA REACTION DU TAS QUI AUGMENTERAIT LE DIAMETRE DE LA CARRE SI LA PIECE ETAIT PLACEE COMME A LA FIGURE 25.

RÉTREINTE

ON CHANGE LA POSITION DE LA PIECE SUR LE TAS (FIG.26). ON EFFECTUE LA RETREINTE DE LA CARRE VERS LE BORD PAR ZONES CIRCULAIRES DE LARGEUR EGALE A CELLE DE LA PANNE DU MARTEAU, EN SERRANT LES COUPS DE FAÇON QUE TOUTE LA SURFACE SOIT MARTELEE

POUR OBTENIR UN TRAVAIL REGULIER EN MAINTENANT LES SECTIONS CIRCULAIRES, IL FAUT :

- QUE LE MOUVEMENT DE ROTATION DE LA PIECE ET LE MARTELAGE CONCORDENT PARFAITEMENT AFIN QUE TOUTE LA SURFACE DU BORD SOIT MARTELEE.

- QUE L'ANGLE D'INCLINAISON DE LA PIECE SUR LE TAS SOIT CONSTANT PENDANT TOUTE UNE PASSE RETREINTE.

- QUE LE MARTEAU FRAPPE D'ABORD A FAUX, A PROXIMITE DU POINT D'APPUI SUR LE TAS, ET EN FIN DE COURSE, A COUP PORTANT. CELA IMPLIQUE QUE L'INCLINAISON QUI DONNE LA VALEUR OPTIMALE DE LA RETREINTE ET LA FORCE DE LA FRAPPE SOIENT JUDICIEUSEMENT CHOISIES.

LA FORCE DE FRAPPE DOIT ETRE SUFFISANTE POUR ASSURER LA RETREINTE PROPREMENT DITE ET L'ALLONGEMENT QUI SUIT, MAIS NON EXCESSIVE : UNE FRAPPE TROP GRANDE AMINCIRAIT ET MARQUERAIT PROFONDEMENT LE METAL.

SI UNE PASSE DE RETREINTE N'EST PAS SUFFISANTE, IL FAUT RECUIRE LE BORD AVANT DE RECOMMENCER.

APRES CHAQUE PASSE DE RETREINTE, ON ***SOUS-PLANE***, AVEC UN MARTEAU POSTILLON PAR PASSES CIRCULAIRES, DE LA CARRE VERS L'EXTREMITE EN UTILISANT LA TETE RONDE, ET A L'EXTREMITE, LA TETE CARREE QUI ALLONGE MOINS.

L'ENSEMBLE : UNE PASSE DE RETREINTE, UN SOUS-PLANAGE, UN RECUIT, CONSTITUE ***UNE CHAUDE***.

PLANAGE

IL S'EFFECTUER AVEC UN MARTEAU POSTILLON OU UN MARTEAU A PLANER, A COUPS PORTANT SUR TOUTE LA SURFACE TRAVAILLEE. COMME POUR LA RETREINTE, ON PROCEDE EN TOURNANT LA PIECE REGULIEREMENT, PAR ZONES CIRCULAIRES PORTANT DE LA CARRE ET SE DIRIGEANT VERS LE BORD.

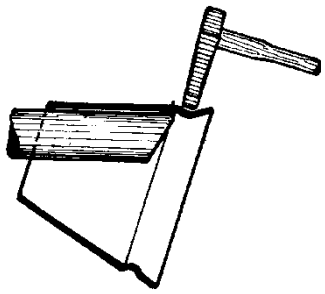


Fig. 24
Amorçage de la rétreinte.

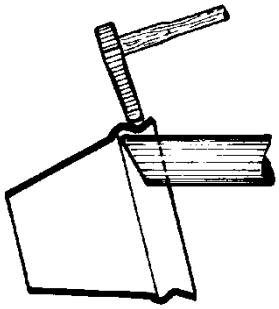


Fig. 25
Mauvaise méthode d'amorçage de la rétreinte.

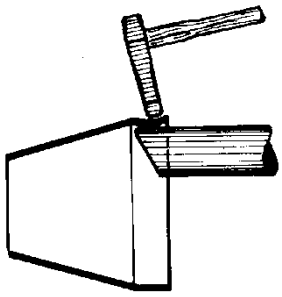


Fig. 26
Rétreinte après formage de la carre.

REMARQUE : LE PLANAGE ETANT EXECUTE A COUPS PORTANTS, ALLONGE LE METAL ; SON ACTION CONTRAIRE A CELLE DE LA RETREINTE, « OUVRE » LA PIECE.

AFIN DE TENIR COMPTE DE L'EFFET DU PLANAGE, ON POURSUIT, LA RETREINTE UN PEU PLUS QU'A L'ANGLE DESIRE : ON RETREINT LEGEREMENT « FERME » (FIG.27).

FINITION

TRUSQUINAGE A LA HAUTEUR *H*, CISAILLAGE SI NECESSAIRE, LIMAGE OU MEULAGE, EBAVURAGE.

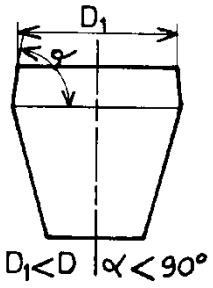


Fig. 27

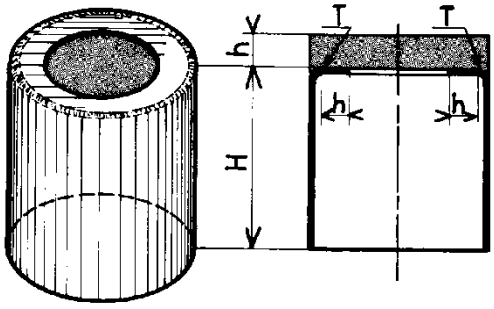


Fig. 28

Fig. 29

EXECUTION D'UN BORD RETREINTE PLAN SUR PIECE CYLINDRIQUE (FIG.28)

DÉVELOPPEMENT

COMME POUR LA PIECE PRECEDENTE, LE BORD N'EST JAMAIS TRES LARGE ; AUSSI D'UNE MANIERE GENERALE, ON NE CALCULE PAS SA SURFACE POUR EN DEDUIRE LA HAUTEUR DU CYLINDRE D'ORIGINE. A LA HAUTEUR *H* (FIG.29) ON AJOUTE LA LARGEUR DU BORD *H*, CE QUI PROCURE UN LEGER EXCEDENT DE METAL.

EXÉCUTION DE LA RÉTREINTE

COMME PRECEDEMMENT, L'EXECUTION DU BORD PEUT SE DECOMPOSER EN QUATRE PARTIES.

MARQUAGE DE LA CARRE

LA PIECE REPOSE SUR UN TAS CYLINDRIQUE SUIVANT TOUTE LA LONGUEUR D'UNE GENERATRICE, AFIN D'EVITER LA DEFORMATION DE LA CARRE (AUGMENTATION DU DIAMETRE). CETTE DEFORMATION SE PRODUIRAIT PAR REACTION DU TAS SI LA PIECE ETAIT PLACEE COMME SUR LA FIGURE 31 DES LE DEBUT DE LA RETREINTE.

AVEC LE MARTEAU A RETREINDRE, ON FRAPPE A FAUX A L'EXTERIEUR DU TAS. LE TRAIT DE REPAIRE *T* DOIT MARQUER LA NAISSANCE DE LA CARRE SUR LE BORD (FIG.30).

RETREINDRE DU BORD

ELLE S'EXECUTE SUR UN TAS CYLINDRIQUE, PAR ZONES CIRCULAIRES DE FAIBLE LARGEUR A COUPS « SERRES » DE FAÇON QUE TOUTE LA SURFACE SOIT MARTELEE.

LORSQUE LE MARTELAGE APPROCHE DE L'EXTREMITE DU BORD, CELUI-CI SE PLISSE NATURELLEMENT MAIS DE FAÇON IRREGULIERE. POUR PREVENIR CETTE DEFORMATION ET ACCELERER LA RETREINTE, ON PLISSE L'EXTREMITE DU BORD EN FRAPPANT DE L'EXTERIEUR. ON CONTINUE LA RETREINTE, TOUJOURS PAR ZONES CIRCULAIRES.

APRES UNE OU DEUX PASSES DE RETREINTE, SOUS-PLANER LEGEREMENT ET RECUIRE.

LORSQU'ON NE PEUT PLUS TRAVAILLER SUR LE TAS CYLINDRIQUE, ON CONTINUE SUR UN TAS DE ROND A CARRE RONDE (FIG.32).

SI LA RETREINTE EST EXECUTEE REGULIEREMENT, LE CYLINDRE NE DOIT PAS SE DEFORMER. NEANMOINS, IL FAUT VERIFIER FREQUEMMENT SA SECTION AVEC LE GABARIT. SACHANT QUE LA RETREINTE TEND A FERMER ALORS QUE LE MARTELAGE A COUPS PORTANTS OUVRE, ON REGULARISE LA SECTION EN ACCENTUANT OU IL EST NECESSAIRE, SOIT LA RETREINTE EN FAISANT UN PLI, SOIT LE SOUS PLANAGE. (FIG. 33)

PLANAGE DU BORD

ON RETREINT JUSQU'A CE QUE LE BORD FORME UN ANGLE DE 90 ° AVEC LES GENERATRICES DU CYLINDRE. POUR EVITER LE PLANAGE OUVRE L'ANGLE, ON INCLINE LEGEREMENT LA PIECE SUR UN TAS ROND, DE FAÇON QUE LE MARTELAGE S'EXERCE D'ABORD A FAUX (POUR ACCENTUER LA RETREINTE) AVANT D'AGIR A COUPS PORTANTS.

FINITION

VERIFIER LA PERPENDICULARITE DU BORD AVEC UNE REGLE (FIG.34) ET SA PLANEITE SUR UN MARBRE. RECTIFIER LA LARGEUR PAR DECOUPAGE ET LIMAGE.

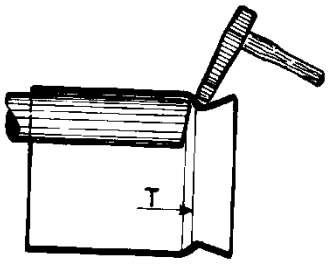


Fig. 30
Marquage de la carre.

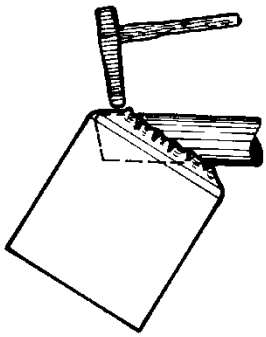


Fig. 31
Rétreinte du bord.

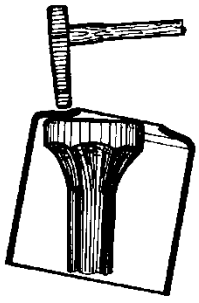


Fig. 32

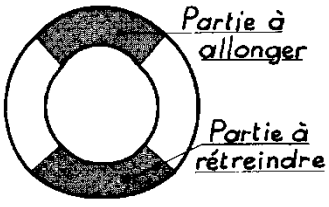


Fig. 33

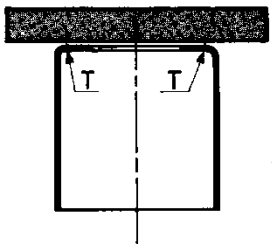


Fig. 34

FORMAGE PAR RETREINTE DE FORMES SPHÉRIQUES

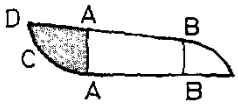
EXECUTION DE LA PARTIE SPHERIQUE D'UNE PELLE A CHARBON (FIG.35)

DEVELOPPEMENT

ON DEVELOPPE LA PARTIE CONIQUE ET L'EXTREMITE. LE DEVELOPPEMENT APPROCHE DE LA PARTIE SPHERIQUE EST UNE DEMI-ELLIPSE AYANT POUR DIMENSIONS 2A = DEVELOPPEMENT DE LA SECTION A ET B = DEVELOPPEMENT DE L'ARC ACD.

NOTA. SI LES DEUX AXES DE L'ELLIPSE 2A ET 2B SONT VOISINS, ON REMPLACE LA DEMI-ELLIPSE PAR UN DEMI-CERCLE.

Fig. 35



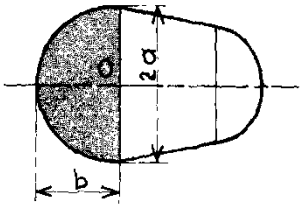


Fig. 36

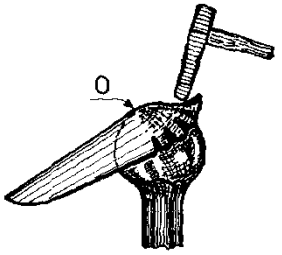


Fig. 37

Fig. 38

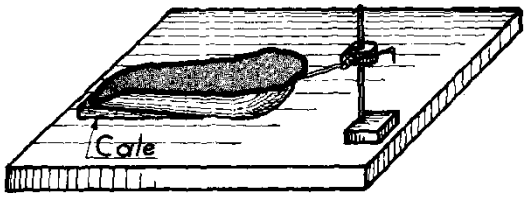


Fig. 40

Fig. 39

EXECUTION

APRES CINTRAGE DE LA TOLE EN TRONC DE CONE, ON RETREINT SUR UN TAS A BOULE PAR ZONES CIRCULAIRES CONCENTRIQUES DE CENTRE *O* (FIG.37). SI L'EPAISSEUR EST FAIBLE OU SI L'ON TRAVAILLE A CHAUD, ON UTILISE UN MAILLET.

LORSQUE LE MARTELAGE N'EST PLUS QU'A 30 OU 40 MM DU BORD, IL FAUT FAIRE DES PLIS :

- POUR MAINTENIR LA PIECE EN FORME EN LUI DONNANT PLUS DE RIGIDITE, CAR LA REACTION DU METAL A L'EFFORT DE RETREINTE PROVOQUE UN DECINTRAGE DE LA PIECE ;
- POUR FACILITER ET ACCELERER LA RETREINTE

PLUSIEURS CHAUDES SONT NECESSAIRES. APRES CHACUNE D'ELLES, IL FAUT VERIFIER ET RECTIFIER LE CINTRAGE, QUI EN SE DEFORMANT, PRODUIT DU GAUCHE.

ON CONTROLE LE CINTRAGE AVEC LES GABARITS DES SECTIONS *A* ET *B* ET LA RETREINTE AVEC UN GABARIT LONGITUDINAL (FIG.38). LA MAQUETTE (FIG.39) PERMET LE CONTROLE GLOBAL.

POUR COMPENSER L'EFFET DU PLANAGE, IL FAUT RETREINDRE UN PLUS « *FERME* »

FINITION

- **PLANAGE** : IL S'EXECUTE SUR LA TAS A BOULE, SUIVANT DES ARCS DE CERCLES CONCENTRIQUES EN PARTANT DU CENTRE *O*.
- **TRUSQUINAGE** : CALER LA PELLE SUR LE MARBRE POUR RENDRE LE BORD HORIZONTAL. REGLER LE TRUSQUIN A LA HAUTEUR DU BORD ET TRUSQUINER (FIG.40)
- **CISAILLAGE, LIMAGE**.

EXÉCUTION DE FONDS RETREINTS

LA HAUTEUR DU BORD D'UN FOND RETREINTE N'EST JAMAIS TRES IMPORTANTE (DE L'ORDRE DE 30 A 40 MM)

BORDS DE FAIBLE HAUTEUR

LORSQUE LES BORDS SONT DE HAUTEUR TRES PETITE PAR RAPPORT AU DIAMETRE, SANS TOUTEFOIS DEPASSER 12 A 15 MM, ON RETREINT SUR UN BORDOIR AVEC UN MAILLET.

LE BORDOIR EST UN TASSEAU AYANT UNE FIABLE MASSE, UNE CARRE PRESQUE VIVE ET UNE SURFACE DE TRAVAIL ETROITE. IL NE CONVIENT QUE POUR L'EXECUTION DE PETITS BORDS RENCONTRES EN TOLERIE-FERBLANTERIE

BORDS DE HAUTEUR RELATIVEMENT IMPORTANTES PAR RAPPORT AU DIAMETRE DU FOND

DÉVELOPPEMENT

REPÉRAGE DE LA CARRE

GENERALEMENT, LE RAYON DE LA CARRE N'EST PAS COTE, ON PREND R INTERIEUR = 2 A 3 *E* ET, POUR LA TOLE MINCE, ON NE CALCULE PAS SON DEVELOPPEMENT. ON REPERE LE DIAMETRE DE FIN DE CARRE SUIVANT LE DIAMETRE EXTERIEUR (FIG.41). ON OBTIENT AINSI UN DIAMETRE *D* LEGEREMENT TROP COURT, MAIS CELA EST PREFERABLES POUR LES RAISONS SUIVANTES :

- PENDANT LE TRAVAIL DE LA RETREINTE, LE FOND SE DEFORME, SON DRESSAGE PROVOQUE TOUJOURS UN LEGER ALLONGEMENT
- LA REACTION DU TAS A TENDANCE A AUGMENTER LE DIAMETRE AU DROIT DE LA CARRE
- LE PLANAGE AUGMENTE LE DIAMETRE
- IL EST TOUJOURS PLUS FACILE D'ALLONGER QUE DE RETREINDRE
- FREQUEMMENT, UN FOND EST DESTINE A ENTRER A L'INTERIEUR D'UN OUVRAGE, IL EST DONC PREFERABLE QU'IL SOIT LEGEREMENT PLUS PETITE QUE TROP GRAND.

SI LE RAYON DE CARRE EST IMPORTANT, IL FAUT EN CALCULER LE DEVELOPPEMENT ET TRACER LES DEUX CERCLES LIMITANT LA CARRE (FIG. 42). TENANT COMPTE DES REMARQUES PRECEDENTES, IL FAUT REPRENDRE DES DIAMETRES LEGEREMENT PLUS FAIBLES QUE LES DIAMETRES THEORIQUES.

MÉTAL NECESSAIRE À L'EEXÉCUTION DU BORD

AU RAYON *R*, IL NE FAUT PAS AJOUTER LA HAUTEUR *H* DU FOND. PUISQUE LES BORDS SONT TOUJOURS DE FAIBLE HAUTEUR, ON AJOUTE H, CE QUI DONNE UN CERCLE D_2 LEGEREMENT TROP GRAND (FIG.41 ET 42). EN EFFET, LA SURFACE DE LA COURONNE REPRESENTANT LE METAL A RETREINDRE EST SUPERIEURE A CELLE DU CYLINDRE DU DIAMETRE Ø ET DE HAUTEUR *H* ; MAIS POUR UN BORD DE FAIBLE HAUTEUR, LA DIFFERENCE EST MINIME ET L'EXCEDENT DE METAL FACILITE LA MISE A LA COTE (TRUSQUINAGE, DECOUPAGE, EBAVURAGE).

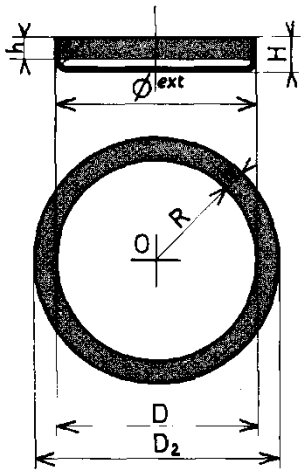


Fig. 41

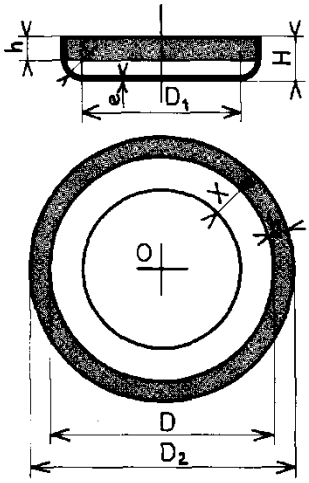


Fig. 42

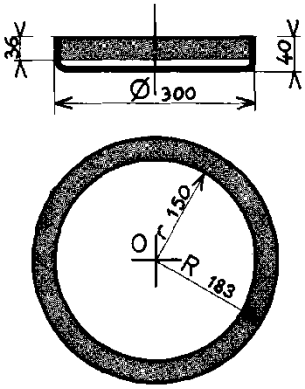


Fig. 43

$$x = \frac{\pi \times \left(r + \frac{e}{2}\right)}{2}$$

EXEMPLE : SOIT A REALISER LE FOND REPRESENTE A LA FIGURE 43.
SURFACE DU BORD : S = π D (MOYEN) H
SURFACE DE LA COURONNE : S = π (R² - R²)

$R2 - r^2 = \frac{S}{\pi'}$ D'OU $R^2 = \frac{S}{\pi} + r^2$ ET

$$R = \sqrt{\frac{S}{\pi}} = r^2$$

NUMERIQUEMENT :

$$S = 3.14 \times 301 \times 36$$

$$R = \sqrt{\frac{3.14 \times 301 \times 36}{3.14} + 150^2}$$

$$R = \sqrt{301 \times 36 \times 22500} = \sqrt{10836 + 22500}$$

$$R = \sqrt{33336} = 182mm.$$

PRATIQUEMENT, ON PREND $R = 183mm$ POUR FACILITER LA RECTIFICATION DU BORD.
$R - r = 183 - 150 = 33mm$, SOIT $3mm$ DE MOINS QUE $h = 36mm$

REMARQUE : UN PROFESSIONNEL EXPERIMENTE DEDUIT CES 3 MM « D'INSTINCT » SANS FAIRE DE CALCUL.

AMORÇAGE DE LA RETREINTE

PLACER LE DISQUE DANS UNE SALIERE ET FRAPPER A L'INTERIEUR (FIG.44). CETTE PREMIERE PHASE DE RETREINTE EST APPELEE FREQUEMMENT EMBOUTISSAGE ; C'EST UNE ERREUR CAR, SI ELLE FAIT PENSER A L'EMBOUTISSAGE PAR SON EXECUTION (FRAPPE A L'INTERIEUR DE LA PIECE ET UTILISATION D'UN MARTEAU OU D'UN MAILLET A EMBOUTIR), LE BORD EST EN REALITE *RETREINT PAR L'ACTION DU MARTEAU ET LA REACTION DE LA SALIERE*.

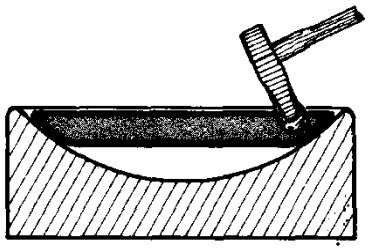


Fig. 44

CETTE PASSE INTERIEURE S'EXECUTE ENTRE LA CARRE ET LE BORD DU DISQUE. LA REACTION DE LA SALIERE OBLIGE LE BORD A DIMINUER LE DIAMETRE ; LA TOLE REAGIT A SON TOUR EN SE PLISSANT (PREUVE QU'IL Y A RETREINTE ET NON EMBOUTISSAGE C'EST A DIRE ALLONGEMENT) RETREINDRE ALORS LES PLIS SOIT AU MAILLET SOIT AU MARTEAU A EMBOUTIR (LE SUPPORT ETANT CONCAVE), EN ALLANT DU DEBUT VERS L'EXTREMITE DU PLI. COMME TOUJOURS, CE TRAVAIL S'EFFECTUE PAR ZONES CIRCULAIRES EN RETREIGNANT PROGRESSIVEMENT TOUS LES PLIS. CETTE RETREINTE INTERIEURE A L'AVANTAGE D'ETRE PLUS FACILE ET PLUS RAPIDE QUE LA RETREINTE EXTERIEURE PARCE QUE LE SUPPORT JOUE UN ROLE ACTIF.

MARQUAGE DE LA CARRE

APRES AMORÇAGE DE LA RETREINTE PAR L'INTERIEUR, PLACER LE FOND SUR UN TAS CIRCULAIRE A CARRE RONDE ET FRAPPER L'EXTERIEUR DE CELUI-CI, AFIN D'EVITER LA REACTION D'UN TAS CYLINDRIQUE QUI DEFORMERAIT LA CARRE (FIG. 45 ET 46)

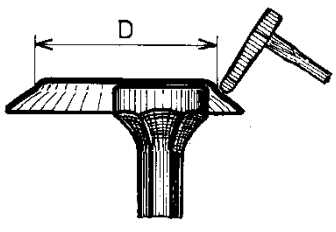


Fig. 45
Carre non cotée.

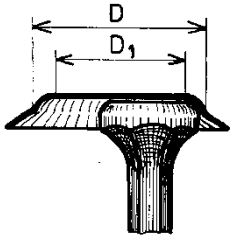
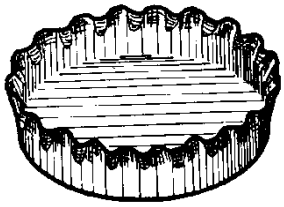


Fig. 46
Carre à grand rayon.

RETREINTE EXTERIEURE

RETREINDRE SUR UN TAS CYLINDRIQUE PAR ZONES CIRCULAIRES, ETROITES ET REGULIERES. SI LE BORD DEPASSE 15 A 20 MM, FAIRE DES PLIS LORSQUE LA RETREINTE APPROCHE DE L'EXTREMITE DU BORD. (FIG.47)



APRES CHAQUE PASSE DE RETREINTE, SOUS-PLANER ET REGULARISER LE BORD. EXAMINER LE CHANT DE LA TOLE ET SUPPRIMER PAR LIMAGE LES AMORCES DE CRIQUES OU DE CASSURES.

AVANT DE RECOMMENCER UNE PASSE : DRESSER LE FOND EN VEILLANT SURTOUT A MAINTENIR LA CARRE PLANE ; S'ASSURER QUE LE DIAMETRE AU DROIT DE LA CARRE EST A LA CPTE ET RETRACER LE CERCLE SI NECESSAIRE.

FINITION

RETREINDRE UN PEU PLUS FERME QU'A L'ANGLE DESIRE POUR TENIR COMPTE L'OUVERTURE PROVOQUEE PAR LE PLANAGE.
DRESSER LE FOND EN FRAPPANT LE MOINS POSSIBLE VERS LE CENTRE, CE QUI PROVOQUERAIT UN EMBOUTISSAGE.

REGULARISER LA CARRE ET PLANER LE BORD AVEC UN MARTEAU POSTILLON

TRUSQUINER, DECOUPER, EBAVURER.

RÉTREINTE À CHAUD

A PARTIR D'UNE EPAISSEUR DE 2 MM ET SOUVENT DE 1.5 MM, LA RETREINTE A FROID EST IMPOSSIBLE OU TRES DIFFICILE. POUR RENDRE LE METAL PLUS PLASTIQUE, ON LE CHAUFFE AU ROUGE CERISE (800 A 1000 ℃)

ON PEUT EGALEMENT, RETREINDRE A CHAUD LES TOLES D'UNE EPAISSEUR DE 1 MM OU MOINS.

LE CHAUFFAGE ENTRAINANT UNE DEFORMATION DES TOLES MINCES, LA RETREINTE S'EFFECTUE TOUJOURS SUR UN SUPPORT DONT LA FORME ET LES DIMENSIONS CORRESPONDENT AVEC CELLES DE LA PIECE A OBTENIR. LA TOLE EST MAINTENUE ENTRE LA FORME ET LA CONTREFORME (FIG.48) PAR UN MOYEN QUELCONQUE DE SERRAGE (PRESSES, VALETS, BOULONS, CAMES, POINTS DE SOUDURE).

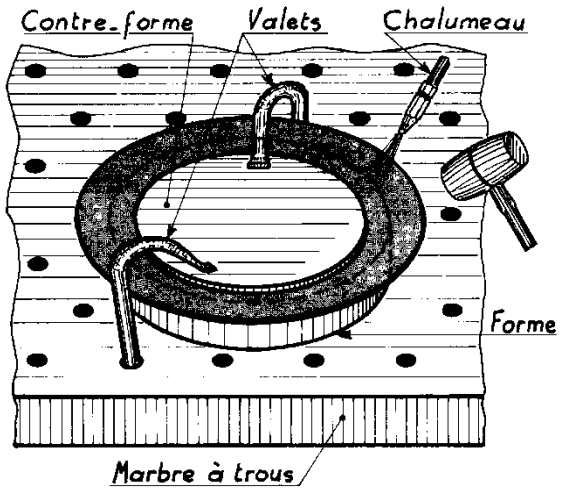


Fig. 48

ON RETREINTE LE PLUS POSSIBLE AU MAILLET, CE QUI REND SOUVENT INUTILE LE PLANAGE AU MARTEAU. SI LE PLANAGE EST NECESSAIRE, IL FAUT : SOIT RECUIRE AVANT PLANAGE, SOIT PLANER LORSQUE LA PIECE EST ENCORE CHAUDE (TEMPERATURE SUPERIEURE A 400℃)

LE CHAUFFAGE EST REALISE GENERALEMENT AVEC UN CHALUMEAU (OXYACETHYLENIQUE, OXYPROPANE ; AIR-PROPANE). SI LA RETREINTE EST IMPORTANTES, ON PEUT FAIRE DES PLIS COMME POUR LA RETREINTE A FROID.

D'UNE MANIERE GENERALE, ON RETREINT EGALEMENT LES TOLES MOYENNES ET EPAISSES SUR FORME DES QUE LE COUT DE CELLE-CI EST AMORTISSABLE, LA CONTREFORME N'EST PLUS INDISPENSABLE.

A CHAUD, IL EST IMPOSSIBLE DE TRAVAILLER AUSSI REGULIEREMENT QU'A FROID. LE CHAUFFAGE ETANT LOCALISE, LA RETREINTE S'EXECUTE PORTION PAR PORTION, EN VEILLANT CEPENDANT A LA RENDRE AUSSI PROGRESSIVE QUE POSSIBLE EN AMORÇANT LE TRAVAIL DE LA CHAUDE SUIVANTE.

POUR EVITER LA FORMATION DE PLIS GROSSIERS OU IRREGULIERS, SURTOUT SUR LA TOLE MINCE, ON FAIT USAGE D'UN ***OUTIL A SOUTENIR***, SIMPLE BARRE PLATE D'ACIER, QUE L'ON TIENT DANS LA MAIN GAUCHE (FIG.49). UTILISE COMME LEVIER EN PRENANT APPUI SUR LA FORME, CET OUTIL RETIENT LE BORD ET PERMET UNE RETREINTE REGULIERE.

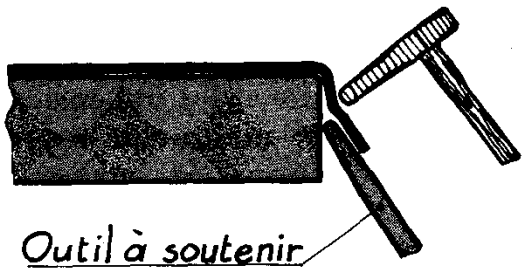


Fig. 49

L'EMBOUTISSAGE ET DE LA RÉTREINTE

EXECUTION D'UNE CALOTTE SPÉRIQUE

DEVELOPPEMENT

ON PREND UN DISQUE CIRCULAIRE D'UNE SURFACE EQUIVALENTE A CELLE DE LA CALOTTE. GRAPHIQUEMENT ON TROUVE : DIAMETRE Ø DU DISQUE =*2R* (FIG. 1)

MISE EN FORME

SI LA FLECHE *F* PAS TRES GRANDE PAR RAPPORT AU DIAMETRE Ø, ON FORME ENTIEREMENT DANS UNE SALIERE AVEC UN MAILLET OU UN MARTEAU A EMBOUTIR, SELON LA NATURE ET L'EPAISSEUR DE LA MATIERE.

ON COMMENCE LE MARTELAGE EN PARTANT DU BORD ET EN SE DIRIGEANT VERS LE CENTRE PAR ZONE CONCENTRIQUES.

ON DIT DUE L'ON TRAVAILLE PAR EMBOUTISSAGE. EN REALITE IL N'Y A EMBOUTISSAGE QU'A PARTIR D'UNE CERTAINE DISTANCE DU BORD. EN EFFET, COMME NOUS L'AVONS VU POUR L'EXECUTION D'UN BORD RETREINT, LORSQUE L'ON FRAPPE A PROXIMITE DU BORD, LA TOLE SE PLISSE (FIG.2) ET ON SUPPRIME LES PLIS PAR ***RETREINTE***. LE DIAMETRE Ø EST DEVENU $Ø_1 <$ Ø (FIG.3).

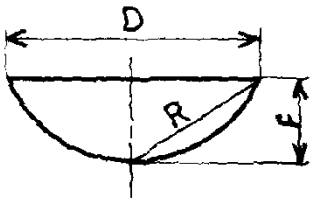


Fig. 1

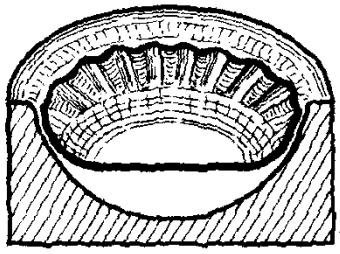


Fig. 2

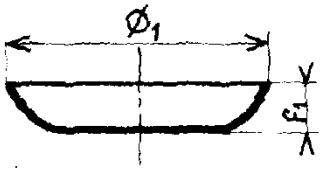


Fig. 3
Après rétreinte des plis.

ENSUITE, LORSQUE LA DISTANCE ENTRE LE BORD ET L'ENDROIT DU CHOC ATTEINT UNE CERTAINE VALEUR (50 A 60 MM POUR UN Ø DE 250 A300 MM), LE BORD, RENDU RIGIDE PAR LA MISE EN FORME, NE REAGIT PRESQUE PLUS, LE DIAMETRE $Ø_1$ NE DIMINUE PLUS QUE D'UNE FAÇON INSIGNIFIANTE (LEGER GLISSEMENT DU METAL). LE MARTELAGE PRODUIT UN ALLONGEMENT VERS LE CENTRE, LA SURFACE AUGMENTE, IL Y A DIMINUTION D'EPAISSEUR, DONC ***EMBOUTISSAGE***.

SI, APRES UNE PASSE D'EMBOUTISSAGE, LA PIECE N'EST PAS AUX COTES DESIREES, ON FAIT UNE SECONDE ET, AU BESOIN, UNE TROISIEME PASSE EN OPERANT DE LA MEME FAÇON QUE POUR LA PREMIERE. LE DIAMETRE $Ø_1$ DIMINUE JUSQU'A DEVENIR EGAL A *D*, CEPENDANT QUE LA FLECHE AUGMENTE.

PLANAGE

ON PLANE DE L'EXTERIEUR SUR UN TAS A BOULE, SUIVANT DES ZONES CIRCULAIRES EN PARTANT DU CENTRE DE LA CALOTTE. AU DEBUT LA FLECHE AUGMENTE, DONC *LE RAYON DIMINUE*, MAIS ENSUITE L'ALLONGEMENT PROVOQUE L'OUVERTURE, CELLE-CI S'ACCENTUE EN APPROCHANT DU BORD, *LE RAYON AUGMENTE*. POUR CES RAISONS, LA PIECE DOIT ETRE, AVANT PLANAGE, LEGEREMENT PLATE AU SOMMET ET ENSUITE PLUS FERMEE, EN ACCENTUANT LA FERMETURE A PROXIMITE DU BORD (FIG.4)

SI L'ON COUPE LA CALOTTE SUIVANT UN MERIDIEN (FIG.5), ON VOIT QUE L'EPAISSEUR DU METAL DECROIT DU BORD VERS LE CENTRE. SI *E* EST L'EPAISSEUR INITIALE : $E_1 > E > E_2$; $E_1 > E$ PARCE QUE LA RETREINTE EPAISSIT (LA DIFFERENCE E_1-*E* EST MINIME) ; $E_2 < E$ PARCE QUE L'EMBOUTISSAGE AMINCIE.

SI LA FLECHE EST RELATIVEMENT FAIBLE ET LE TRAVAIL BIEN EXECUTE, L'AUGMENTATION DE SURFACE PROVOQUEE PAR L'EMBOUTISSAGE PEUT ETRE COMPENSEE PAR LE GLISSEMENT DU METAL VERS LE CENTRE ET PAR LA DIMINUTION DE SURFACE QUE PROVOQUE LA RETREINTE. APRES CONFORMATION, LA PIECE SERA AUX COTES OU ELLE N'AURA QUE TRES PEU DE RECTIFICATIONS A SUBIR (LIMAGE OU MEULAGE).

PLUS LE RAPPORT ENTE LA FLECHE ET LE DIAMETRE EST GRAND, PLUS L'EMBOUTISSAGE ET PAR CONSEQUENT L'ALLONGEMENT, SONT GRANDS. IL S'ENSUIT QU'APRES CONFIRMATION AU GABARIT, IL Y AURA EXCES DE METAL, LA PIECE SERA TROP PROFONDE. AVANT DE RECTIFIER LA PIECE PAR CISAILLAGE OU MEULAGE, IL FAUT LA TRACER A L'AIDE D'UN COMPAS REGLE A LA COTE *R* EXTERIEUR, CALCULEE OU PRISE SUR UNE EPURE (FIG.6).

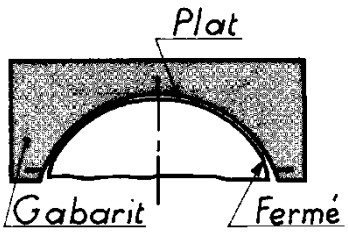


Fig. 4
Avant planage.

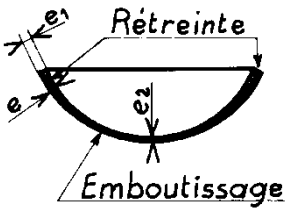


Fig. 5
Coupe.

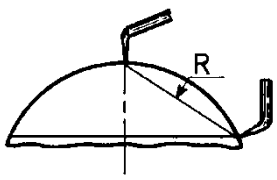


Fig. 6
Traçage.

CAS PARTICULIER

FORMATAGE DE PIECE DE FAIBLE EPAISSEUR : E ≤ 1.5MM ET DONT LE DIAMETRE N'EXCEDE PAS 300 A 350 MM

DANS CE CAS, IL Y A INTERET A OPERER COMME SUIT :

1_ **AMORCER LES PLIS** EN PARTANT DE LA PROXIMITE DU CENTRE, SUIVANT DES RAYONS, AVEC UN MARTEAU OU UN MAILLET A PANNE EN LONG DANS UN TAS A PLISSER (FIG.7).

2_ **PLACER LE DISQUE AINSI PREPARE SUR LA SALIERE ET FRAPPER AU CENTRE AVEC UN GROS MAILLET A EMBOUTIR**. PAR L'EFFET DU CHOC LES PLIS S'ACCENTUENT, LA PIECE SE CREUSE (FIG.8).

3_ AVEC UN MAILLET PLUS PETIT OU UN MARTEAU A EMBOUTIR, RETREINDRE LES PLIS SUIVANT DES CERCLES EN PARTANT DU CENTRE.

PAR CETTE METHODE L'EMBOUTISSAGE EST INSIGNIFIANT ; LA MISE EN FORME S'EFFECTUE RAPIDEMENT, PRESQUE UNIQUEMENT PAR RETREINTE. ON OBTIENT UNE PIECE D'EPAISSEUR SENSIBLEMENT CONSTANTE.

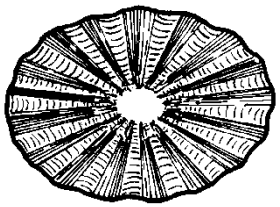


Fig. 7

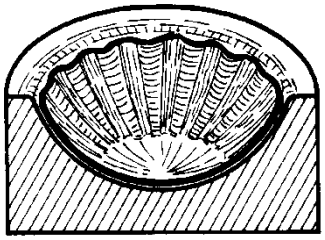


Fig. 8

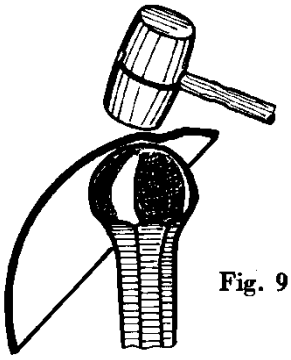


Fig. 9

EXÉCUTION D'UNE DEMI-SPHÈRE EN UNE SEULE PARTIE

IL EST POSSIBLE D'EXECUTER UN DEMI-SPHERE ENTIEREMENT DANS UNE SALIERE OU UN BAGUE DE DIMENSIONS APPROPRIEES, MAIS LA PART DE L'EMBOUTISSAGE SERAIT EXAGEREE, IL S'ENSUIVRAIT UN AMINCISSEMENT TRES IMPORTANT POUVANT ALLER JUSQU'A LA RUPTURE DU METAL.

L'EMBOUTISSAGE, AINSI QUE LA RETREINTE INTERIEUR, ETANT BEAUCOUP PLUS RAPIDE QUE LA RETREINTE EXTERIEURE, ON COMMENCE PAR FORMER UNE CALOTTE SPHERIQUE DANS UNE SALIERE.

REMARQUE : A L'ATELIER, LE TRAVAIL EXECUTER DANS UNE SALIERE, C'EST A DIRE EMBOUTISSAGE ET RETREINTE, EST DESIGNE PAR LE TERME UNIQUE « ***D'EMBOUTISSAGE*** ».

DONC APRES ***EMBOUTISSAGE***, ON ***RETREINT*** (FIG.9) ET ON ***PLANE*** SUR UN TAS A BOULE.

EN PROCEDANT AINSI, ON REALISE UNE PIECE D'UNE EPAISSEUR SENSIBLEMENT CONSTANTE ET EGALE A L'EPAISSEUR INITIALE.

EXÉCUTION D'UNE DEMI-SPHÈRE EN DEUX PARTIES

L'UNE DES PARTIES EST UNE CALOTTE SPHERIQUE ; L'AUTRE EST UNE ZONE SPHERIQUE.

LA CALOTTE SPHERIQUE EST RAPIDEMENT FORMEE DANS UNE SALIERE.

EXECUTION DE LA ZONE SPHERIQUE

ON PART D'UN TRONC DE CONE DE REVOLUTION DETERMINE DE FAÇON A DIVISER LA PIECE EN PARTIE EMBOUTIE ET PARTIE RETREINTE. AFIN DE CONSERVER L'EPAISSEUR, L'EMBOUTISSAGE NE DOIT PAS ETRE IMPORTANT (FIG.10).

DEVELOPPEMENT. D'APRES L'EPURE, ON DEVELOPPE LE TRONC DE CONE AYANT POUR BASES DES CERCLES D_1 ET D_2, ON AJOUTE A LA GENERATRICE LES LONGUEURS L_1 ET L_2 (FIG.10 ET 11) CORRESPONDANT CHACUNE AU DEVELOPPEMENT DES ARCS *AB* ET *CD*. ON REMARQUE QUE LES PORTIONS DE GENERATRICES AB_1 ET CD_1 ENGENDRENT DES SURFACES LEGEREMENT SUPERIEURES AUX SURFACES SPHERIQUES LEUR CORRESPONDANT APRES RETREINTE.

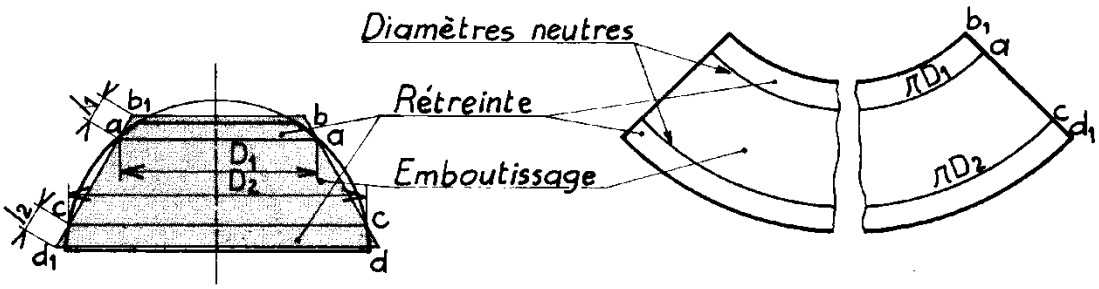


Fig. 10

Fig. 11

LES DIAMETRES D_1 ET D_2 N'ETANT PAS MODIFIES EN COURS DE FORMAGE SONT DITS : DIAMETRES NEUTRES.

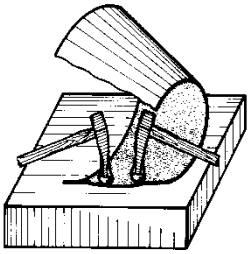


Fig. 12
L'emploi d'un marteau à emboutir incurvé facilite le travail lorsque les dimensions de la pièce sont faibles.

EXECUTION. APRES CINTRAGE, SOUDAGE, MISE AU GABARIT DU TRONC DE CONE, *ON COMMENCE PAR FORMER LA PARTIE EMBOUTIE* EN UTILISANT UN TAS EN PLOMB OU UN MORCEAU DE BOIS (DE FIL) (FIG.12). PARTANT, ALTERNATIVEMENT, DES CERCLES D1 ET D2, ON DIRIGE LES COUPS DE MARTEAU A BOULE DE FAÇON A FAIRE GLISSER LE METAL VERS LA PARTIE MEDIANE, AFIN DE MENAGER SON EPAISSEUR.

REMARQUE : L'EXCÉDENT DE MÉTAL DES PARTIS RÉTREINTES SE TROUVE RÉSORBÉ PAR GLISSEMENT DES GRAINS QUE PROVOQUE L'EMBOUTISSAGE.

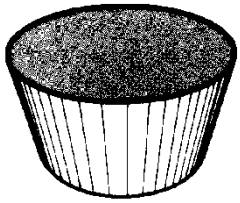
ON RETREINT DE L'EXTERIEUR SUR UN TAS A BOULE.

APRES MISE AU GABARIT A DES COTES LEGEREMENT PLUS FAIBLE POUR TENIR COMPTE DE L'EFFET DU PLANAGE, ON RECTIFIE LES BORDS, ON SOUDE LA CALOTTE ET ON PLANE LA SOUDURE.

EXÉCUTION DE PIECES DE REVOLUTION NECESSITANT UN TRAVAIL DE FORME IMPORTANT

EXEMPLE : REALISATION D'UN RECIPIENT TRONCONIQUE (FIG.13)

Fig. 13



METAL NECESSAIRE A L'EXECUTION

C'EST UN DISQUE DE SURFACE EQUIVALENTE A CELLE DE LA PIECE TERMINEE. ON CALCULE LA SURFACE DE LA PIECE (FOND PLUS SURFACE LATERAL) ET ON DEDUIT LE RAYON ***DU DISQUE CAPABLE***. ON PEUT EGALEMENT TROUVER LE RAYON DU DISQUE PAR UNE METHODE GRAPHIQUE

EXECUTION

1_ COMME POUR TOUTES LES PIECES COMPORTANT UNE RETREINTE IMPORTANTE, LA PREMIERE CHAUDE EST REALISEE PAR EMBOUTISSAGE ET RETREINTE COMBINES DANS UN TAS CONCAVE (SALIERE OU BILLOT).

2_ LE TRAVAIL DE RETREINTE ETANT IMPORTANT, CETTE PREMIERE CHAUDE PEUT COMPORTER UN EMBOUTISSAGE RELATIVEMENT ACCENTUE. LA DIMINUTION D'EPAISSEUR QUI EN RESULTE DISPARAIT APRES QUELQUES CHAUDES DE RETREINTE POUR LESQUELLES ON SE CONTENTE D'UN LEGER SOUS-PLANAGE, AFIN DE CONSERVER L'EPAISSISSEMENT PROVOQUE PAR LA RETREINTE.

3_ APRES LA PREMIERE CHAUDE DITE D'EMBOUTISSAGE, ON CONTINUE LA MISE EN FORME ENTIEREMENT PAR RETREINTE.

LA METHODE LA PLUS RATIONNELLE ET LA PLUS RAPIDE EST CELLE QUI COMPORTE LA RETREINTE DE PLIS REGULIERS AUSSI LONGS QUE POSSIBLE (FIG.14) FORMES SUR TOUT LE POURTOUR DE LA PIECE.

AVANTAGE DU PLISSAGE

- SI ON NE FAIT PAS DE PLIS, IL S'EN FORMERA NATURELLEMENT, SURTOUT SUR LES METAUX TENDRES (CUIVRE, ALUMINIUM) ET LA TOLE MINCE D'ACIER DOUX, MAIS CES PLIS SERONT IRREGULIERS, GROSSIERS ET DEFORMERONT LA SECTION. SI ON LES RETREINT AINSI, LA PIECE NE CONSERVERA PAS SA SECTION CIRCULAIRE ELLE SE DEFORMERA.

- LES PLIS RELEVENT LE METAL ET DIMINUENT LE DIAMETRE DE LA PIECE. ON CONNAIT AINSI A L'AVANCE LE DIAMETRE DE L'EXTREMITE DE LA PIECE APRES LA PASSE DE RETREINTE (FIG.15).

- LES PLIS MAINTIENNENT LA PIECE EN FORME EN LUI DONNANT PLUS DE RIGIDITE.

- LA RETREINTE EST FACILITEE CAR ELLE CONSISTE A FRAPPER SUR LES PLIS EXTERIEURS, LA PIECE PORTANT TOUJOURS SUR DEUX OU TROIS PLIS INTERIEURS (CHOISIR UN TAS DE PORTEE SUFFISANTE).

- LE MAINTIEN DE LA PIECE SUR LE TAS EST AISE, CAR ELLE PORTE SUR CELUI-CI SUIVANT LA LONGUEUR DES PLIS, DE SORTE QUE LES DEFORMATIONS PROVOQUEES PAR LA REACTION DE LA CARRE DU TAS SUR LA PIECE SONT SUPPRIMEES.

POUR TOUTES CES RAISONS, LA RETREINTE APRES GLISSAGE EST PLUS FACILE, PLUS RAPIDE, PLUS REGULIERE QUE LA RETREINTE SANS PLIS.

LES ADVERSAIRES DU PLISSAGE DISENT QUE LE METAL NE S'EPAISSIT QU'AU DROIT DU PLI RETREINT, DONC REGULIEREMENT ; C'EST EXACT MAIS, D'UNE PART, LE SOUS-PLANAGE REMEDIE EN PARTIE A CE DEFAUT, D'AUTRE PART ET SURTOUT, SI L'ON PREND SOIN DE FAIRE LES PLIS ENTRE CEUX DE LA PRECEDENTE, LE METAL EST RETREINT SUR TOUTE SA SURFACE, IL S'EPAISSIT REGULIEREMENT. L'EPAISSISSEMENT EST SUPPRIME PAR SOUS-PLANAGE ET LE PLANAGE.

REMARQUES IMPORTANTES SUR L'EXECUTION DES PLIS :

POUR PROFITER DES AVANTAGES DU PLISSAGE, IL FAUT QUE CELUI-CI SOIT EXECUTE D'UNE FAÇON RATIONNELLE :

1_ ***LES PLIS DOIVENT ETRE DE FORME TRONCONIQUE***, C'EST A DIRE DE PLUS EN PLUS ACCENTUES EN APPROCHANT DU BORD ;

2_ ***IL NE FAUT PAS QUE LES PLUS COMMENCENT DES LA CARRE*** PARCE QUE :

- SUR LES PIECES IMPORTANTES, CELA CONDUIRAIT A FORMER DES PLIS TROP PROFONDS, IMPOSSIBLES A RETREINDRE CORRECTEMENT ;
- EN FAISANT PARTIR LA NAISSANCE DES PLIS PRES DE LA CARRE, MEME POUR DES BORDS DE FAIBLE HAUTEUR, ON ALLONGE LE PERIMETRE DE LA SECTION PASSANT PAR LA NAISSANCE DES PLIS (FIG.16) CAR LA LIGNE SINUEUSE, OBTENUE APRES PLISSAGE, A UN PERIMETRE SUPERIEUR A CELUI DU CERCLE D'ORIGINE. ON COMMENCE DONC PAR PROVOQUER UNE DEFORMATION DONT LE RESULTAT (AUGMENTATION DE LA LONGUEUR) EST CONTRAIRE A CELUI QUE L'ON VEUT OBTENIR.

3_ ***IL NE FAUT FAIRE LES PLIS A INTERVALLES REGULIERS***, SUFFISAMMENT RAPPROCHES POUR QU'ILS NE SOIENT PAS TROP IMPORTANTS, MAIS PAS TROP PRES LES UNS DES AUTRES CAR L'ACTION DU MARTEAU OU DU MAILLET ET LA REACTION DU TAS A PLISSER PROVOQUERAIENT UN ALLONGEMENT DU METAL (FIG.17 ET 18).

APRES PLISSAGE, LE PERIMETRE DE LA SECTION SINUEUSE DOIT RESTER EGAL A CELUI DE LA SECTION CIRCULAIRE INITIALE.

4_ ***FORMATION DES CULOTTES***. SI LES PLIS SONT TRES PROFONDS, LORSQUE LE MARTELAGE DE RETREINTE APPROCHE DU BORD, LE METAL NE PEUT PAS SE DEPLACER UNIQUEMENT VERS L'EXTERIEUR ; IL NE PEUT PAS NON PLUS SE DEPLACER SUFFISAMMENT DANS LE SANS TRANSVERSAL PARCE QU'IL EST BRIDE, EN PARTIE, PAR LES PLIS VOISINS. LE METAL, REFOULE SUR LUI-MEME AU MAXIMUM, SE REPLIE SUR UN OU DEUX COTES DU PLI, IL FORME CE QU'ON APPELLE UNE CULOTTE (FIG.19). LE OU LES MARTELAGES SUIVANTS NE TARDENT PAS A PROVOQUER DES CASSURES AU DROIT DES REPLIS.

IL FAUT IMMEDIATEMENT ELIMINER LES CASSURES EN TOTALITE (CISAILLAGE, LIMAGE, ARRONDISSAGE DES BORDS), SINON ELLES S'AGRANDIRAIENT A CHAQUE PASSE DE RETREINTE.

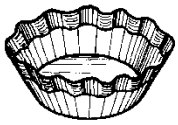


Fig. 14

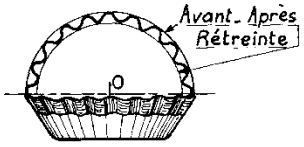


Fig. 15

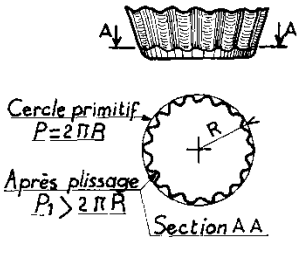


Fig. 16

Fig. 17
Bon.

Fig. 18
Mauvais.

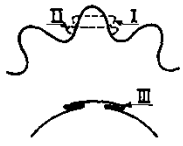


Fig. 19
Formation
d'une culotte.

PAR CHAUDES SUCCESSIVES DE RETREINTE, ON APPROCHE PROGRESSIVEMENT DE LA FORME A OBTENIR (FIG.20). ON TRAVAILLE LE PLUS LONGTEMPS POSSIBLE SUR UN TAS A BOULE DROIT ET ENSUITE COUDE, PARCE QUE LA REACTION DE CE TAS NE PRODUIT PAS DE DEFORMATIONS COMME EN PROVOQUE LA CARRE, MEME ARRONDIE, D'UN TAS CYLINDRIQUE.

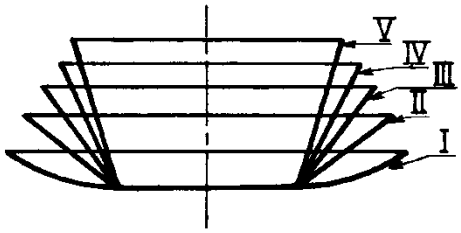


Fig. 20

Phases successives de rétreinte.
I: intérieurement en salière ;
II, III, IV, V: extérieurement sur tas cylindrique.

ON EMPLOIE UN TAS CYLINDRIQUE AU MOMENT OU IL EST NECESSAIRE DE FORMER CORRECTEMENT LA CARRE ET POUR OBTENIR UN PROFILE SUIVANT UNE GENERATRICE RECTILIGNE. LORSQUE LA CARRE EST BIEN MARQUEE, IL FAUT L'ECARTER DE CELLE DU TAS AFIN D'EVITER QUE LA REACTION DE CELUI-CI NE DEFORME ET N'ALLONGE LE FOND.

REMARQUE : TOUJOURS DANS LE BUT DE NE PAS DÉFORMER ET AMINCIR LA CARRE, ON UTILISE LE PLUS LONGTEMPS POSSIBLE DES TAS À CARRES RONDES DE GRAND RAYON, MÊME SI ELLE DOIT ÊTRE RELATIVEMENT VIVE. ON UTILISE SUCCESSIVEMENT DES TAS DONT LE RAYON DE CARRE EST DE PLUS EN PLUS PETIT. ON N'AVIVE LA CARRE DE LA PIÈCE, SI NÉCESSAIRE, QU'AU DU PLANAGE.

APRES CHAQUE PASSE DE RETREINTE, AVANT RECUIT, ON SOUS-PLANE AVEC UN MARTEAU A TETE RONDE LEGEREMENT BOMBEE MAIS, LORSQU'ON APPROCHE DU BORD, ON UTILISE UN MARTEAU A TETE CARRE (POSTILLON PAR EXEMPLE), AFIN DE NE PAS MARQUER NI ECRASER TROP LE METAL QUI S'AMINCIRAIT RAPIDEMENT.

ON REGULARISE LA SECTION POUR LA MAINTENIR CIRCULAIRE.

ON EXAMINE AVEC SOIN LE BORD POUR SUPPRIMER LES AMORCES DE CASSURES OU DE CRITIQUES, SOIT A LA LIME, SOIT A LA CISAILLE, PUIS A LA LIME.

ON ARRONDIT LE CHANT A LA LIME DEMI-DOUCE (ON FINT A LA TOILE D'EMERI DOUCE POUR LES METAUX ET ALLIAGE TENDRES, AINSI QUE POUR L'ACIER INOXYDABLE) POUR SUPPRIMER LES ARETES VIVES ET LES BAVURES QUI FAVORISENT L'APPARITIONS DES CRIQUES.

REMARQUES SUR LA TENUE DU MARTEAU OU DU MAILLET

NOUS AVONS VU (CHAPITRE IV) QUE L'OUTIL DOIT FRAPPER LE METAL SUIVANT UN ANGLE QUI FACILITE SON ECOULEMENT DANS LA DIRECTION DESIREE (FIG.21)

LA MAJORITE DES CHAUDRONNIERS RETREIGNENT EN SE PLAÇANT DE COTE PAR RAPPORT AU TAS ET A LA PIECE. DANS CETTE POSITION, IL FAUT LEVER LE COUDE ASSEZ HAUT ET FLECHIR FORTEMENT LE POIGNET POUR TENIR CORRECTEMENT L'OUTIL, C'EST TRES FATIGUANT.

APRES QUELQUES COUPS, L'ATTENTION ET L'EFFORT SE RELACHENT. ON PEUT DIRE QU'IL EST RARE QUE L'OUTIL FRAPPE LE METAL SUIVANT LA DIRECTION FAVORABLE A UN BON DEPLACEMENT DU METAL. LE MARTEAU OU LE MAILLET FRAPPE PLUS SOUVENT PERPENDICULAIREMENT AU TAS (FIG.22) ET MEME PARFOIS, EN DIRECTION OPPOSEE A CELLE D'UNE BONNE RETREINTE (FIG.23). LA FAÇON DE LA FIGURE 23 EPAISSIT PLUS QUE CELLE DE LA FIGURE 22, QUI EPAISSIT PLUS QUE CELLE DE LA FIGURE 21.

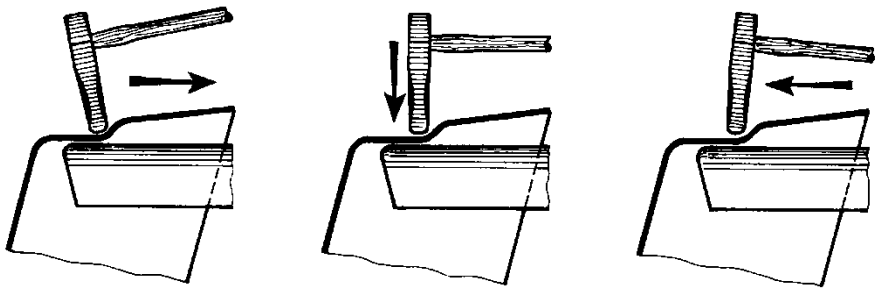


Fig. 21 Fig. 22 Fig. 23

Position du marteau

Bonne. Acceptable. Mauvaise.

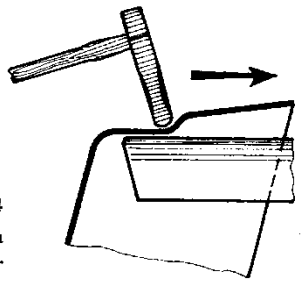


Fig. 24
Excellente position du marteau.

CERTAINS CHAUDRONNIERS, PARTICULIEREMENT LES CARROSSIERS, SE PLACENT FACE A LA PIECE ET AINSI, SURTOUT S'ILS SONT A BONNE HAUTEUR (ASSIS PAR EXEMPLE), IL LEUR EST PLUS FACILE DE MARTELER SUIVANT L'ANGLE FAVORABLE QUE SUIVANT UN AUTRE, PARCE QU'IL FAUDRAIT QU'ILS FOURNISSENT UN PLUS GRAND EFFORT POUR LEVER LE COUDE ET FLECHIR DAVANTAGE LE POIGNET (FIG.24).

CETTE SECONDE METHODE EST PREFERABLE A LA PREMIERE PARCE QU'ELLE FAVORISE NATURELLEMENT LE DEPLACEMENT DU METAL DANS LE SENS VOULU. TOUT CHAUDRONNIER CHERCHANT A AMELIORER SES METHODES DE TRAVAIL DEVRAIT S'Y EXERCER.

LA RETREINTE ET DE L'ETIRAGE

FORMAGE EN S D'UNE TÔLE MINCE PLIÉE À 90° (FIG.25)

DEVELOPPEMENT

C'EST UN RECTANGLE DE LARGEUR *L* = SOMME DES COTES INTERIEURES DES DEUX AILES ET DE LONGUEUR *L* = DEVELOPPEMENT DE LA FIBRE NEUTRE DE LA COURBE ABC, AUGMENTE DE QUELQUES MILLIMETRES DESTINES A PERMETTRE LA RECTIFICATION DES EXTREMITES SOUVENT DEFORMEES LORS DE L'EXECUTION.

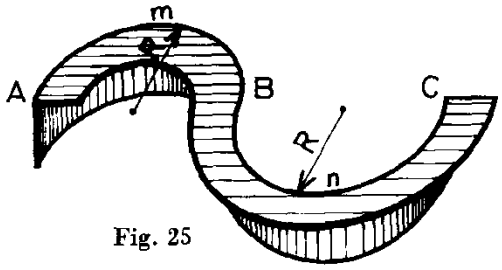


Fig. 25

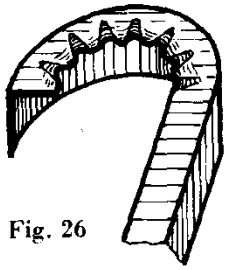


Fig. 26

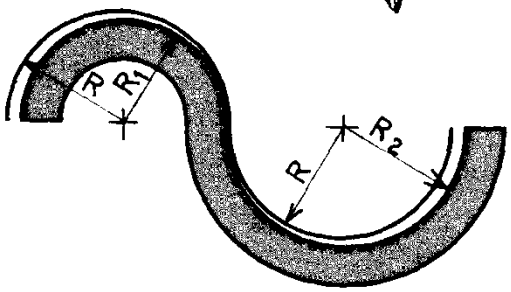


Fig. 27

Avant planage

$R_1 < R \quad R_2 > R$

EXECUTION

L'ARC *A M B* EST REALISE PAR RETREINTE. L'ARC *B N C* EST REALISE PAR ETIRAGE.

L'ARC RETREINT, PLUS DIFFICILE ET PLUS LONG A EXECUTER QUE L'ARC ETIRE, NECESSITE PLUSIEURS RECUITS ALORS QUE CEUX-CI SONT UTILES POUR FORMER L'ARC ETIRE. IL EST DONC PREFERABLE DE COMMENCER PAR LA RETREINTE.

RETREINTE. PROCEDER COMME POUR LE CINTRAGE D'UNE TOLE PLIEE, ETUDIE PRECEDEMMENT, C'EST A DIRE EN FORMANT DES PLIS SUR UNE LAME (FIG.26), EN FRAPPANT DE L'INTERIEUR ET EN RETREIGNANT CES PLIS DE L'EXTERIEUR. A CHAQUE PASSE DE RETREINTE, INTERCALER LES PLIS. SOUS-PLANER LEGEREMENT AVANT RECUIT. RETREINDRE UN PEU PLUS « FERME » ET METTRE AU GABARIT EN PLANANT.

ETIRAGE : IL NE PRESENTE RIEN DE PARTICULIER, MAIS IL FAUT ARRETER L'ETIRAGE A LA PANNE LORSQUE LA PIECE EST ENCORE UN PEU « OUVERTE ». LE PLANAGE ACCENTUERA LA FERMETURE ET ACHEVERA LA CONFORMATION SUIVANT LE GABARIT (FIG.27)

PENDANT LE FORMAGE, IL FAUT EVITER QUE LA PIECE NE SE GAUCHISSE EN LA REDRESSANT DES QU'UNE DEFORMATION APPARAIT.

FINITION : APRES MISE EN FORME, METTRE LES BORDS A LA COTE EN ELIMINANT L'EXCEDANT DU METAL PRODUIT PAR LA RETREINTE.

EXÉCUTION D'UN FOND A CONTOUR SINUEUX

DEVELOPPEMENT

SI, AU RAYON DU FOND ON AJOUTE LA HAUTEUR DU BORD, L'AIRE DE LA PORTION DE COURONNE CORRESPONDANT A LA PARTIE RETREINTE SERA TROP GRANDE. IL Y A UN INTERET A DECOUPER LE METAL SELON UNE COURBE DE FLECHE PLUS PETITE QUE CELLE DONNEES PAR LE RAYON *R* (FIG.29). AU CONTRAIRE, IL FAUT LAISSER UN PEU PLUS DE METAL A LA ZONE QUI SERA ALLONGEE : PRENDRE $R_2 > R_1$.

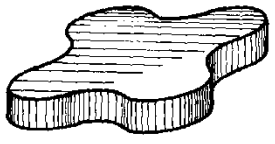


Fig. 28

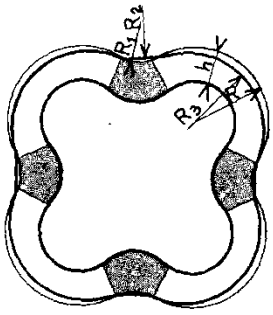


Fig. 29

$R_2 > R_1$ $R_3 > R$

Les parties grisées doivent être allongées, les autres rétreintes.

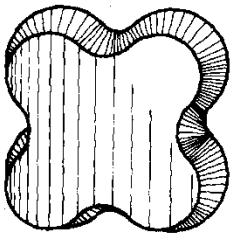


Fig. 30

Le bord est rétreint et allongé progressivement et régulièrement.

EXECUTION

FORMER LA PIECE EN TRAVAILLANT TOUTE LA SURFACE QUI CONSTITUE LE BORD, C'EST A DIRE RETREINDRE ET ETIRER DE FAÇON QUE L'ANGLE FORME PAR LE FOND ET LE BORD SOIT SENSIBLEMENT CONSTANT SUR TOUT LE POURTOUR DE LA PIECE, AVANT CHAQUE RECUIT.

PUISQUE LA RETREINTE DIMINUE LA SURFACE ET QUE L'ETIRAGE AUGMENTE, IL FAUT COMMENCER CHAQUE PASSE PAR L'EXECUTION DE LA RETREINTE EN DIRIGEANT LE METAL EN EXCES VERS LES PARTIES ETIREES ; CE PROCEDE A POUR BUT DE MENAGER L'EPAISSEUR DE CELLES-CI.
RETREINDRE AVEC LE MAILLET ET LE MARTEAU A RETREINDRE. ALLONGER AVEC UN MARTEAU A EMBOUTIR EN COMMENÇANT PAR FRAPPER A FAUX COMME POUR LA RETREINTE, MAIS EN ACCENTUANT LA FRAPPE A COUP PORTANT EN FIN DE COURSE DU MARTEAU. SERRER LES COUPS DE MARTEAU. PENDANT TOUT LE FORMAGE, MAINTENIR LE FOND PLAN.

PIÈCE DE REVOLUTION A PROFIL CONCAVE, REALISÉE EN PARTANT D'UN CYLINDRE DE REVOLUTION

DEVELOPPEMENT

LE DIAMETRE Ø DU CYLINDRE D'ORIGINE (FIG.32) EST DETERMINE ARBITRAIREMENT DE FAÇON A PARTAGER JUDICIEUSEMENT LE TRAVAIL DE FORMAGE EN PARTIE RETREINTE *EHLF* ET EN PARTIES ETIREES *ACHE* ET *FLDB*.

LA SURFACE DU CYLINDRE D'ORIGINE *EHLF* ETANT PLUS GRANDE QUE CELLE DE LA PIECE APRES RETREINTE, LES DIAMETRES *EH* ET *FL* ONT TENDANCE A SE DEPLACER VERS LES EXTREMITES *AC* ET *BD*, LA TOLE S'EPAISSIT.

SI L'ON PORTAIT *EP* = ET *FR* = *FB*, LES PARTIES CYLINDRIQUES D'ORIGINE AURAIENT UNE SURFACE NETTEMENT PLUS PETITE QUE CELLE DE LA PIECE. PENDANT LA MISE EN FORME, IL Y A ALLONGEMENT DE LA PARTIE CYLINDRIQUE MAIS CET ALLONGEMENT EST INSUFFISANT. IL EST NECESSAIRE DE DEDUIRE LA HAUTEUR DES PARTIES CYLINDRIQUES. ON AURA AINSI DES SURFACES EQUIVALENTES, QUI APRES FORMAGE, SERONT LEGEREMENT AUGMENTEES ; CECI PERMETTRE DE RECTIFIER LA PIECE APRES CONFORMATION POUR LA METTRE AUX COTES.

EXECUTION

TRAVAILLER LE PLUS POSSIBLE SUR SUPPORT EN BOIS QUI MARQUE MOINS ET ECROUIT MOINS LE METAL QUE LE TAS EN ACIER.

UTILISER UN MAILLET ET MARTEAU A RETREINDRE POUR LA RETREINTE SUR UN SUPPORT CONCAVE (FIG.33) ET LE MARTEAU A EMBOUTIR OU A VAISSELLE POUR L'OUVERTURE (FIG.34), SUR UN SUPPORT EN VOIS DE BOUT OU EN PLOMB.

COMMENCER LA RETREINTE EN PARTANT DES CERCLES NEUTRES *EH* ET *FL* ET EN SE DIRIGEANT VERS LE CERCLE DE GORGE *MN* (FIG.32).

RETREINDRE UN PEU PLUS ET OUVRIR UN PEU MOINS QU'AU GABARIT, POUR TENIR COMPTE DE L'EFFET DE PLANAGE.

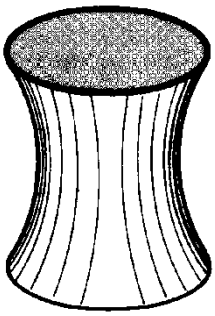


Fig. 31

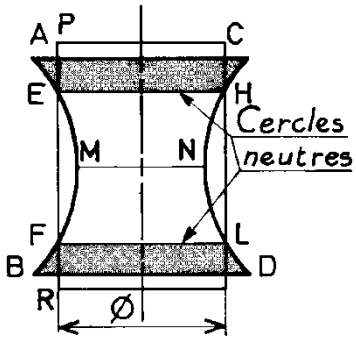


Fig. 32

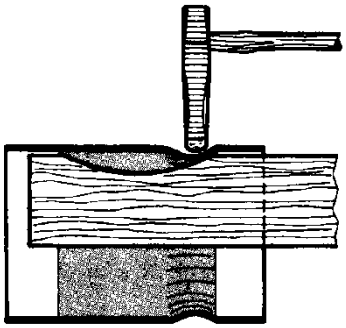


Fig. 33

Rétreinte sur bois de fil.

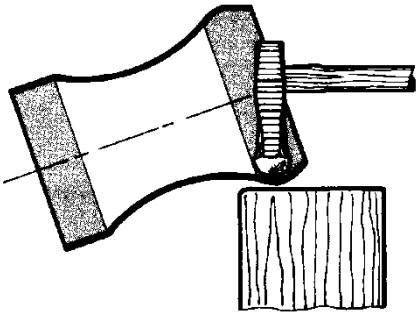


Fig. 34

Ouverture sur bois de bout.

EMPLOI DE L'EMBOUTISSAGE, DE LA RETREINTE ET DE L'ETIRAGE

EXEMPLES : EXECUTION DE REDUCTIONS

DÉVELOPPEMENT

LA REDUCTION REPRESENTEE SUR LA FIGURE 35 A POUR ORIGINE UN TRONC DE CONE DE REVOLUTION (FIG.37)

LA REDUCTION REPRESENTEE SUR LA FIGURE 36 A POUR ORIGINE UN TRONC DE CONE OBLIQUE A BASE CIRCULAIRE (FIG.38).

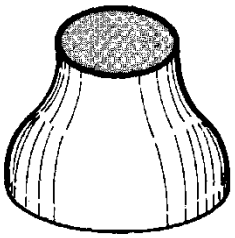


Fig. 35

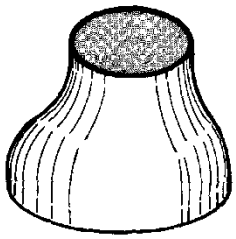


Fig. 36

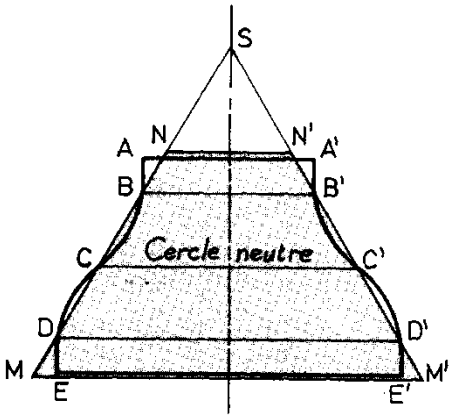


Fig. 37

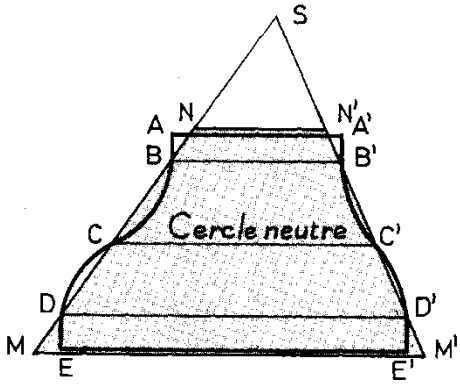


Fig. 38

LE TRONC DE CONE D'ORIGINE EST CHOISI DE FAÇON A DIVISER LE TRAVAIL DE FORMAGE EN QUATRE ZONES : UNE ZONE ETIREE *AA'BB'* ; UNE ZONE RETREINTE *BB'CC'* ; UNE ZONE EMBOUTIE *CC'DD'* ; UNE ZONE RETREINTE *DD'EE'*.

A LA GENERATRICE DU TRONC DE CONE EN PASSANT PAR *B* ET *D,* ON AJOUTE : 1° *BN = BA* (OU UN PEU PLUS SI LA DIFFERENCE DES SURFACES ENGENDREES PAR LES GENERATRICES *BA* ET *BN* EST SENSIBLE) ; 2° *DM > DE*.

EXECUTION

IL Y A INTERET A PARTIR DU CERCLE NEUTRE *CC'* EN FAISANT ALTERNATIVEMENT UNE PASSE D'EMBOUTISSAGE ENTRE LES CERCLES *CC'* ET *DD'* ET UNE PASSE DE RETREINTE ENTRE LES CERCLES *CC'* ET *BB'*. LE METAL SITUE SUR LE CERCLE *CC'*, SOLLICITE A LA FOIS VERS *D* ET *B*, SE MAINTIENT EN PLACE ET N'ETANT PAS MARTELE, IL N'EST NI ALLONGE, NI RACCOURCI, CE QUI JUSTIFIER SON APPELLATION DE ***CERCLE NEUTRE***.

AU COURS DE LA RETREINTE, LE METAL SE DEPLACE VERS L'EXTREMITE *A* ; CE PHENOMENE A POUR CONSEQUENCE DE DEPLACER VERS *AA'* LE CERCLE *BB'*, CE DERNIER, CE DE FAIT N'EST PLUS NEUTRE. LA SURFACE ALLONGEE DEBUTE DONC UN PEU AVANT LE CERCLE *BB'* ; IL S'ENSUIT QUE LA SURFACE DU METAL DESTINEE A FORMER LA PARTIE *AA' BB'* EST LEGEREMENT AUGMENTEE ; CE SURPLUS DE SURFACE NE PRESENTE PAS D'INCONVENIENT, AU CONTRAIRE.

PENDANT L'EMBOUTISSAGE DE LA ZONE *CC'DD'*, UNE PARTIE DU METAL DE LA ZONE *DD'MM'* GLISSE VERS LE CERCLE *CC'*, D'AUTANT PLUS QUE LA PARTIE *DM* EST PLUS COURTE ; CE GLISSEMENT JUSTIFIE LE SURPLUS DE METAL QU'ON AJOUTE DE *DE* EN PORTANT *DM>DE*.

APRES EXECUTION DE LA ZONE RETREINTE *BB'CC'* ET DE LA ZONE EMBOUTIE *CC'DD'* ON PROCEDE A CELLE DES ZONES : RETREINTE *DD'EE'* ET OUVERTE *BB'AA'*.

COMME POUR TOUTE PIECE MARTELEE, LE MISE EXACTE AU GABARIT EST OBTENUE PAR LE PLANAGE. CELUI-CI ALLONGE TOUTE LA SURFACE, IL FAUT DONC RETREINDRE UN PEU PLUS, EMBOUTIR ET OUVRIR UN PEU MOINS QU'AU GABARIT.

REMARQUE : EMBOUTISSAGE, RÉTREINTE, ÉTIRAGE SE PRATIQUENT PAR PASSES RÉGULIÈRES POUR EXÉCUTER LA PIÈCE DE RÉVOLUTION REPRÉSENTÉE À LA FIGURE 35. AU CONTRAIRE, LA PIÈCE REPRÉSENTÉE À LA FIGURE 36 QUI TOUT EN AYANT DES SECTIONS DROITES CIRCULAIRES, A UN PROFIL DISSYMÉTRIQUE, NE PEUT PAS ÊTRE FORMÉE PAR PASSES RÉGULIÈRES, CHAQUE ZONE EST SOIT EMBOUTIE, SOIT RÉTREINTE, SOIT ÉTIRÉE, DE PLUS EN PLUS EN PARTANT DU PROFIL DROIT (FIG.38) ET EN SE DIRIGEANT VERS LE PROFIL GAUCHE.

CE TRAVAIL DOIT ETRE MENE AVEC BEAUCOUP D'ATTENTION ET NECESSITE, EN PLUS DE GABARITS CIRCULAIRES (AU MOINS TROIS : SECTIONS *AA', CC', EE'*) UN MINIMUM DE DEUX GABARITS DE PROFIL (GAUCHE ET DROIT DE LA FIGURE 38), ALORS QU'UN SEUL SUFFIT POUR CONTROLER LE PROFIL DE LA PIECE DE LA FIGURE 35.

POUR CONTROLER, APRES FINITION, CHACUNE DES PIECES, IL Y A INTERET A CONSTRUIRE UNE MAQUETTE CONSTITUEE DE PLUSIEURS SECTIONS LONGITUDINALES ET TRANSVERSALES.

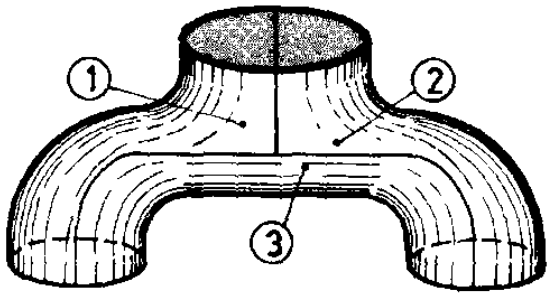


Fig. 39

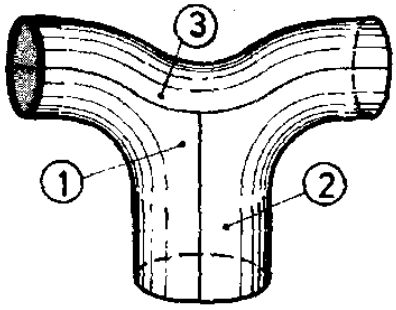


Fig. 40

Pièces en trois coquilles.

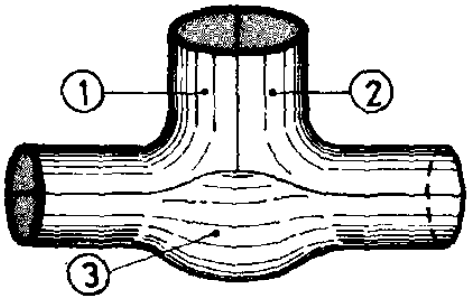


Fig. 41

Pièce en trois coquilles.

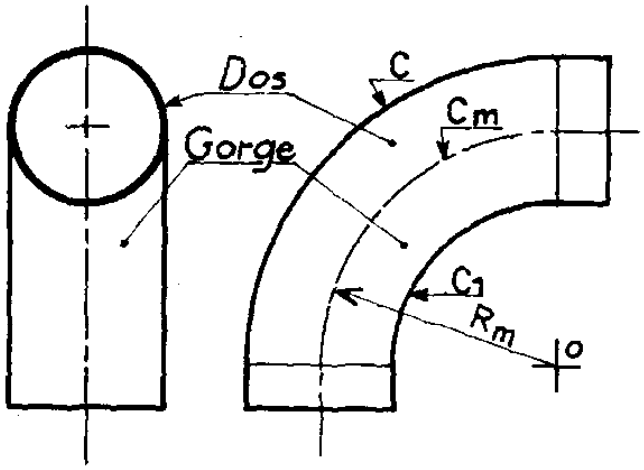


Fig. 42

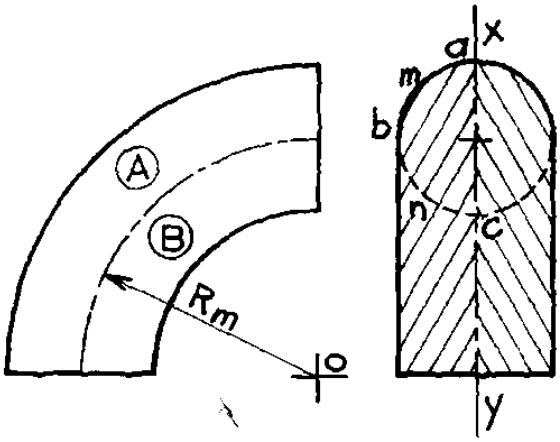


Fig. 43

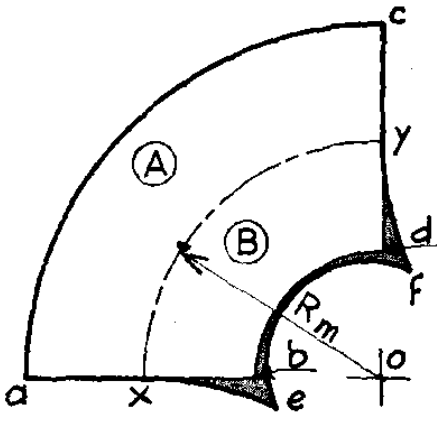


Fig. 44

Pour une coquille:

$\overset{\frown}{amb}$ formé par rétreinte ;

$\overset{\frown}{bnc}$ formé par allongement.

LES PIÈCES EN COQUILLES

EN CHAUDRONNERIE, ON DONNE LE NOM DE ***COQUILLE*** A TOUT ELEMENT DE PIECE NON DEVELOPPABLE FORME AVANT ASSEMBLAGE.
D'UNE MANIERE GENERALE (LE COUDE TORIQUE EST UNE EXCEPTION), LES PIECES EN COQUILLES NE SONT PAS DES SURFACES DE REVOLUTION.
LES FIGURES 39, 40, 41 DONNENT DES EXEMPLES DE PIECES FORMEES PAR COQUILLES.

PRINCIPALES METHODES D'EXECUTION DES COUDES EN COQUILLES

UN COUDE PEUT ETRE « *CYLINDRIQUE* » : SA SECTION DROITE EST CONSTANTE ; OU « CONIQUE » : SA SECTION DROITE EST DECROISSANTE.
LA PARTIE COMPRISE ENTRE LA GRANDE COURBE *C* (GENERALEMENT UN CERCLE) ET LES COURBES MOYENNES *CM* EST APPELEE ***DOS*** (FIG.42). L'AUTRE PARTIE, LIMITEE PAR LES COURBES CM ET LA PLUS COURBE C_1 EST APPELEE ***GORGE***.
LES COUDES LES PLUS FREQUEMMENT RENCONTRES SONT DES PORTIONS DE TORES DE REVOLUTION. ILS PEUVENT ETRE EXECUTES DE DIFFERENTES FAÇONS.

COUDE EXECUTE EN DEUX COQUILLES SYMETRIQUES

LES DEUX ASSEMBLAGES (SOUDURES) DES COQUILLES SONT SITUES SUR LE PLAN MOYEN DU TORE OU PLAN DE SYMETRIE *XY* (FIG.43).

LES DEUX COQUILLES SONT SEMBLABLE ET REALISEES CHACUNE EN PARTIE PAR RETREINTE (PORTION *A* : MOITIE DU DOS) ET EN PARTIE PAR ALLONGEMENT (PORTION *B* : MOITIE DE LA GORGE).

DÉVELOPPEMENT

TRACER L'ARC MOYEN *XY* ET PORTER *XA* ET *XB* = DEVELOPPEMENT DE LA SECTION DROITE ;

4

TRACER LES ARCS *AC* DE RAYON *OA* ET *BD* DE RAYON *OB*.

LE DEMI-DOS ETANT REALISE PAR RETREINTE, SON DEVELOPPEMENT SUIVANT *XACY* EST LEGEREMENT TROP GRAND.

AU CONTRAIRE, LA DEMI-GORGE ETANT FORME PAR ALLONGEMENT, SON DEVELOPPEMENT SUIVANT *XBDY* EST TROP COURT CAR, PENDANT LE FORMAGE, LE METAL EST ALLONGE, MAIS IL SE DEPLACE EGALEMENT PAR GLISSEMENT DES

EXTREMITES *B* ET *D* VERS LE MILIEU DE L'ARC *BD*. AFIN DE SUPPLEER AU MANQUE DE METAL ET AUSSI POUR MENAGER L'EPAISSEUR, ON AJOUTE AU DEVELOPPEMENT PRECEDENT LES DEUX PARTIES EN GRISE DE LA FIGURE 44.

MISE EN FORME

POUR FORMER LA GORGE, FRAPPER A COUPS RAPPROCHES AVEC UN MARTEAU A VAISSELLE OU UN MAILLET A BOULE, SELON LA NATURE ET L'EPAISSEUR DU METAL, LA TOLE REPOSANT SUR UN TAS CYLINDRIQUE, EN PARTANT DE L'AXE VERS LE BORD. PROCEDER COMME POUR UNE RETREINTE : FRAPPER D'ABORD A FAUX, MAIS ACCENTUER LE MARTELAGE A COUPS PORTANTS EN FIN DE COURSE DU MARTEAU POUR FACILITER L'ALLONGEMENT. FRAPPER SUIVANT UN ANGLE QUI FAVORISE LE DEPLACEMENT DU METAL VERS LE CENTRE DE L'ARC EMF (FIG.45).

LE DOS EST FORME SUR UN TAS A BOULE PAR RETREINTE.

AVANT DE PROCEDER AU PLANAGE, IL FAUT QUE LA SECTION DROITE SOIT LEGEREMENT PLUS PETITE QUE LE GABARIT CAR LE PLANAGE « OUVRE » AUSSI BIEN LA PARTIE DE LA GORGE QUE CELLE DU DOS.

REMARQUE : A PARTIR DE LA CONFECTION DE QUELQUES COUDES IDENTIQUES, IL Y A AVANTAGE A EXECUTER LA CONFORMATION SUR UN TAS DE FORME (FIG.45), LA PIECE ETANT MAINTENUE SUR CELUI-CI PAR UN MOYEN QUELCONQUE. AVEC CE TAS, L'EXECUTION EST PLUS RAPIDE SI ON TRAVAILLE A CHAUD, MEME LA TOLE MINCE.

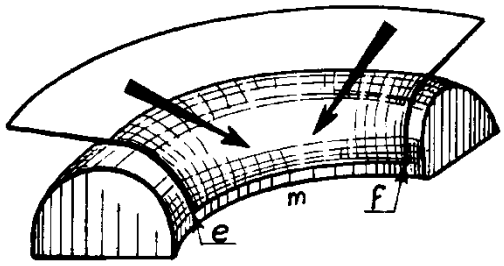


Fig. 45

En dirigeant l'écoulement du métal dans le sens des flèches, on minimise l'amincissement du métal.

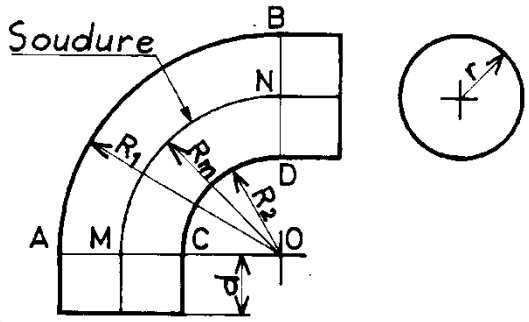


Fig. 46

COUDE EXECUTE PAR FORMAGE DU DOS ET DE LA GORGE ASSEMBLES ENTRE EUX SUIVANT LES ARCS MOYENS

CE COUDE EST LEGEREMENT TERMINE A CHAQUE EXTREMITE PAR UNE PARTIE CYLINDRIQUE QUI FACILITE LA MISE EN FORME EN DONNANT DE LA RIGIDITE A CHAQUE COQUILLE (FIG.46).

IL EST EXECUTE SUIVANT PLUSIEURS METHODES.

MÉTHODE CLASSIQUE

CE N'EST PAS LA PLUS RATIONNELLE. ELLE CONSISTE A EXECUTER LE DOS PRESQUE *ENTIEREMENT PAR RETREINTE* ET LA GORGE ENTIEREMENT PAR ALLONGEMENT.

DÉVELOPPEMENTS

- ***LE DEVELOPPEMENT DU DOS*** EST UN RECTANGLE DE LONGUEUR L EGALE AU DEVELOPPEMENT DE L'ARC AB, AUGMENTE DES DEUX PARTIES DROITES, ET DE LARGEUR L EGALE AU DEMI-PERIMETRE DE LA SECTION DROITE (FIG.47). CE DEVELOPPEMENT DONNE UNE SURFACE TROP GRANDE, LA RETREINTE RAMENANT LE METAL VERS LE MILIEU DE L'ARC MN. ON POURRAIT DECOUPER SUIVANT LE POINTILLE (FIG.47), ON PREFERE CONSERVER LE RECTANGLE PUISQUE, DE TOUTE FAÇON, IL FAUDRA FAIRE UNE COUPE APRES FORMAGE.

- ***LE DEVELOPPEMENT DE LA GORGE*** EST UN RECTANGLE DE LONGUEUR L EGALE A L'ARC CD, AUGMENTE DES DEUX PARTIES DROITES, ET DE LARGEUR L EGALE AU DEMI-PERIMETRE DE LA SECTION DROITE. ON AJOUTE A CE RECTANGLE LES DEUX ZONES HACHUREES (FIG.48). PENDANT LE FORMAGE, LE METAL CONSTITUANT CES ZONES SERA DIRIGE VERS LES EXTREMITES ET PERMETTRA DE LIMITER, EN PARTIE, L'AMINCISSEMENT.

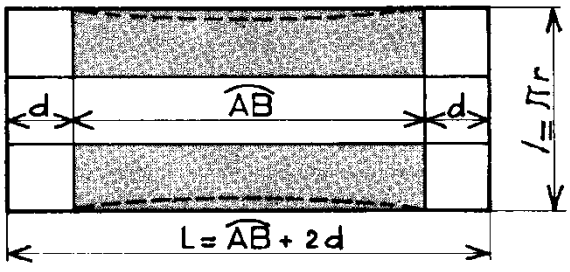


Fig. 47

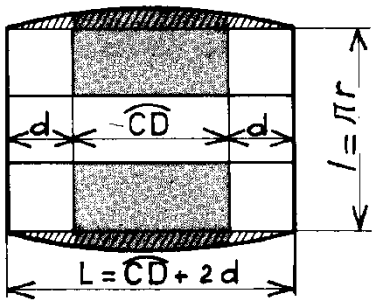


Fig. 48

REMARQUE : LA GORGE EST GENERALEMENT EXECUTEE EN TOLE LEGEREMENT PLUS EPAISSE QUE CELLE DU DOS, PAR EXEMPLE : 1,2MM POUR LA GORGE ET 1 MM POUR LE DOS, AFIN DE TENIR COMPTE DE LA DIMINUTION D'EPAISSEUR PROVOQUEE PAR L'ALLONGEMENT.

MISE EN FORME

EXECUTION DU DOS :

- DIVISER LA LARGEUR DU RECTANGLE EN TROIS PARTIES EGALES (FIG.47), LES PARTIES GRISEES SONT LES PARTIES A RETREINDRE.
- CINTRER LA TOLE SUIVANT UN RAYON BEAUCOUP PLUS PETIT QUE LE RAYON R1 CAR, PENDANT LA RETREINTE, LA PIECE S'OUVRE CONSTAMMENT.

REMARQUE : POUR EVITER L'OUVERTURE DE LA PIECE, ON LA MAINTIENT PARFOIS AU RAYON R1 PAR UNE BARRE (PLAT OU CORNIERE) SOUDEE A SES EXTREMITES (FIG.49).

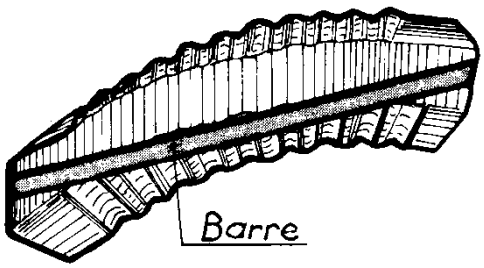


Fig. 49

- PLISSER LES PARTIES A RETREINDRE SUIVANT TOUTE LEUR LARGEUR.
- RETREINDRE SUR UN TAS A BOULE.
- SOUS-PLANER LEGEREMENT, INSPECTER LES BORD ET LES LIMER SI BESOIN EST POUR ELIMINER LES AMORCES DE CASSURES.
- RECUIRE.

ON EXECUTE AINSI PLUSIEURS « CHAUDES » JUSQU'A L'APPROCHE DU GABARIT DE SECTION DROITE ET ON CINTRE PROGRESSIVEMENT LES PARTIES CYLINDRIQUES TOUT EN MAINTENANT LE CINTRAGE SELON LE RAYON R_1 (SI LA PIECE EST TROP OUVERTE, ACCENTUER LES PLIS).

- TERMINER LA MISE EN FORME EN EMBOUTISSANT LEGEREMENT LA PARTIE CENTRALE.
- PLANER ET REGLER EN CONTROLANT AVEC LES GABARITS DE RAYON R_1 ET R, OU MIEUX, AVEC UNE MAQUETTE DE FORME (FIG.50).

EXECUTION DE LA GORGE :

- COMME POUR LE DOS, DIVISER LA LARGEUR DU RECTANGLE EN TROIS PARTIES EGALES (FIG.48). LES PARTIES GRISEES SONT LES PARTIES A ETIRER EN ALLONGEANT LE METAL DANS LE SENS DE LA LONGUEUR.

- CINTRER SUIVANT UN RAYON PLUS PETIT QUE LE RAYON DE GORGE R_1.

- AVEC UN MARTEAU A VAISSELLE OU, A DEFAUT, A BOULE, ALLONGER A FAUX A COUPS SERRES, D'ABORD SUR LE MORCEAU DE BOIS DUR POUR EVITER DE MARQUER PROFONDEMENT LE METAL ET DE L'ECROUIR RAPIDEMENT. FAIRE AINSI PLUSIEURS PASSES ET ENSUITE FAIRE UNE PASSE SUR UN TAS CYLINDRIQUE EN ACIER.

- RECUIRE.

APRES PLUSIEURS « CHAUDES », LA PIECE A L'ASPECT DE LA FIGURE 51.

- TERMINER LA MISE EN FORME EN CINTRANT LES PARTIES CYLINDRIQUES ET EN REGULARISANT LA SECTION TRANSVERSALE SELON UN RAYON LEGEREMENT PLUS PETIT QUE *R*.

- PLANER ET REGLER SUIVANT LES GABARITS.

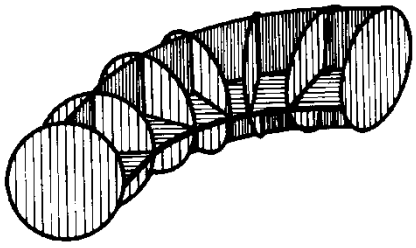


Fig. 50

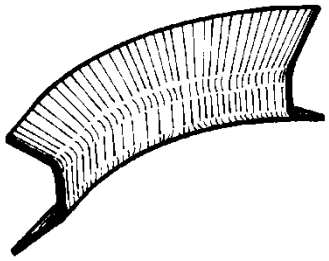


Fig. 51

DÉVELOPPEMENTS

IL SONT IDENTIQUES A CEUX DE LA METHODE CLASSIQUE.

MISE EN FORME DU DOS :

ELLE EST REALISEE PAR EMBOUTISSAGE ET RETREINTE.

- SYMETRIQUEMENT PAR RAPPORT A L'AXE LONGITUDINAL, TRACER DEUX BANDES EN DIVISANT LE DEVELOPPEMENT L EN TROIS PARTIES EGALES (EN GRISE SUR LA FIGURE 52) ; CELLES-CI DELIMITENT LES ZONES A EMBOUTIR.

- **EMBOUTIR** ALTERNATIVEMENT CHAQUE BANDE DE METAL DE FAÇON A FORMER UNE NERVURE CENTRALE EN MEME TEMPS QUE LE CINTRAGE SUIVANT LE RAYON R1 (FIG.53). UTILISER UN MARTEAU A EMBOUTIR ET SUPPORT EN BOIS PRESENTANT UNE FORME CONCAVE ALLONGEE (FIG.54).

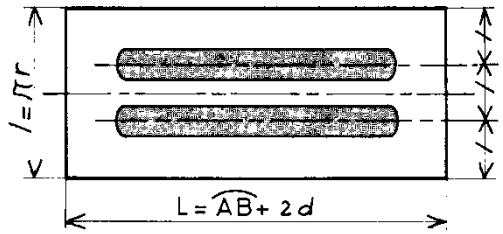


Fig. 52
Les parties en grisé seront embouties.

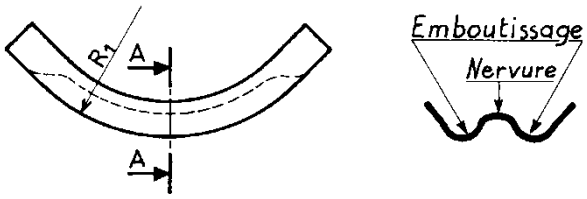


Fig. 53
La nervure est formée entre les deux parties embouties.

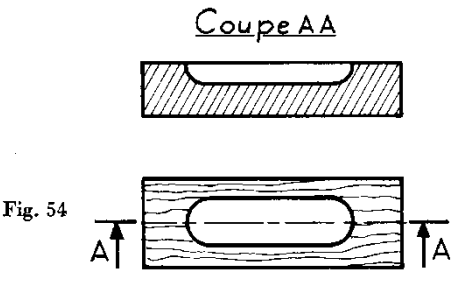


Fig. 54

POUR FACILITER LE CINTRAGE, AMORCER, UN MARTEAU, DES PLIS SUR CHAQUE BORD. CES PLIS S'ACCENTUERONT EN MEME TEMPS QUE LE CINTRAGE.

- LORSQUE LA TOLE EST CINTREE A UN RAYON LEGEREMENT INFERIEUR AR1, REGULARISER LES PLIS SOIT AU MARTEAU, SOIT AU PLISSOIR, EN LES ACCENTUANT AU BESOIN (FIG.55).

- ***RETREINDRE*** LES PLIS TOUT EN CONSERVANT LA NERVURE CENTRALE JUSQU'A L'OBTENTION D'UN PROFIL S'APPROCHANT DU DEMI-CERCLE DE RAYON LEGEREMENT INFERIEUR A R (FIG.56).

- RENVOYER LA NERVURE A L'EXTERIEUR, PROGRESSIVEMENT POUR EVITER LA FORMATION DE CULOTTES.

- REGLER LA PIECE SUIVANT LES DEUX GABARITS R ET R, EN SE MAINTENANT LEGEREMENT « FERME ».

- PLANER EN CONTROLANT FREQUEMMENT AVEC LES GABARITS, EN SE RAPPELANT QUE PLUS ON APPROCHE DU BORD, PLUS LA PIECE S'OUVRE.

CETTE METHODE OFFRE SUR LA PRECEDENTE DEUX AVANTAGES : RAPIDITE ET FACILITE D'EXECUTION. EN EFFET LES PARTIES EMBOUTIES ET LA NERVURE CENTRALE DONNENT DE LA RIGIDITE A LA PIECE EN ENLEVANT TOUTE ELASTICITE DANS LE SENS LONGITUDINAL ; ELLE NE S'OUVRE DONC PAS SOUS L'EFFET DE LA RETREINTE, COMME DANS LA METHODE PRECEDENTE. DE PLUS, L'EMBOUTISSAGE AMORCE DE FAÇON TRES APPRECIABLE LA FORME TRANSVERSALE ET LA RETREINTE EN PROVOQUANT LA NAISSANCE DE PLIS ET EN LES ACCENTUANT.

NOTA : L'EMBOUTISSAGE N'EST PAS SUFFISANT POUR PROVOQUER UN AMINCISSEMENT SENSIBLE. CETTE METHODE EST APPLICABLE SUR TOUS LES METAUX ET ALLIAGES CHAUDRONNABLES.

MISE EN FORME DE LA GORGE QUI EST FORMEE PAR EMBOUTISSAGE ET ALLONGEMENT :

- MARQUER LES ZONES A EMBOUTIR DANS LES MEMES RAPPORTS DE SURFACE QUE LA TOLE DU DOS (FIG.57)

- CINTRER LA TOLE A UN RAYON NETTEMENT PLUS PETIT QUE R_2, LE TRACE A L'EXTERIEUR.

- **EMBOUTIR** EN MARTELANT LA FACE EXTERIEUR DE LA TOLE ALTERNATIVEMENT DE CHAQUE COTE DE L'AXE, SUR UN SUPPORT CYLINDRIQUE EN BOIS CREUSE D'UNE GORGE (FIG.58 ET FIG.59). ON OBTIENT LE PROFIL REPRESENTE SUR LES FIGURES 60 ET61.

COMME POUR LE FORMAGE DU DOS, LA NERVURE DONNE DE LA RIGIDITE A LA PIECE ET, SANS SUPPRIMER TOTALEMENT L'OUVERTURE EN COURS DE FORMAGE, LA CONTRARIE FORTEMENT.

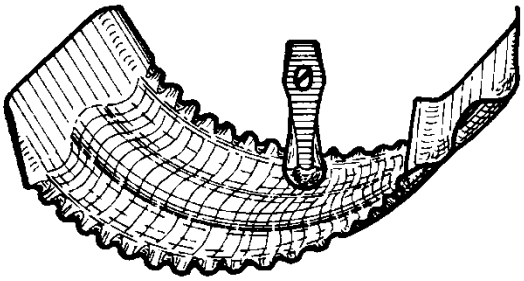


Fig. 55

Emboutissage et cintrage.
Les plis s'accentuent.

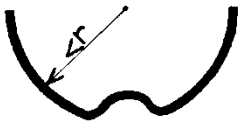
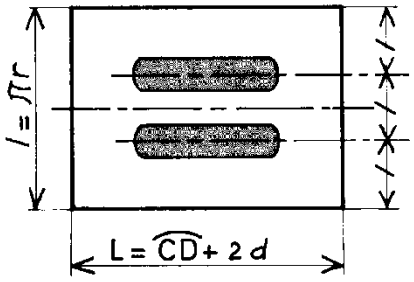


Fig. 56

Fig. 57

Les parties en grisé seront embouties.



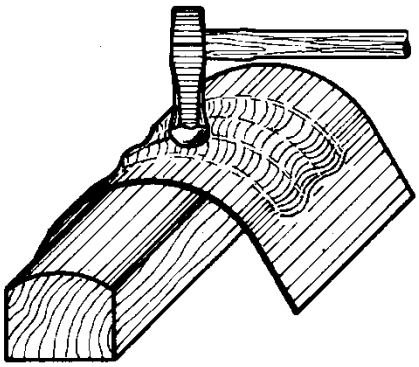


Fig. 58

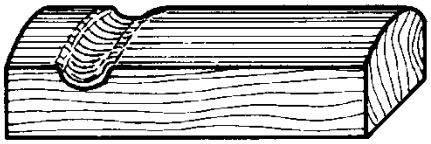


Fig. 59

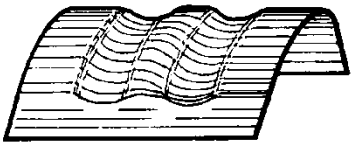


Fig. 60

Fig. 61

Section suivant une génératrice.

- SUR UN TAS EN BOIS DUR OU EN ACIER POUR COUDE EN ACIER, EN BOIS DUR POUR COUDE EN ALUMINIUM OU EN CUIVRE, MARTELER LES PARTIES LATERALES AVEC UN MARTEAU A VAISSELLE, AVEC UNE ENERGIE SUFFISANTE POUR QUE LE COUP, PORTE D'ABORD A FAUX(COMME POUR UNE RETREINTE), SE TERMINE EN PORTANT, AFIN D'ACCENTUER L'ALLONGEMENT DANS LE SENS LONGITUDINAL, CAR LE COUP, PORTE A FAUX, N'ALLONGE PAS SUFFISAMMENT LE METAL DANS CE SENS, CE QUI ENTRAINERAIT UN DECINTRAGE. CETTE REACTION DE LA MATIERE OBLIGE A COMMENCER LA MISE EN FORME SUR UNE TOLE CINTREE UN RAYON PLUS PETIT QUE LE RAYON DE GORGE R2.

ON PEUT COMMENCER LE MARTELAGE SUR UN TAS PLAT (FIG.62), ON LE TERMINE SUR UN TAS CYLINDRIQUE.

- LORSQUE APRES PLUSIEURS PASSES, LA SECTION DE LA PIECE S'APPROCHE DU GABARIT *R* (FIG.63), RENVOYER LA NERVURE.

- REGLER LA PIECE EN VERIFIANT AVEC LES GABARITS R_2 ET *R*. SI LE RAYON DE LA PIECE CORRESPONDANT AU GABARIT R_2 EST TROP, ON ALLONGE LE BORD A COUP PORTANTS ; S'IL EST TROP COURT, ON OUVRE EN FAISANT QUELQUES PLIS QUE L'ON RETREINT.

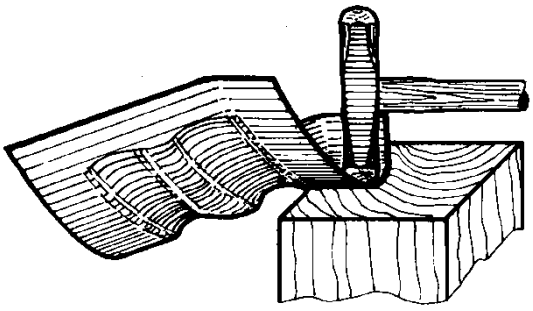


Fig. 62

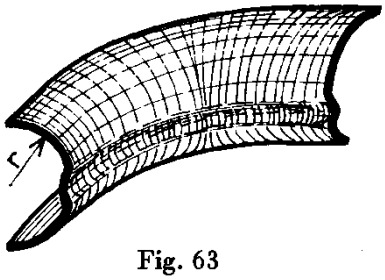


Fig. 63

REMARQUE CONCERNANT LA CONFRONTATION DE PIECES EXÉCUTÉES EN PARTANT DE CYLINDRES OU DE TRONC DE CÔNES

SOUVENT LORSQU'ON EXECUTE UNE PIECE DE FORME EN PARTANT D'UN CYLINDRE OU D'UN TRONC DE CONE, ON DIT QUE L'ON REALISE LA PIECE EN PARTIE PAR ALLONGEMENT (EMBOUTISSAGE) ET EN PARTIE PAR RETREINTE.

IL EST GENERALEMENT TRES VISIBLE QUE LA PARTIE DITE « EMBOUTIE » L'EST REELLEMENT MAIS, SOUVENT, LA PARTIE DITE « RETREINTE » EST EN REALITE EGALEMENT ALLONGEE CAR UNE PIECE PEUT PRESENTER UN DIAMETRE DIMINUE TOUT EN AYANT UNE SURFACE SUPERIEURE A LA SURFACE D'ORIGINE.

LE PERÇAGE

IL EXISTE DES REGLES ELEMENTAIRES DE PROTECTION A RESPECTER ET A FAIRE RESPECTER :

- NE MAINTENEZ JAMAIS LES PIECES A LA MAIN, BLOQUEZ-LES SOIGNEUSEMENT.
- PORTEZ DES VETEMENTS AJUSTES ET EN BON ETAT.
- IL N'EST PAS CONSEILLE DE PORTER DES GANTS PENDANT LE PERÇAGE
- NE JAMAIS PRENDRE UN COPEAU AVEC LES MAINS, UTILISER UN PINCEAU.
- PORTEZ DES LUNETTES DE PROTECTION PENDANT LE PERÇAGE ET LE NETTOYAGE A L'AIR COMPRIME.
- UTILISEZ LES PROTECTEURS.
- L'UTILISATION DE FORET DE GRAND ∅ AVEC DES PERCEUSES PORTATIVES OBLIGENT A PRENDRE DES PRECAUTIONS POUR EVITER LA ROTATION DE CELLES-CI (POIGNEES PLUS LONGUES, SECOND OPERATEUR, ETC ...)

LE TARAUDAGE

REMARQUE:

QUAND ON TARAUDE UN TROU BORGNE (TROU NON DEBOUCHANT) IL FAUT ENLEVER LES COPEAUX ACCUMULES AU FOND DU TROU ET VERIFIER LA LONGUEUR ENGAGEE DU TARAUD DANS CE TROU SI NON IL Y A RISQUE DE CASSURE.

LUBRIFICATION:

LA FONTE, LE LAITON L'ALUMINIUM SE TARAUDE A SEC.
POUR L'ACIER ON UTILISE DE L'HUILE DE COUPE.

L'OXYCOUPAGE

SECURITE

1. FAIRE ATTENTION AUX MATERIAUX DE COUPE COUVERTS DE PEINTURE A BASE DE PLOMB.
   LES OXYDES DE PLOMB (ET DE ZINC) FORMES LORS DE LA COUPE SONT TRES TOXIQUES.

2. RETIRER DE LA ZONE DE COUPE TOUTE MATIERE INFLAMMABLE COMME LES TISSUS, LE PAPIER ET LES LIQUIDES INFLAMMABLES.

3. VERIFIEZ LA ZONE DE TRAVAIL : S'ASSURER QU'IL N'Y EST PAS DE RESIDUS DE COUPE (OXYDE DE FER) OU DES CHUTES DE PIECE CHAUDES POUVANT TOMBER SUR LES BOYAUX D'ALIMENTATION DE GAZ.

4. L'EQUIPEMENT DE SECURITE DOIT INCLURE DES GANTS, DES LUNETTES DE SOUDEUR, UN PANTALON SANS REVERS, UNE CHEMISE A MANCHES LONGUES ET UN CASQUE APPROPRIE.

5. POSSEDER UNE PINCE OU AUTRE OUTIL AFIN DE MANIPULER CHUTES OU PIECE.

6. A PROXIMITE DU CIMENT OU BETON, LE METAL EN FUSION PEUT FAIRE CRAQUER VOIR ECLATER LE CIMENT OU BETON.

7. SI INTERVENTION DANS UN LIEU CONFINE : S'ASSURER QU'IL SOIT UN MINIMUM VENTILE (RISQUE D'INTOXICATION POUVANT ENTRAINER LA MORT).

8. PROSCRIRE TOTALEMENT LE CONTACT CUIVRE-ACETYLENE.

9. EVITER IMPERATIVEMENT LE CONTACT DE L'OXYGENE AVEC DE LA GRAISSE OU DE L'HUILE, ENTRAINANT INEVITABLEMENT UNE EXPLOSION.

10. ALLUMER LE CHALUMEAU AVEC UN GRATTOIR ET NON PAS AVEC UN BRIQUET.

11. SI FUITE DE GAZ, FERMER EN PREMIER LIEU LES BOUTEILLES.

12. VEILLER A DETENDRE LES MANOMETRES ET A PURGER LES BOYAUX D'ALIMENTATION, LORSQUE LA PERIODE DE NON-UTILISATION DU CHALUMEAU EST PROLONGEE.

LE CISAILLAGE

SECURITE

NE DÉCOUPER QUE DE LA TÔLE EN RESPECTANT LES CARACTÉRISTIQUES DE LA MACHINE (ÉPAISSEUR LONGUEUR , RÉSISTANCE)

NE PAS LAISSER LES MAINS ENTRE LA TÔLE ET LA TABLE.

UN SEUL OPERATEUR SUR LA MACHINE.

ENLEVER LES CHUTES DE TÔLE SE TROUVANT SUR LA TABLE.

MANIPULER LES TOLES AVEC DES GANTS.

LE PLIAGE

HYGIENE ET SECURITE

LORS DU PLIAGE SUR UNE PRESSE PLIEUSE, IL EST PRIMORDIAL D'OBSERVER LES REGLES DE SECURITE ELEMENTAIRES :

- TOUJOURS TENIR LA PIECE PAR SON EXTREMITE LA PLUS A L'EXTERIEUR.
- FAIRE TRES ATTENTION AUX DOIGTS : ILS NE REPOUSSENT PAS.
- SE FAIRE AIDER POUR LES GRANDES LONGUEURS.
- NE JAMAIS EMPLOYER UNE PUISSANCE SUPERIEURE A 1 TONNE PAR CM DE LONGUEUR DE PLIAGE AU-DELA IL Y A RISQUE DE DETERIORATION DE L'OUTILLAGE.
- APRES UTILISATION DE LA MACHINE, RAMENER LA PUISSANCE A ZERO ET RETIRER L'OUTILLAGE, AFIN D'OBLIGER VOTRE SUCCESSEUR A EFFECTUER LUI-MEME SES REGLAGES ET EVITER AINSI TOUTES FAUSSES MANŒUVRES.

LES PLIAGES DOIVENT ETRE EXECUTES *DANS L'AXE DE LA MACHINE*. DANS L'OBLIGATION D'UN PLIAGE EN EXTREMITE, IL FAUT COMPENSER LE « VIDE » DE L'AUTRE EXTREMITE, SOIT PAR UNE PIECE SYMETRIQUE, SOIT PAR UNE CHUTE DE TOLE DE MEME EPAISSEUR ET DE MEME LONGUEUR DE PLIAGE.

PENDANT L'EXECUTION DE PLIS SUR DES TOLES DE GRANDES LONGUEURS, ON DOIT AVOIR UNE VITESSE DE PLIAGE « LENTE » POUR EVITER LE « CONTRE-PLI » ET LE « COUP DE FOUET ».

POUR UNE MEILLEURE FACILITE ET SECURITE, L'UTILISATEUR DOIT DISPOSER CORRECTEMENT LES DEUX PIEDS AU SOL.

LE POINCONNAGE/GRIGNOTAGE

LUBRIFICATION DE LA TOLE

LES PRODUITS (EXEMPLE LE PENNNIB S ET LE PENNNIB C) UTILISES SONT HYDROPHILES ET CONÇUS SPECIALEMENT POUR LES OPERATIONS DE POINÇONNAGE, DE GRIGNOTAGE ET DE CISAILLAGE.

ILS SONT EGALEMENT UTILES DANS LES OPERATIONS DE FORMAGE, PUISQU'UNE TOLE LUBRIFIEE SUBIT BEAUCOUP MOINS DE MARQUAGE QU'UNE TOLE NON LUBRIFIEE

CES PRODUITS PRESENTENT LES AVANTAGES SUIVANTS

8. DEVETISSAGE FACILE

9. DUREE DE VIE DES OUTILS PLUS GRANDE

10. HAUTE ROBUSTESSE DE FILM POUR LE FORMAGE DU METAL

11. DEGRAISSAGE PLUS FACILE AVANT LA PEINTURE DE LA PIECE

12. PEUVENT ETRE UTILISES SUR DE L'ACIER AU CARBURE, DU CUIVRE, OU DE L'ALUMINIUM

13. PAS DE VISCOSITE DUE AUX HUILES COLLANTES

14. PEUVENT ETRE UTILISES DANS LES OPERATIONS DE PLIAGE

LES RISQUES CONCERNANT LES INCENDIES ET LA SANTE SONT REDUITS

AUCUN BESOIN DE SOLVANTS HAUTEMENT INFLAMMABLES ET DANGEREUX

PAS DE FUMEE IRRITANTE AU COURS DES OPERATIONS DE SOUDURE

PAS DE VAPORISATION D'HUILE

PAS DE RISQUE D'ECZEMA OU D'ALLERGIE

PROPRETE DE LA MACHINE ET DES OUTILS

LA MAINTENANCE DES OUTILS EST IMPORTANTE, MAIS CERTAINES PARTIES DE CE PROGRAMME DE MAINTENANCE S'ETENDENT EGALEMENT A LA MACHINE.

QUELQUES ELEMENTS IMPORTANTS A SE RAPPELER :

- ALIGNEMENT DE LA MACHINE. L'ALIGNEMENT DOIT ETRE VERIFIE REGULIEREMENT

ALIGNEMENT CORRECT = LONGUE DUREE DE VIE DE L'OUTIL.

- NETTOYAGE DE LA MACHINE

LES PORTE-MATRICES ET ADAPTATEURS DE MATRICES DOIVENT ETRE VERIFIES FREQUEMMENT POUR DECELER DES POUSSIERES DE MATERIAU ET DOIVENT ETRE NETTOYES.

- NETTOYAGE DES OUTILS DE FORMAGE

LES OUTILS DE FORMAGE DOIVENT ETRE REGULIEREMENT DEMONTES, NETTOYES ET LUBRIFIES. UN SOIN PARTICULIER DEVRA ETRE APPORTE A L’ELIMINATION DES POUSSIERES DE MATERIAU.

REMARQUE : POUR NETTOYER LA MACHINE OU LES OUTILS, UTILISER UN ASPIRATEUR PLUTOT QU'UN FLEXIBLE D'AIR. L'ASPIRATEUR ELIMINE LES POUSSIERES DE MATERIAU AU LIEU DE LES DEPLACER VERS UNE AUTRE ZONE POTENTIELLEMENT DANGEREUSE DE LA MACHINE.

LE TRONCONNAGE

PREVENTION ET SECURITE

LES TRONÇONNEUSES (PORTATIF)

- NE PAS DEMONTER LE CARTER DE SECURITE.
- VERIFIER LE BON MONTAGE DU DISQUE.
- PORTER DES LUNETTES DE PROTECTION.
- PORTER UN CASQUE ANTI-BRUIT.
- NE PAS UTILISER UN DISQUE SI :
  - IL EST TOMBE PAR TERRE.
  - IL A REÇU UN COUP QUELCONQUE.
  - IL EST FELE.
  - IL EST LE MOINDREMENT ENDOMMAGEE.
  - IL A UN DEFAUT QUELCONQUE.

LES TRONÇONNEUSES (MACHINE)

- S'ASSURER QUE L'OBJET A COUPER EST CORRECTEMENT FIXE DANS L'ETAU.
- NE JAMAIS SE TENIR DANS L'AXE D'UNE ROUE A MEULER LORS DU DEMARRAGE DE LA TRONÇONNEUSE.
- VERIFIER LE BON MONTAGE DU DISQUE.
- PORTER DES LUNETTES DE PROTECTION.
- PORTER UN CASQUE ANTI-BRUIT.
- NE PAS UTILISER UN DISQUE SI :
  - IL EST TOMBE PAR TERRE.
  - IL A REÇU UN COUP QUELCONQUE.
  - IL EST FELE.
  - IL EST LE MOINDREMENT ENDOMMAGEE.
  - IL A UN DEFAUT QUELCONQUE.

LE PLASMA A L'ETAT NATUREL

LE SYSTEME SOLAIRE

90% DE LA PLANETE EST COMPOSEE DE PLASMA

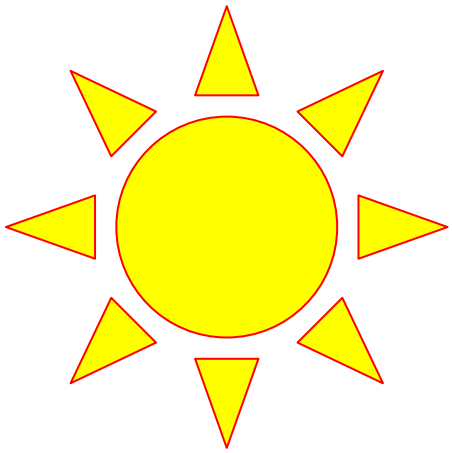
LES COMETES

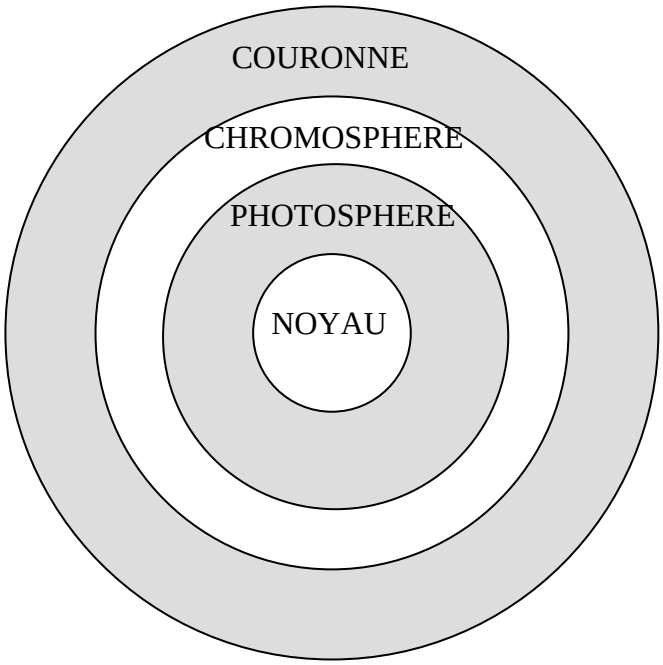
ELLES SONT FORMEES DE GAZ RAREFIES DANS LESQUELS CIRCULENT DES PARTICULES SOLIDES.

LEURS LUMINOSITE A POUR ORIGINE LA DIFFUSION DE LA LUMIERE SOLAIRE PAR LES MOLECULES GAZEUSES ET LES PARTICULES SOLIDES.
LA QUEUE DE LA COMETE COMPREND DES MOLECULES IONISEES OH + CO2 + CO + N2
ON NE TROUVE PAS DE MOLECULES NEUTRES.

LE SOLEIL

C'EST L'ENVELOPPE GAZEUSE (PLASMA) DU SOLEIL QUE NOUS VOYONS DE LA TERRE. LA PHOTOSPHERE, ESSENTIELLEMENT COMPOSEE D'ATOMES D'HYDROGENE ET D'HELIUM AVEC UNE TEMPERATURE DE 15 MILLIONS DE DEGRES AU CENTRE ET 6000° EN SURFACE.
CETTE ATMOSPHERE GAZEUSE DEVELOPPE UNE ENERGIE NUCLEAIRE QUI LIBERE, DES QUANTITES ENORMES D'ENERGIE. UN ACRRE DE 20 M² A UNE PUISSANCE EGALE A TOUTES LES CENTRALES ELECTRIQUES DES ETATS UNIS.





STRUCTURE DE L'ATMOSPHERE

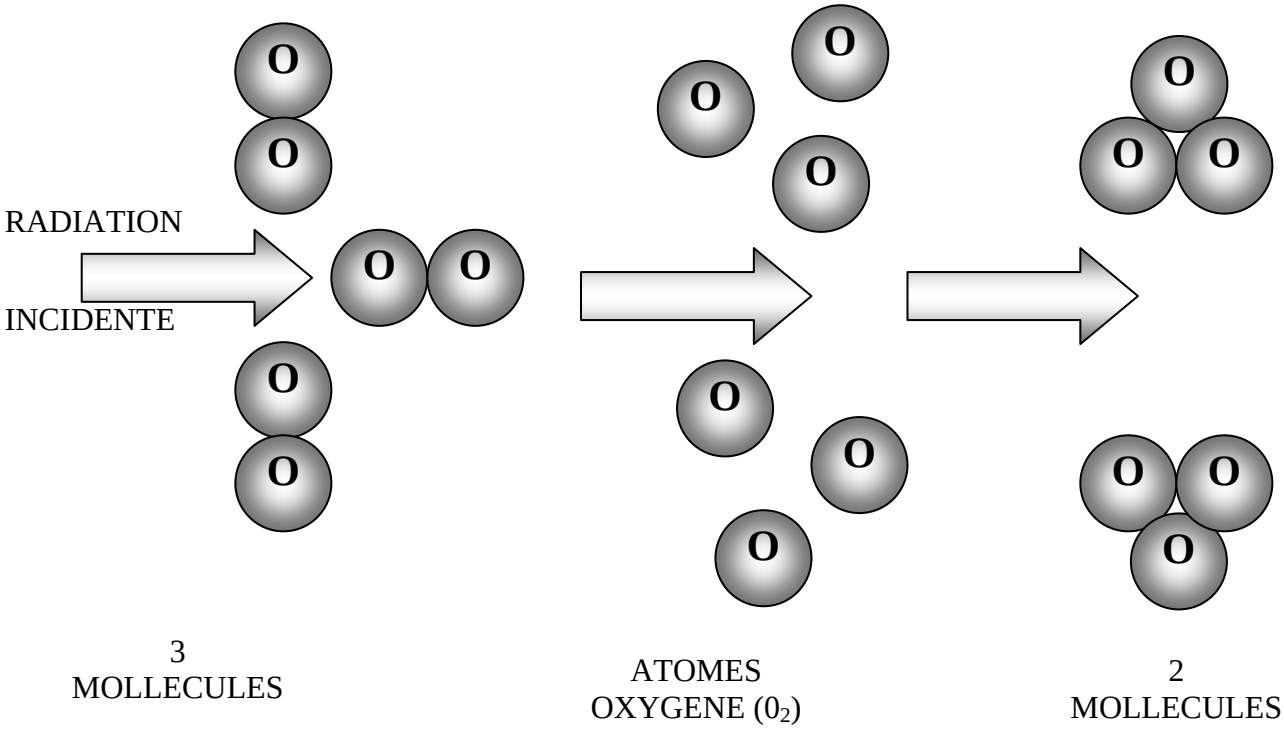
LE SOLEIL EST UNE SOURCE D'ENERGIE ET AUSSI A L'ORIGINE DES PHENOMENES QUI SE PRODUISENT DANS L'ATMOSPHERE.

IL DEVERSE SON ENERGIE SOUS DEUX FORMES :

- EN ENVOYANT VERS LA TERRE DES PARTICULES ELECTRISEES NEGATIVES (ELECTRON) ET POSITIVES (PROTON).
- EN RAYONNANT DES ONDES ELECTROMAGNETIQUES INFRAROUGE, LUMIERE VISIBLE, ULTRAVIOLET, RAYON X.

LA COUCHE GAZEUSE CHANGE DE COMPOSITION EN FONCTION DE LA TEMPERATURE ET LA PRESSION ATMOSPHERIQUE.

EXEMPLE : LA COUCHE D'OZONE SE SITUE A ENVIRON 25 KM DE LA TERRE ; TRANSFORMATION DE L'OXYGENE EN OZONE.



IONISATION

PERTE OU GAIN D'UN OU PLUSIEURS ELECTRONS D'UN ATOME, SOIT PAR CHOC AVEC D'AUTRES PARTICULES SOIT PAR INTERRACTION AVEC LE RAYONNEMENT, LES IONS ONT DES PROPRIETES PHYSIQUES DIFFERENTES DES PARTICULES NEUTRES.

- INTERACTION : INFLUENCE RECIPROQUE
- ELECTROSTATIQUE : PHENOMENE D'EQUILIBRE DE L'ELECTRICITE SUR LES CORPS ELECTRISES.

UN PLASMA EST UNE ATMOSPHERE GAZEUSE IONISEE, AU SEIN DE LAQUELLE REGNE UNE TEMPERATURE TRES ELEVEE. CETTE ATMOSPHERE CONSTITUE LA PARTIE ESSENTIELLE DE LA COLONNE D'ARCS ET ASSURE AINSI LE PASSAGE DU COURANT.

PRINCIPE

UN GAZ FORTEMENT CHAUFFÉ OU TRAVERSÉ PAR UNE DÉCHARGE ÉLECTRIQUE DANS UN TUBE LUMINESCENT PEUT ETRE APPELÉ « PLASMA ».

L'ETRANGLEMENT DE L'ARC ET DE L'ATMOSPHERE GAZEUSE PROTECTRICE DANS UN ORIFICE DE FAIBLE DIAMETRE PROVOQUE UNE FORTE CONCENTRATION D'ENERGIE. IL S'AGIT D'UN ARC PLASMA TRANSFERE QUI FOND LA MATRICE ET L'EXPULSE PAR PRESSION.

DÉCOUPAGE PAR PLASMA D'ARC

A) ARC LIBRE. IL S'ELARGIT AU FUR ET A MESURE QU'IL S'ELOIGNE DE LA BUSE.
B) ARC PLASMA. LA FORTE CONCENTRATION D'ENERGIE EST ATTRIBUEE AU PHENOMENE DE PINCEMENT ELECTROMAGNETIQUE.

PARAMÈTRES

GAZ

- ARGON, HÉLIUM, ARGON + HÉLIUM, AZOTE, AZOTE + HYDROGÈNE, AIR COMPRIMÉ.

TEMPÉRATURE

$10\,000 < \theta < (°C) < 10\,000$

VITESSE

$V_{PLASMA} \cong 3V_{OXYCOUPAGE'}$

MOYENS

*

GLOBALEMENT, L'INSTALLATION DE DECOUPAGE PAR PLASMA D'ARC REPOSE SUR LA MEME CONCEPTION QUE L'INSTALLATION D'OXYCOUPAGE. EN CE QUI CONCERNE LA TORCHE SE REPORTER A L'OUVRAGE.

DOMAINE D'APPLICATION

MATIERE

- ACIERS, ACIERS INOXYDABLES, ALLIAGES LEGERS.

FORME

CONTOUR QUELCONQUE SUR TOLE (LEGERE INCLINAISON DE LA SURFACE USINEE PAR RAPPORT A L'AXE DU JET DE COUPE : 5°) ; 5 <**E**<100. LA FIGURE INDIQUE LES REGLAGES RECOMMANDES.

TOLERANCES

± 0,5.

ÉTAT DE SURFACE

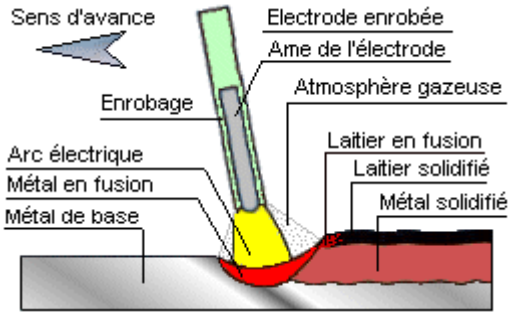
TRES BON.

ACIERS INOXYDABLES						
E (MM)	**∅ TUYÈRE (MM)**	**DISTANCE TUYERE/ TOLE (MM)**	**DEBIT - GAZ (L/MIN)**	**VITESSE (M/MIN)**	**LARGEUR HAUT**	**SAIGNEE BAS**
5	2	4 A 8	30	1,15	3	2
10	2	4 A 8	30	0,7	4	3
15	2	8 A 10	30	0,6	4	3
20	2	8 A 10	30	0,5	4,5	3,5
40	2,5	8 A 10	35	0,35	5,5	3
ALLIAGES LEGERS						
5	2	4 A 8	30	1,5	3,5	2,5
10	2	4 A 8	30	1,35	3,5	2,5
15	2	4 A 8	30	1,2	3,5	2,5
20	2,5	8 A 10	30	1,25	4	2,5
25	2,5	8 A 10	35	1	4,5	3,5
30	2,5	8 A 10	35	0,7	5	4
40	2,5	8 A 10	35	0,5	4,5	5,5

(DOC. S.A.F.). GRACE A LA CONCENTRATION D’ENERGIE, ON OBTIENT UN EXCELLENT ETAT DE SURFACE, UNE VITESSE DE COUPE RELATIVEMENT ELEVEE.

Le soudage à l'arc à l'électrode enrobée (SMAW)

DÉFINITION DU PROCEDE



LE SOUDAGE A L'ARC A L'ELECTRODE ENROBEE (SMAW) EST REALISE A PARTIR D'UN ARC ELECTRIQUE CREE ET ENTRETENU ENTRE L'AME METALLIQUE DE L'ELECTRODE ET LA PIECE A SOUDER. L'ENERGIE CALORIFIQUE DE L'ARC FAIT FONDRE LOCALEMENT LA PIECE A ASSEMBLER ET L'AME METALLIQUE DE L'ELECTRODE POUR CONSTITUER LE BAIN DE FUSION ET APRES REFROIDISSEMENT LE CORDON DE SOUDURE RECOUVERT D'UN LAITIER PROTECTEUR. UN GENERATEUR ELECTRIQUE FOURNIT LE COURANT CONTINU OU ALTERNATIF AVEC UNE INTENSITE VARIANT DE 300 A 400 AMPERES EN FONCTION DE DIFFERENTS PARAMETRES COMME LE DIAMETRE DE L'ELECTRODE, LA NATURE DE L'ENROBAGE, LA POSITION DE SOUDAGE, LE TYPE D'ASSEMBLAGE, LA DIMENSION ET LA NUANCE DES PIECES A ASSEMBLER. LA TENSION A VIDE DU GENERATEUR (UO) DOIT ETRE SUPERIEURE A LA TENSION D'AMORÇAGE (SURTOUT EN COURANT ALTERNATIF). SA VALEUR DOIT ETRE COMPRISE ENTRE 40 ET 80 VOLTS.

PRINCIPE DU PROCÉDÉ

L'ELECTRODE EST PLACEE ET SERREE SUR LA PINCE PORTE-ELECTRODE RELIE SUR L'UNE DES BORNES ELECTRIQUES DE SORTIE DU POSTE DE SOUDAGE. LA MASSE EST RELIEE AU GENERATEUR ET EST PLACEE SUR LA PIECE A SOUDER. L'AMORÇAGE DE L'ARC EST REALISE EN FROTTANT L'EXTREMITE GENERALEMENT GRAPHITEE DE L'ELECTRODE SUR LA PIECE ET EN ECARTANT DE QUELQUES MILLIMETRES LE BOUT DE L'ELECTRODE LORSQUE L'ARC JAILLIT. ENSUITE IL FAUT ENTRETENIR CET ARC ELECTRIQUE AFIN D'EVITER LA RUPTURE D'ARC EN VEILLANT A MAINTENIR UNE DISTANCE CONSTANTE LA PLUS FAIBLE POSSIBLE ENTRE LE BOUT DE L'ELECTRODE ET LA PIECE A SOUDER.

DEFINITION DE L'ELECTRODE ENROBEE

L'ELECTRODE EST CONSTITUEE DE DEUX PARTIES DISTINCTES :

- L'AME : PARTIE METALLIQUE CYLINDRIQUE PLACEE AU CENTRE DE L'ELECTRODE. SON ROLE PRINCIPAL EST DE CONDUIRE LE COURANT ELECTRIQUE ET D'APPORTER LE METAL DEPOSE DE LA SOUDURE.

- L'ENROBAGE : PARTIE EXTERIEURE CYLINDRIQUE DE L'ELECTRODE. IL PARTICIPE A LA PROTECTION DU BAIN DE FUSION DE L'OXYDATION PAR L'AIR AMBIANT EN GENERANT UNE ATMOSPHERE GAZEUSE ENTOURANT LE METAL EN FUSION. L'EMROBAGE DEPOSE, LORS DE SA FUSION, UN LAITIER PROTECTEUR SUR LE DESSUS DU CORDON DE SOUDURE. CE LAITIER PROTEGE LE BAIN DE FUSION DE L'OXYDATION ET D'UN REFROIDISSEMENT TROP RAPIDE. L'ENROBAGE A UN ROLE ELECTRIQUE, ASSURE LA STABILITE ET LA CONTINUITE DE L'ARC PAR SON ACTION IONISANTE. L'ENROBAGE A UN ROLE METALLURGIQUE , IL PERMET D'APPORTER LES ELEMENTS CJHIMIQUES SPECIAUX D'ADDITION NECESSAIRES. SA COMPOSITION CHIMIQUE ET PHYSIQUE EST TRES COMPLEXE.

LE DIAMETRE DE L'ELECTRODE ENROBEE DE ∅ 1.6 A ∅ 8 MM. LA LONGUEUR TOTALE EST COMPRISE ENTRE 250 ET 500 MM. CERTAINES ELECTRODES PEUVENT ATTEINDRENT 1 METRE POUR DES APPLICATIONS SPECIFIQUES (SOUDAGE AUTOMATIQUE).

CLASSIFICATION DES ENROBAGES DES ELECTRODES ENROBÉES

ACIDE OU A (A LA BASE D'OXYDE DE FER ET DE FERRO-ENROBEES :

- BASIQUE OU B (A LA BASE DE CARBONATE DE CALCIUM ET DE FLUOR DE CALCIUM
- CELLULOSIQUE OU C (A LA BASE DE CELLULOSE)
- OXYDANT OU O (A LA BASE D'OXYDE DE FER ET DE FERRO-ALLIAGES)
- RUTILE OU R (A BASE D'OXYDE DE TITANE)
- HAUT RENDEMENT OU RR (A BASE DE POUDRE METALLIQUE)
- SPECIAL OU S

LES ELECTRODES ENROBEES UTILISEES SONT COURAMMENT :

- RUTILES POUR LES TRAVAUX COURANTS.
- BASIQUES POUR TOUS LES TRAVAUX DE SECURITE (APPAREILS A PRESSION)
- CELLULOSIQUES POUR LES SOUDURES A FORTE PENETRATION EN POSITION DESCENDANTE

PARAMETRES DE SOUDAGE PAR DIAMETRE DES ELECTRODE ENROBEES

- LORSQUE L'INTENSITE EST TROP FAIBLE, IL Y A COLLAGE DE L'ELECTRODE ENROBEE SUR LA PIECE A SOUDER, LA FUSION EST MOLLE ET LA PENETRATION EST FAIBLE, L'AMORÇAGE EST DIFFICILE, UNE INSTABILITE DE L'ARC ET UNE MAUVAISE COMPACITE DU METAL DEPOSE (PRESENCE DE DEFAUT TYPE SOUFFLURE ET INCLUSION DE LAITIER)

- LORSQUE L'INTENSITE EST TROP FORTE, VOUS CONSTATEZ DES PROJECTIONS IMPORTANTES AU ABORD DU JOINT, DES ECOULEMENTS DE METAL LORS DU SOUDAGE EN POSITION.

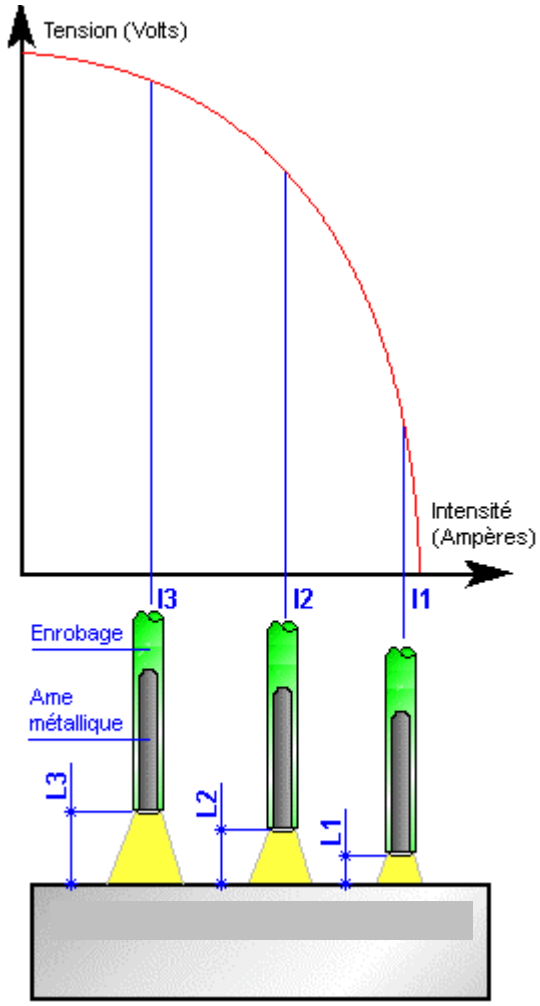
INTENSITE MOYENNE DE SOUDAGE POUR LA POSITION A PLAT				
∅ ELECTRODE	**ENROBAGE MINCE**	**ENROBAGE SEMI-EPAIS**	**ENROBAGE EPAIS**	**ENROBAGE R% 110 / 130**
∅ 1,6 MM	25 A	30 A	35 A	
∅ 2,0 MM	40 A	50 A	55 A	
∅ 2,5 MM	60 A	70 A	75 A	80 A
∅ 3,2 MM	90 A	100 A	110 A	115 A
∅ 4,0 MM	130 A	150 A	160 A	170 A
∅ 5,0 MM	170 A	190 A	200 A	220 A

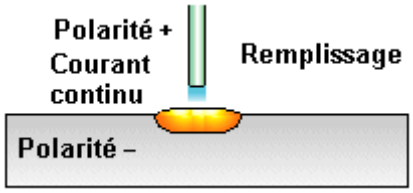
LE REGLAGE DE L'INTENSITE APPLIQUEE A L'ELECTRODE DEPEND :

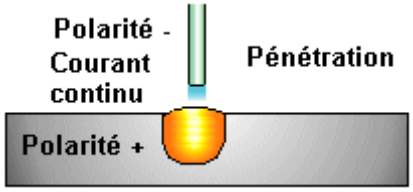
- DU DIAMETRE DE L'ELECTRODE (VOIR TABLEAU CI-DESSUS)
- DE LA NATURE DE L'AME DE L'ELECTRODE
- DE LA NUANCE DES PIECES A ASSEMBLER
- DE LA POSITION DE SOUDAGE
- DE TYPE D'ASSEMBLAGE RENCONTRE
- DE L'EPAISSEUR DES PIECES A SOUDER

INTENSITE MOYENNE DE SOUDAGE POUR LA POSITION A PLAT						
EPAISSEUR	∅ 1,6 MM	∅ 2,0 MM	∅ 2,5 MM	∅ 3,2 MM	∅ 4,0 MM	∅ 5,0 MM
3 MM		60 A	70 A	90 A		
4 MM			80 A	100 A	120 A	
5 MM			90 A	110 A	130 A	160 A
6 MM			90 A	120 A	140 A	160 A
8 MM			90 A	125 A	150 A	170 A
10 MM				130 A	160 A	190 A
12 MM				130 A	170 A	190 A
15 MM				130 A	170 A	200 A
20 MM					190 A	220 A

LA COURBE DE CARACTERISTIQUE PLONGEANTE DE L'INTENSITE ET DE LA TENSION







LES GENERATEURS DE SOUDAGE A L'ARC A L'ELECTRODE ENROBEE SONT A CARACTERISTIQUES PLONGEANTES, C'EST A DIRE QUE LORSQUE LA HAUTEUR DE L'ARC ELECTRONIQUE EST MODIFIEE (PAR LE MOUVEMENT DE L'ELECTRODE PAR LE SOUDEUR), L'INTENSITE DU COURANT EST MODIFIEE TRES FAIBLEMENT.

LA POLARITE DE L'ÉLECTRODE ENROBÉE

LES PASSES DE PENETRATION (NON REPRISES A L'ENVERS) REALISEES A L'ELECTRODE ENROBEE AVEC UN GENERATEUR A COURANT SONT GENERALEMENT EFFECTUEES AVEC LA POLARITE NEGATIVE A L'ELECTRODE.

- LA FICHE DU CABLE DE LA PINCE PORTE-ELECTRODE EST RACCORDEE A LA BORNE(-)
- LA FICHE DU CABLE DE LA PINCE DE MASSE EST RACCORDEE A LA BORNE(+)

LES PASSES DE REMPLISSAGE ET DE FINITION REALISEE A L'ELECTRODE ENROBEE AVEC UN GENERATEUR A COURANT CONTINU SONT GENERALEMENT EFFECTUEES AVEC LA POLARITE POSITIVE A L'ELECTRODE.

- LA FICHE DU CABLE DE LA PINCE PORTE-ELECTRODE EST RACCORDEE A LA BORNE(+)

- LA FICHE DU CABLE DE LA PINCE DE MASSE EST RACCORDEE A LA BORNE(-)

LES DIFFÉRENTS TYPES DE GÉNÉRATEURS DE SOUDAGE

LES DIFFERENTS TYPES DE POSTES DE SOUDAGE OU GENERATEURS SONT :

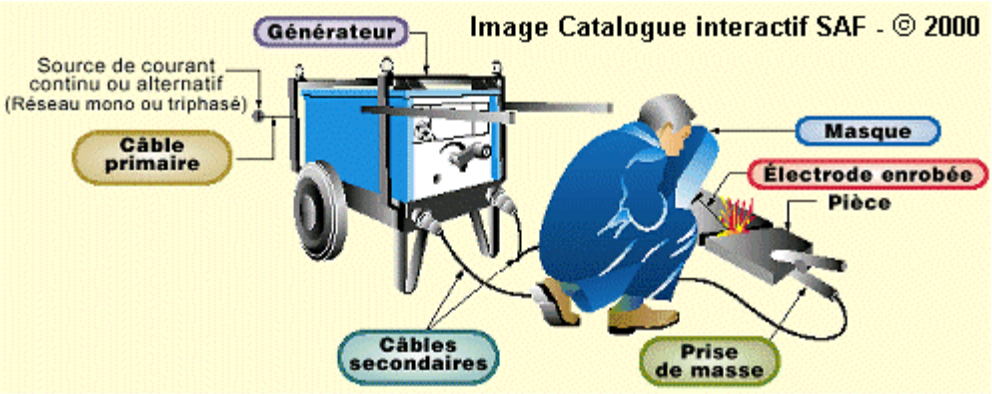
- LES TRANSFORMATEURS STATISTIQUES MONOPHASES QUI FOURNISSENT DU COURANT ALTERNATIF A 50 HERTZ. CESPOSTES SONT LES PLUS ECONOMIQUES DU MARCHE ET LES PLUS SIMPLES.

- LES TRANSFORMATEURS STATIQUES MONOPHASES OU TRIPHASES A REDRESSEUR (PONT DE DIODES, THYRISTORS OU TRANSISTORS) QUI FOURNISSENT DU COURANT CONTINU. LES BORNES ELECTRIQUES DE SORTIE SONT REPEREES PAR LES SIGNES CONVENTIONNELS (+) ET (-).

- LES GROUPES ROTATIFS A CHANGEUR DE FREQUENCE. ILS SE COMPOSENT D'UN MOTEUR ENTRAINANT UNE GENERATRICE A COURANT ALTERNATIF DE 150 A 450 HERTZ.

- LES TRANSFORMATEURS ROTATIFS A REDRESSEUR QUI FOURNISSENT UN COURANT CONTINU REDRESSE.

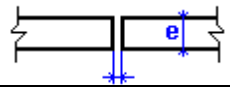
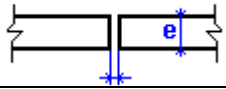
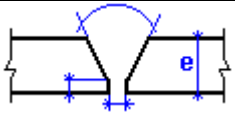
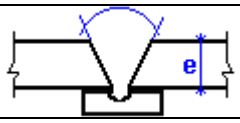
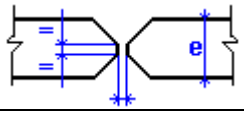
LE CROQUIS DIDACTIQUE DU PROCÉDE DE SOUDAGE



INSTALLATION DE SOUDAGE POUR LE SOUDAGE À L'ARC À L'ÉLECTRODE ENROBÉE

1. UN GENERATEUR DE COURANT (POSTE DE SOUDAGE)
2. UNE PINCE PORTE-ELECTRODE AVEC CABLE CONDUCTEUR
3. UNE PINCE DE MASSE AVEC CABLE CONDUCTEUR
4. UNE ETUVE PORTATIVE POUR LES ELECTRODES BASIQUES
5. UN MASQUE AVEC VERRES TEINTES SPECIAUX DE 11 A 13
6. UNE COMBINAISON DE SOUDEUR ET GANTS EN COUIR SOUPLE
7. UN MARTEAU A PIQUER ET UNE BROSSE METALLIQUE
8. UNE MEULEUSE D'ANGLE ELECTRIQUE
9. DES ECRANS OU RIDEAUX DE PROTECTION
10. UNE VENTILATION DANS LES ENDROITS CONFINES

QUELQUES PRÉPARATIONS DE JOINTS

EPAISSEUR EN MM	FOURCHETTE D'INTENSITE	∅ ELECTRODE	PREPARATION
DE 1,0 A 2,5 MM	30 A 60 AMPERES	∅ 1,6 MM	
DE 2,0 A 4,0 MM	50 A 90 AMPERES	∅ 2,0 A 3,2 MM	
DE 4,0 A 20 MM	60 A 200 AMPERES	∅ 2,5 MM A 5,0 MM	
DE 1,5 A 2,0 MM	70 A 200 AMPERES	∅ 2,5 A 5,0 MM	
DE 2,0 A 3,0 MM	80 A 200 AMPERES	∅ 3,2 A 5,0 MM	

LES DÉFAUTS RENCONTRÉS LORS DU SOUDAGE À L'ARC AVEC ÉLECTRODE ENROBÉE

TABLEAU DES DEFAUTS RENCONTRES

DEFAUTS RENCONTRES	ORIGINES PROBABLES	SOLUTION A ADOPTER
MORSURES ET CANIVEAUX LE LONG DU CORDON DE SOUDURE	MAUVAIS BALANCEMENT DE L'ELECTRODE INTENSITE DE SOUDAGE TROP ELEVEE. VITESSE DE SOUDAGE TROP RAPIDE. TOLES INSUFFISAMMENT BLANCHIES	INSISTER SUR LES BORDS DU CHANFREIN LORS DU SOUDAGE. VERIFIER LES PARAMETRES DE SOUDAGE. NETTOYER CORRECTEMENT LES RIVES.
CORDON TROP BOMBE OU CORDON TROP CREUX	VITESSE DE SOUDAGE INADAPTEE ET INTENSITE MAL REGLEE.	VERIFIER VOS VALEURS DE SOUDAGE ET FAITES VARIER LES DEUX PARAMETRES LORS DU SOUDAGE.
MANQUE DE PENETRATION	DIAMETRE DE L'ELECTRODE TROP GROSSE EN PREMIERE PASSE. PREPARATION DES CHANFREINS INADAPTEE. JEU D'ECARTEMENT ENTRE LES DEUX PIECES TROP FAIBLE OU NON CONSTANT.	ENTRAINEMENT DU SOUDEUR INSUFFISANT.
SOUFFLURES DANS LA SOUDURE	CAUSES MULTIPLES : PIECES HUMIDES OU SALES. ELECTRODES NON ETUDEES DONC HUMIDES. ARC TROP LONG LORS DU SOUDAGE. INTENSITE TROP FAIBLE.	ÉTUVER LES ELECTRODES BASIQUES DANS UN FOUR A 300°C PENDANT AU MOINS 1 HEURE. ÉTUVER LES ELECTRODES RUTILES DANS UN FOUR A 100°C PENDANT AU MOINS 1 HEURE. REDUIRE LA DISTANCE ELECTRODE/PIECE LORS DU SOUDAGE
PROJECTIONS SUR LES BORDS DES PIECES.	INTENSITE TROP FORTE. MAUVAIS RACCORDEMENT DE LA MASSE. ELECTRODES NON ETUVEES.	ADAPTER L'INTENSITE DU COURANT AU DIAMETRE DE L'ELECTRODE. ETUVER LES ELECTRODES BASIQUES DANS UN FOUR A 300°C PENDANT AU MOINS 1 HEURE. ETUVER LES ELECTRODES RUTILES DANS UN

		FOUR A 100°C PENDANT AU MOINS 1 HEURE.
ROUGISSEMENT IMPORTANT DE L'ELECTRODE	INTENSITE TROP ELEVEE. ARC TROP LONG LORS DU SOUDAGE.	ADAPTER L'INTENSITE DU COURANT AU DIAMETRE DE L'ELECTRODE. REDUIRE LA DISTANCE ELECTRODE/PIECE LORS DU SOUDAGE.

POIDS METAL DEPOSE X 100
POIDS METAL FONDU

TOUT TYPE D'ELECTRODE DE CE GENRE PRESENTE UN ENSEMBLE DE CARACTERISTIQUES ORIGINALES TRES INTERESSANTES :

- SON ENROBAGE, TOUJOURS EPAIS A TRES EPAIS, EST PAR AILLEURS, PLUS "CONDUCTEUR" QU'UN ENROBAGE ORDINAIRE. LES INTENSITES ADMISES SONT DONC PLUS ELEVEES ET IL S'ENSUIT UN TAUX DE DEPOT PLUS ELEVE DONC UNE PLUS GRANDE VITESSE DE SOUDAGE.

- SON AMORÇAGE EST PLUS FACILE, PLUS "FRANC".

- LA PENETRATION EST OBTENUE PLUS FACILEMENT, NOTAMMENT EN SOUDAGE D'ANGLE, QUAND LE DIAMETRE UTILISE EST NORMAL. TOUTEFOIS, DANS CE CAS, TOUTES PRECAUTIONS DOIVENT ETRE PRISES POUR QUE L'ACCESSIBILITE DES ELECTRODES EN FOND DE CHANFREIN SOIT OBTENUE.

- IL EST POSSIBLE OU RECOMMANDE SUIVANT LES CAS, DE L'UTILISER EN SOUDAGE "AUTOMATIQUE MANUEL", DANS D'EXCELLENTES CONDITIONS, NOTAMMENT EN ANGLE INTERIEUR.

- CETTE METHODE EST PARFOIS DESIGNEE PAR "SOUDAGE PAR CONTACT", A TORT CAR, EN FAIT, L'ENROBAGE EST SEUL EN "CONTACT" AVEC LA PIECE.

- L'ARC EST DONC RELATIVEMENT LONG ET LA TENSION EN CHARGE PLUS ELEVEE : ELLE PEUT ATTEINDRE 35 A 50 VOLTS. PAR CONSEQUENT, LES POSTES ETANT GRADUES EN INTENSITES CONVENTIONNELLES, L'INDICATION D'INTENSITE DU POSTE N'EST PLUS VALABLE. ELLE EST PLUS FAIBLE QUE L'INTENSITE REELLEMENT UTILISEE.

IL EST DONC RECOMMANDE : DE CONTROLER L'INTENSITE, EVENTUELLEMENT, DANS CHAQUE CAS PARTICULIER, DE PREVOIR L'UTILISATION DE POSTES LARGEMENT DIMENSIONNES.

- LES CORDONS OBTENUS AVEC DES ELECTRODES BASIQUES A HAUT RENDEMENT SONT TRES REGULIERS, PLATS A CONCAVES, DONC DE TRES BEL ASPECT.

RÔLE DE L’ENROBAGE

ROLE ELECTRIQUE

GRACE A L’ACTION IONISANTE DES SILICATES, LE PASSAGE DU COURANT ALTERNATIF EST CONSIDERABLEMENT FACILITE ENTRE L’EXTREMITE DE L’ELECTRODE ET LA PIECE A SOUDER : LA COLONNE D’AIR EST "CRAQUEE" LORS DE **L’AMORÇAGE** SOUS LA DIFFERENCE DU POTENTIEL (TENSION A VIDE DU POSTE UO). UN FIL NU NE S’AMORCE PAS EN COURANT ALTERNATIF. CET AMORÇAGE CONSTITUE LE PREMIER STADE DE L’OPERATION DE SOUDAGE. EN EFFET, CHAQUE TYPE D’ELECTRODE POSSEDE "UN POTENTIEL D’IONISATION" QUI LUI EST PROPRE (TENSION D’AMORÇAGE : UA) : IL FAUT QUE UO ≥ UA POUR QUE LA CONTINUITE DE FUSION SOIT ASSUREE AFIN D’OBTENIR LA **STABILISATION** DE L’ARC.

L’ENROBAGE PERMET DONC :

- L’UTILISATION DE TENSIONS A VIDES FAIBLES EN COURANT ALTERNATIF (40 A 80 V.) : ABAISSEMENT DU PRIX DU POSTE, DE LA CONSOMMATION PRIMAIRE ET AUGMENTATION DE LA SECURITE HUMAINE.

- LA **CONTINUITE** DONC LA **STABILITE** DE L’ARC.

LE PROCESSUS EST LE MEME EN COURANT CONTINU MAIS LES "TENSIONS A VIDE" PEUVENT ETRE SEULEMENT DE 40 A 50 VOLTS.

"TENSION D'AMORÇAGE ET "TENSION A VIDE" NORMALES NE SONT PAS SUFFISANTES. IL FAUT UNE CERTAINE INTENSITE DE SOUDAGE (IS) PERMETTANT D'APPORTER SUFFISAMMENT DE CHALEUR POUR "FONDRE L'ELECTRODE" ; LE SOIN APPORTE A SON REGLAGE SUR LE POSTE EST DONC PRIMORDIAL.

ROLE METALLURGIQUE

L’ENROBAGE EN FONDANT CREE UN "CRATERE" ET UNE ATMOSPHERE GAZEUSE PROTEGEANT LA FUSION DE L’AME CONTRE L’OXYGENE ET L’AZOTE DE L’AIR. IL DEPOSE UN «LAITIER» PLUS LEGER QUE LE METAL FONDU SUR LEQUEL IL SURNAGE ET QU’IL PROTEGE, NON SEULEMENT CONTRE L’OXYDATION ET LA NITRURATION, MAIS EGALEMENT CONTRE UN REFROIDISSEMENT TROP RAPIDE, LE LAITIER CONSTITUANT UN ISOLANT THERMIQUE. CETTE ACTION A NOTAMMENT UN DOUBLE EFFET :

- PERMETTRE AUX GAZ EMPRISONNES AU SEIN DU METAL DEPOSE DE SE LIBERER SANS CREER DE SOUFFLURES.

- EVITER AU METAL DEPOSE UN RISQUE DE DURCISSEMENT PAR TREMPE, CONSECUTIF A UNE FORTE VITESSE DE REFROIDISSEMENT.

LE "LAITIER" PROVENANT DE LA FUSION DE L’ENROBAGE JOUE DONC UN ROLE DE PROTECTION IMPORTANT : IL NE DOIT DONC ETRE ELIMINE QU’APRES REFROIDISSEMENT COMPLET.

- PROTECTION CONTRE L'OXYGENE

- PROTECTION CONTRE L’AZOTE
- APPORT DE COMPENSATION EN ELEMENTS MN - CR, ETC
- PROTECTION PAR FORMATION D’UN LAITIER
- PROTECTION PAR ATMOSPHERE GAZEUSE

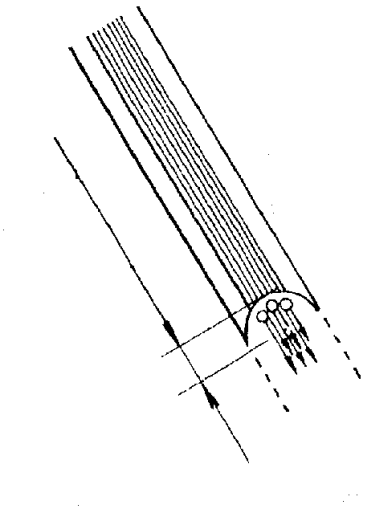
LES PRODUITS ACTIFS DE L’ENROBAGE (FERRO-MANGANESE, FERRO-SILLICIUM, ETC....) COMPENSENT LES PERTES INEVITABLES SUBIES PAR L’AME AU COURS DE LA FUSION, NON SEULEMENT PAR "OXYDATION" MAIS EGALEMENT PAR "VOLATILISATION". DANS CERTAINS CAS, ILS PERMETTENT D’INTRODUIRE VOLONTAIREMENT DES ELEMENTS SPECIAUX (CHROME, NICKEL, MANGANESE, MOLYBDENE, ETC...) DANS LE METAL DEPOSE EN LUI CONFERANT AINSI DE HAUTES PROPRIETES, SOIT MECANIQUE, SOIT DE RESISTANCE A LA CORROSION, ETC... C’EST AINSI QU’IL EST POSSIBLE DE DEPOSER UN ACIER A 13 % DE MANGANESE OU UN ACIER A 20 % DE CHROME, 10 % DE NICKEL ET 3 % DE MOLYBDENE EN PARTANT D’UNE AME EN ACIER MARTIN DOUX. L’OPERATION EST IDENTIQUE A CELLE D’UN FOUR D’ACIERIE MAIS L’ACIER SPECIAL OBTENU EST "PLUS FIN".

ROLE MECANIQUE ET OPERATOIRE

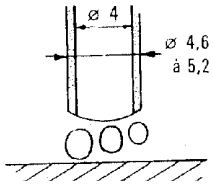
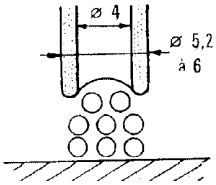
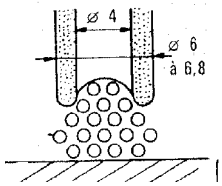
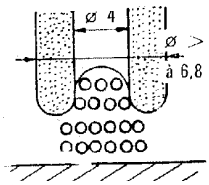
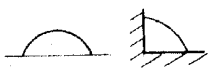
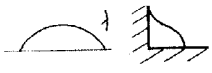
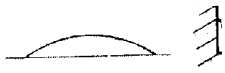
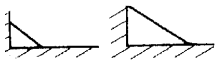
TOUTE ELECTRODE DE QUALITE PRESENTE EN COURS DE FUSION, A SON EXTREMITE, UNE "DEPRESSION" : C’EST LE "CRATERE". LA PROFONDEUR DE CE CRATERE A UNE INFLUENCE DIRECTE SUR LA FACILITE D’EMPLOI DE L’ELECTRODE EN POSITION AINSI QUE LA GROSSEUR DES GOUTTES ET LA VISCOSITE DU LAITIER.

L’ELECTRODE ETANT BIEN ETUDIEE, LE CRATERE EST D’AUTANT PLUS PROFOND ET LES GOUTTES PLUS FINES QUE L’ENROBAGE EST PLUS EPAIS. L’INTENSITE NECESSAIRE CROIT AVEC LE DIAMETRE D’ENROBAGE, LA FORME DES CHENILLES (A PLAT) ET DES CORDONS (EN ANGLE) TEND ALORS A ETRE PLATE OU MEME CONCAVE.

PROFONDEUR ⟶ GUIDE LES



ROLE MECANIQUE
SOUPLESSE DE FONCTIONNEMENT
AUTOMATISME
MANUEL POSSIBLE
LE CRATERE CONSTITUE UN ISOLANT ELECTRIQUE
SOUTIEN DU METAL

ENROBAGE	*PELLICULAIRE OU MINCE*	*SEMI-EPAIS*	*EPAIS*	*TRES EPAIS*
DIAMETRE D'ENROBAGE ET PROFONDEUR DE CRATERE	 PAS DE CRATERE	 CRATERE MOYEN	 CRATERE PROFOND	 CRATERE TRES
FORME DES CHENILLES ET CORDONS	 GENERALEMENT BOMBE	 ½ BOMBE	 ½ BOMBE A PLAT	 TRES PLAT
IS MOYEN	IS = 130 A	IS = 150 A	IS = 170 A	IS = 200 A

CONSERVATION ET ETUVAGE DES ELECTRODES

LES ELECTRODES ENROBEES NECESSITENT CERTAINS EGARDS TANT POUR LEUR MANIPULATION QUE POUR LE STOCKAGE SOUS PEINE DE METTRE EN CAUSE LA QUALITE DU JOINT.

IL EST RECOMMANDE DE PRENDRE LES PRECAUTIONS NECESSAIRES CAR L'ENROBAGE DES ELECTRODES RISQUE D'ETRE ENDOMMAGE.

- SOIT PAR DETERIORATION MECANIQUE
- SOIT PAR ABSORPTION D'HUMIDITE

DETERIORATION MECANIQUE

LES ENROBAGES SONT D'UNE ROBUSTESSE TELLE, QU'ILS PEUVENT SUPPORTER DES MANIPULATIONS NORMALES. SEULS DES CHOCS PARTICULIEREMENT VIOLENTS PEUVENT LES ENDOMMAGER. DANS CES CAS, LES DEGATS SONT SUFFISAMMENT EVIDENTS (ENROBAGE FISSURE OU ECAILLE) POUR PRENDRE LE RISQUE D'UTILISER DE TELLES ELECTRODES.

ABSORPTION D'HUMIDITE

LES ENROBAGES PRESENTENT, A LEUR SORTIE D'USINE, UNE CERTAINE TENEUR EN EAU. CETTE DERNIERE SOIGNEUSEMENT DOSEE ET CONTROLEE, EST PARTIE INTEGRANTE DES CARACTERISTIQUES DE FABRICATION ET VARIABLE SELON LE TYPE D'ENROBAGE.

LES ELECTRODES RUTILE OU CELLULOSIQUE SONT TRES PEU SENSIBLES AU PROBLEME D'HUMIDITE. PAR CONTRE, LES ELECTRODES BASIQUES :

- D'UNE PART DOIVENT ETRE UTILISEES TRES SECHES

- D’AUTRE PART SONT TRES HYGROSCOPIQUES, C’EST-A-DIRE QU’ELLES ABSORBENT TRES FACILEMENT DE L’HUMIDITE.

IL FAUT DONC VEILLER TOUT PARTICULIEREMENT AUX CONDITIONS DE STOCKAGE ET D’EMPLOI. LES ELECTRODES AVEC ENROBAGE SENSIBLE AUX REPRISES D’HUMIDITE DOIVENT ETRE ENTREPOSEES DANS DES LOCAUX OU LA TEMPERATURE EST SUPERIEURE OU EGALE A 10° ET AVEC UNE HUMIDITE RELATIVE INFERIEURE A 50 %.

TOUTEFOIS, CERTAINS ASSEMBLAGES DOIVENT PRESENTER DE HAUTES CARACTERISTIQUES, IL EST IMPERATIF D’UTILISER DES ELECTRODES TRES SECHES :

- SOIT ETRE UTILISEES DANS LES HEURES SUIVANT L’OUVERTURE DES ETUIS
- SOIT ETRE ETUVEES.

POUR LES ELECTRODES BASIQUES, UN ETUVAGE NORMAL SE FAIT A 300/350 ° PENDANT 1 H 30 OU 200° PENDANT 8 HEURES MINIMUM.

Attention : UN ETUVAGE A 300/350° NE DOIT PAS ETRE PROLONGE AU-DELA DE 1 H 30 OU ETRE RENOUVELE CAR IL Y A RISQUE DE DETERIORATION DE L’ENROBAGE.

APRES ETUVAGE, LES ELECTRODES PEUVENT ETRE STOCKEES PRES DU SOUDEUR DANS DES "CARQUOIS" CHAUFFANTS A UNE TEMPERATURE DE 80/100° POUR EVITER TOUTE REPRISE D’HUMIDITE.

POUR LES CONDITIONS EXACTES D’ETUVAGE, IL EST SOUHAITABLE DE CONSULTER LE FOURNISSEUR D’ELECTRODES.

CLASSIFICATION NORMALISEE DES ELECTRODES

LES ELECTRODES SONT DEFINIES PAR DES NORMES EN FONCTION DU METAL DEPOSE.

EN 499 - INDICE DE CLASSEMENT NF A 81 - 309
ELECTRODES METALLIQUES ENROBEES POUR LE SOUDAGE MANUEL ELECTRIQUE A L'ARC DES ACIERS NON ALLIES OU FAIBLEMENT ALLIES.
PRODUITS D'APPORT

NF A 81 - 340
ELECTRODES METALLIQUES ENROBEES POUR LE SOUDAGE MANUEL ELECTRIQUE A L'ARC DEPASSANT UN METAL A HAUTE LIMITE D'ELASTICITE.
SYMBOLISATION - PRODUITS D'APPORT.

NF A 81 - 343
ELECTRODES METALLIQUES ENROBEES POUR LE SOUDAGE MANUEL ELECTRIQUE A L'ARC DEPOSANT UN METAL INOXYDABLE ET REFRACTAIRE.
SYMBOLISATION - PRODUITS D'APPORT.

NF A 81 - 345

ELECTRODES METALLIQUES ENROBEES POUR LE SOUDAGE MANUEL ELECTRIQUE A L'ARC DEPOSANT UN METAL RESISTANT A CHAUD.
SYMBOLISATION - PRODUITS D'APPORT.

NF A 81 - 347

ELECTRODES METALLIQUES ENROBEES POUR LE SOUDAGE MANUEL ELECTRIQUE A L'ARC DEPOSANT UN METAL POUR UTILISATION A BASSE TEMPERATURE
SYMBOLISATION - PRODUITS D'APPORT.

NOUS ALLONS SEULEMENT ETUDIER LA NORME EN 499 ET EXPLICITER LES INDICATIONS PORTEES SUR LES PAQUETS D'ELECTRODES.

LA CLASSIFICATION REPOSE SUR LES PROPRIETES DU METAL FONDU OBTENU PAR UNE ELECTRODE ENROBEE COMME INDIQUE CI-DESSOUS :

LA CLASSIFICATION EST BASEE SUR UNE ELECTRODE DE 4 MM A L'EXCEPTION DU SYMBOLE DE LA POSITION DE SOUDAGE QUI EST BASEE SUR DES ELECTRODES DONT LE DIAMETRE EST DEFINI PAR LA NORME EN 1597 - 3.

LA CLASSIFICATION EST DIVISEE EN HUIT PARTIES

- 1ERE PARTIE : SYMBOLE DU PRODUIT ET/OU PROCEDE A IDENTIFIER
- 2EME PARTIE : SYMBOLE DE LA RESISTANCE ET DE L'ALLONGEMENT DU METAL FONDU
- 3EME PARTIE : SYMBOLE DE LA RESISTANCE A LA FLEXION PAR CHOC DU METAL FONDU
- 4EME PARTIE : SYMBOLE DE LA COMPOSITION CHIMIQUE DU METAL FONDU
- 5EME PARTIE : SYMBOLE DU TYPE D'ENROBAGE DE L'ELECTRODE
- 6EME PARTIE : SYMBOLE DU RENDEMENT ET DU TYPE DE COURANT
- 7EME PARTIE : SYMBOLE DE LA POSITION DE SOUDAGE
- 8EME PARTIE : SYMBOLE DE LA TENEUR EN HYDROGENE DU METAL FONDU

1ERE PARTIE :
LETTRE E PLACEE EN TETE DE LA DESIGNATION COMPLETE.

2EME PARTIE :
SYMBOLE DE LA LIMITE ELASTIQUE, DE LA RESISTANCE A LA TRACTION ET DE L'ALLONGEMENT.

SYMBOLE	***E*** ***N/MM²***	***R*** ***N/MM²***	***A*** ***%***
35	355	440 - 570	22
38	380	470 - 600	20
42	420	500 - 640	20
46	460	530 - 680	20
50	500	560 - 720	18

3EME PARTIE : SYMBOLE DE LA RESISTANCE A LA FLEXION PAR CHOC

SYMBOLE	***TEMPERATURE MOYENNE CORRESPONDANT A UNE ENERGIE DE RUPTURE EN FLEXION PAR CHOC MOYENNE MAXIMALE DE 47 J***
Z	AUCUNE EXIGENCE
A	+ 20°
0	0°
2	- 20°
3	- 30°
4	- 40°
5	- 50°
6	-60°

4EME PARTIE :
SYMBOLE DE LA COMPOSITION CHIMIQUE DU METAL FONDU

SYMBOLE	***COMPOSITION CHIMIQUE***		
	MN	***MO***	***NI***
AUCUN SYMBOLE	2.0	/	/
MO	1.4	0,3 - 0,6	/
MN MO	1.4 - 2.0	0,3 - 0,6	/
1 NI	1.4	/	0,6 - 1,2
2 NI	1.4	/	1,8 - 2,6
3 NI	1.4	/	2,6 - 3,8
MN 1 NI	1.4 - 2.0		0,6 - 1,2
1 NI MO	1,4	0,3 - 0,6	0,6 - 1,2
Z	TOUTE AUTRE COMPOSITION CONVENUE		

5EME PARTIE :
SYMBOLE DU TYPE D'ENROBAGE

SYMBOLE	***DESIGNATION***
A	ENROBAGE ACIDE
C	ENROBAGE CELLULOSIQUE
R	ENROBAGE AU RUTILE
RR	ENROBAGE EPAIS OU RUTILE
RC	ENROBAGE CELLULOSIQUE OU RUTILE
RA	ACIDE AU RUTILE
RB	BASIQUE OU RUTILE
B	BASIQUE

6EME PARTIE :
SYMBOLE DU RENDEMENT ET DU TYPE DE COURANT

SYMBOLE	***RENDEMENT %***	***TYPE DE COURANT***
1	≤ 105	C.A. + C.C.
2	≤ 105	C.C
3	105 - 125	C.A. + C.C.
4	105 - 125	C.C
5	125 - 160	C.A. + C.C.
6	125 - 160	C.C
7	> 160	C.A. + C.C.
8	> 160	C.C

7EME PARTIE :
SYMBOLE DE LA POSITION DE SOUDAGE.
LE SYMBOLE DONNE CI-APRES INDIQUE LA POSITION DE SOUDAGE DANS LAQUELLE L'ELECTRODE A ETE ESSAYEE SUIVANT L'EN 1599 - 3.

SYMBOLES	***DESIGNATION***
1	TOUTES POSITIONS
2	TOUTES POSITIONS SAUF VERTICALE DESCENDANTE
3	BOUT A BOUT A PLAT, GOUTTIERE, ANGLE A PLAT
4	BOUT A BOUT A PLAT, GOUTTIERE
5	VERTICALE DESCENDANTE + POSITIONS CORRESPONDANT AU SYMBOLE 3

8EME PARTIE :
SYMBOLE DE LA TENEUR EN HYDROGENE DU METAL FONDU

SYMBOLE	***TENEUR EN HYDROGENE ML/100 GR DU METAL FONDU MAXI***
H5	5
H 10	10
H 15	15

LES TECHNIQUES SPÉCIALES

LE SOUDAGE PAR GRAVITÉ

ON A CHERCHE A AUTOMATISER LE SOUDAGE MANUEL ESSENTIELLEMENT EN SOUDAGE D'ANGLE DE FAÇON A GAGNER DU TEMPS EN JOUANT SUR DEUX FACTEURS.

TOUT D'ABORD, LE RENDEMENT PROPRE DES ELECTRODES AVEC DES ELECTRODES A POUDRE DE FER DE LONGUEUR 600 AU LIEU DE 450.

ENSUITE, LE FACTEUR DE MARCHE EN UTILISANT DES SUPPORTS DE 4 OU 5 ELECTRODES, CHACUNE DES ELECTRODES AMORÇANT LA SUIVANTE. CETTE TECHNIQUE EST UTILISEE DANS LES INDUSTRIES AYANT DES CORDONS D'ANGLE DE GRANDES LONGUEURS TELLES QUE LA CONSTRUCTION NAVALE ET LE WAGONNAGE.

UN OPERATEUR CONDUIT SANS DIFFICULTES DEUX SUPPORTS ("SAUTERELLES") EN MEME TEMPS CE QUI CORRESPOND A UN FACTEUR DE MARCHE DE L'ORDRE DE 100 %.

LE SOUDAGE EN DESCENDANT

C'EST UNE TECHNIQUE MANUELLE UTILISEE :

- POUR DES CORDONS D'ANGLE DE FAIBLE GORGE AVEC DES ELECTRODES RUTILES SPECIALES. L'INTENSITE EST SUPERIEURE DE 10 % A 20 % A CELLE UTILISEE A PLAT.

IL FAUT SIGNALER TOUTEFOIS QUE DANS CE CAS, LA PENETRATION EST FAIBLE.

- POUR LES SOUDURES BOUT A BOUT AVEC DES ELECTRODES CELLULOSIQUES.

L'APPLICATION PRESQUE UNIQUE DE CE PROCEDE EST LE SOUDAGE SUR CHANTIER DES TUBES DE PIPE-LINE. IL PERMET D'OBTENIR DES SOUDURES DE PREMIERE PASSE PARFAITEMENT PENETREES EN UN TEMPS TROIS A QUATRE FOIS MOINS LONG QU'EN VERTICALE MONTANTE.

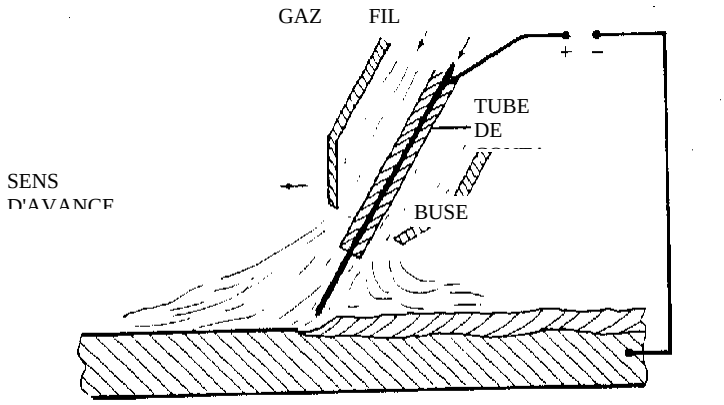
SOUDAGE MIG-MAG

PRINCIPE

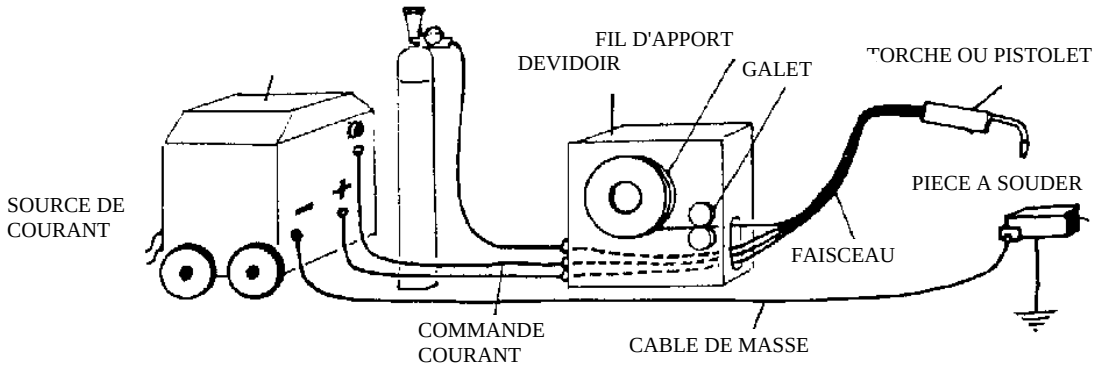
LA CHALEUR NECESSAIRE A LA FUSION DES PIECES A SOUDER EST FOURNIE PAR L'ARC ELECTRIQUE QUI JAILLIT ENTRE L'EXTREMITE DU FIL ELECTRODE ET LES PIECES A SOUDER. CE FIL ELECTRODE SE DEVIDE A UNE VITESSE CONTROLEE ET FOND DANS L'ARC POUR FORMER LE BAIN DE FUSION.

L'ELECTRODE EN FUSION, LE BAIN ET LA ZONE AVOISINANTE SONT PROTEGES DE L'ATMOSPHERE PAR UN FLUX GAZEUX NEUTRE POUR LE PROCEDE MIG (METAL INERT GAS) ET ACTIF POUR LE PROCEDE MAG (METAL ACTIVE GAS).

SOUDAGE MIG-MAG : SCHEMA DE PRINCIPE



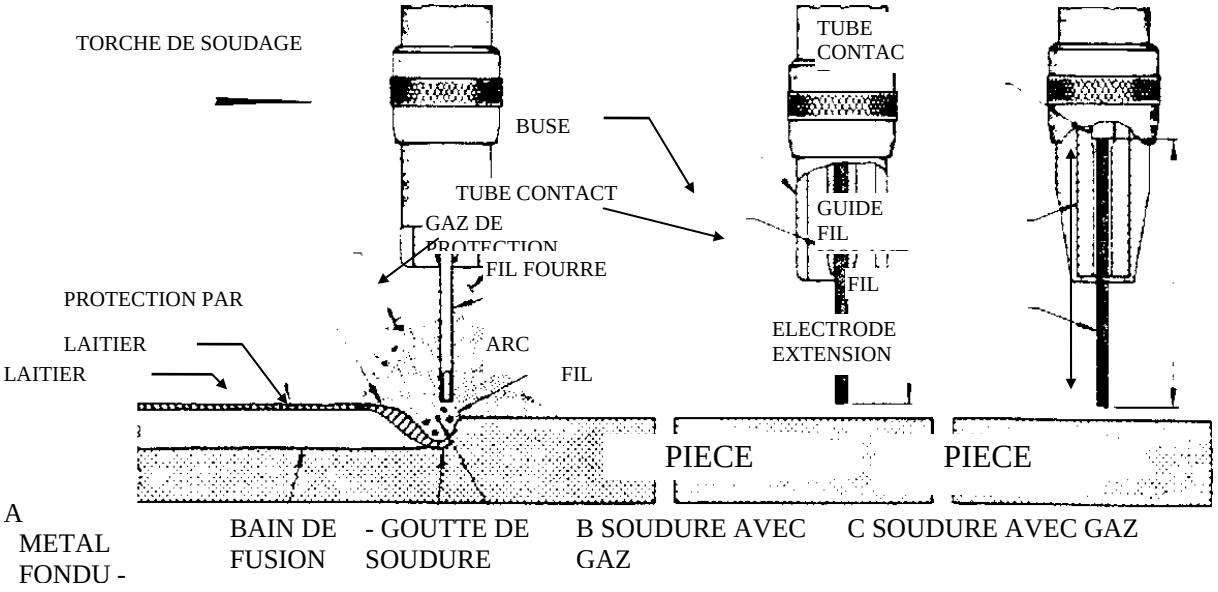
SOUDAGE MIG-MAG : SCHEMA DE L'INSTALLATION



L’UTILISATION DE FIL PLEIN NE PERMET PAS TOUJOURS D’OBTENIR LES CARACTERISTIQUES MECANIQUES SOUHAITEES EN PARTICULIER AU NIVEAU DE LA RESILIENCE.

ON A DONC MIS AU POINT LES FILS FOURRES DANS LE BUT D’OBTENIR UNE PROTECTION DU BAIN PAR L’ASSOCIATION DU GAZ ET DU LAITIER.

PRINCIPE DU SOUDAGE AVEC FILS FOURRES AVEC ET SANS GAZ



L’UTILISATION D’UN GAZ DE PROTECTION EST TOUTEFOIS IMPOSSIBLE DANS UN ENVIRONNEMENT AVEC COURANT D’AIR OU A L’EXTERIEUR CAR LE GAZ PEUT ETRE BALAYE ET NE PLUS ASSURER SON ROLE DE PROTECTION.

ON A DONC MIS AU POINT DES FILS FOURRES SANS PROTECTION GAZEUSE FONCTIONNANT SUR LE PLAN METALLURGIQUE COMME DES ELECTRODES ENROBEES.

LES GAZ DE PROTECTION

L'UTILISATION DE L'ARGON PUR OU DU CO_2 PUR EST ABANDONNEE POUR LE SOUDAGE MIG - MAG DES ACIERS ORDINAIRES ; MAIS ON A DESORMAIS LE CHOIX ENTRE DIVERS MELANGES A BASE D'ARGON ET LE CO_2.

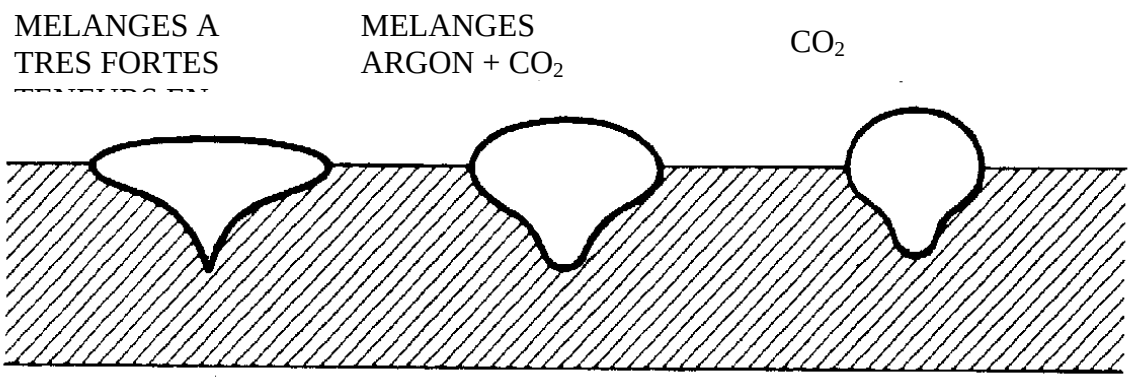
LES MELANGES BINAIRES ARGON-CO_2, ARGON-OXYGENE ET TERNAIRES ARGON-OXYGENE - CO_2 OFFRENT, PAR RAPPORT AU CO_2 SEUL, DES AVANTAGES IMPORTANTS ET NOMBREUX CONCERNANT L'ASPECT DES SOUDURES, LES TAUX DE PROJECTIONS, LE MOUILLAGE, LE NOMBRE DE COURTS-CIRCUITS EN SHORT ARC, ETC....

POUR LES ACIERS FORTEMENT ALLIES ON ASSOCIE AU DECAPAGE CHIMIQUE DU BAIN, FAVORISE PAR LA PRESENCE D'HYDROGENE, LE DECAPAGE ELECTRIQUE, EN AMELIORANT L'IONISATION PAR UNE TENEUR ELEVEE EN HELIUM.

LE SOUDAGE MIG DES METAUX NON FERREUX QUI S'EFFECTUAIT, LE PLUS HABITUELLEMENT, SOUS ARGON PUR S'ORIENTE, LUI AUSSI, VERS L'EMPLOI DE MELANGES ARGON-HELIUM QUI ASSURENT UNE PLUS FORTE PENETRATION ET UNE MEILLEURE COMPACITE.

LA NATURE DU GAZ PROTECTEUR JOUE UN ROLE PREPONDERANT DANS LA FORME QU'AFFECTE LA SECTION DU CORDON COMME ON PEUT EN JUGER D'APRES LES SCHEMAS CI-DESSOUS.

INFLUENCE DU GAZ PROTECTEUR SUR LA FORME DE LA PENETRATION



POUR LES ACIERS AU CARBONE ON UTILISE :

- SOIT DES MELANGES BINAIRES : AR + CO_2 TYPE M 21 SUIVANT EN 439
- SOIT DES MELANGES TERTIAIRES : AR + CO_2 + O_2 TYPE M 14 SUIVANT EN 439

POUR LES ACIERS INOXYDABLES ON UTILISE :

- SOIT DES MELANGES BINAIRES AR + CO2 TYPE M 12 SUIVANT EN 439
- SOIT DES MELANGES AR + CO2 + HE + H2 POUR LE SOUDAGE EN MIG PULSE TYPE M 11 SUIVANT EN 439

LE CHOIX DU MELANGE GAZEUX EST TRES IMPORTANT CAR CHACUN DES COMPOSANTS AGIT SUR :

- LE COMPORTEMENT DE L'ATMOSPHERE AUTOUR DE L'ARC
- LE TYPE DE TRANSFERT
- LE MOUILLAGE ET LE COMPORTEMENT DU BAIN DE FUSION
- LA COMPACITE DU DEPOT ET SON ASPECT
- LA FORME DU CORDON

UNE BONNE PROTECTION DU BAIN EST ASSUREE AVEC UN DEBIT DE GAZ VARIANT DE 15 A 18 LITRES PAR MINUTE.

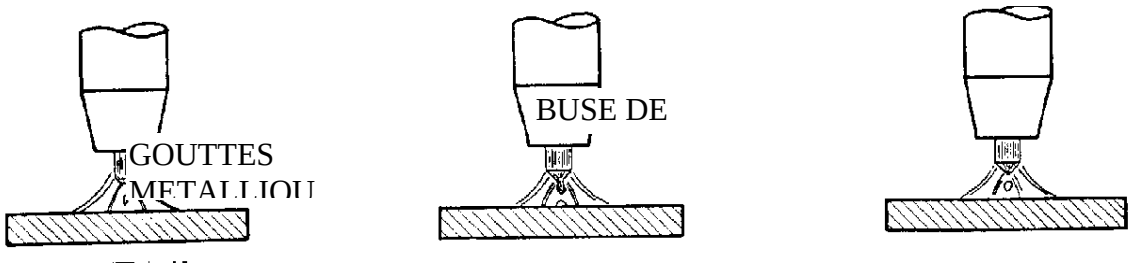
LES MODES DE TRANSFERT

EN SOUDAGE AVEC FIL ELECTRODE NU SOUS GAZ IL EXISTE QUATRE PROCESSUS FONDAMENTALEMENT DIFFERENTS PAR LE MODE DE TRANSFERT DU METAL D'APPORT DANS L'ARC DE SOUDAGE.

TRANSFERT PAR PULVÉRISATION AXIALE OU FORTE INTENSITÉ

DANS LE REGIME A FORTE INTENSITE, ON UTILISE DES DENSITES DE COURANT ELEVEES (SUPERIEUR POUR L'ACIER A 200 A PAR MM^2) ET D'ASSEZ GRANDE LONGUEUR D'ARC (3 A 6 MM).

LES TENSIONS SONT COMPRISES ENTRE 24 ET 35 VOLTS. LE METAL EST TRANSFERE SOUS LA FORME D'UNE PLUIE DE FINES GOUTTELETTES (SPRAY-ARC).



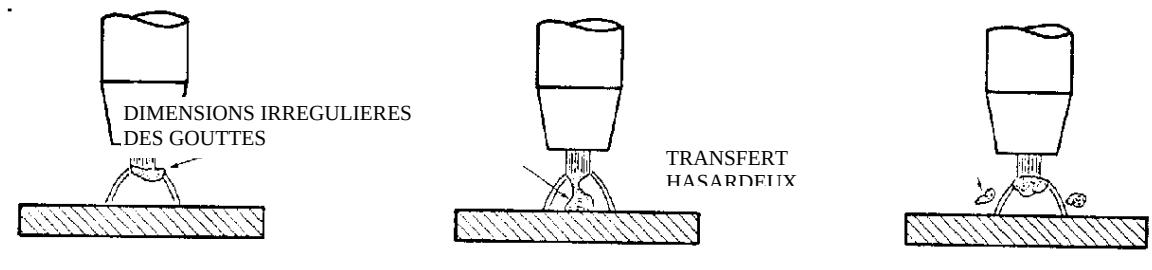
LE REGIME PAR PULVERISATION AXIALE UTILISE DES PUISSANCES ELEVEES, IL ASSURE :

- LA PLUS GRANDE VITESSE DE DEPOT
- LA MEILLEURE PENETRATION
- LES MEILLEURES CARACTERISTIQUES MECANIQUES

C’EST LE REGIME LE MIEUX ADAPTE AU SOUDAGE A PLAT DES EPAISSEURS FORTES ET MOYENNES.

TRANSFERT GLOBULAIRE OU PAR GROSSES GOUTTES

CE TRANSFERT SE PRODUIT QUAND ON DIMINUE L’INTENSITE AVEC DES DENSITES DE COURANT POUR L’ACIER COMPRISES ENTRE 150 ET 200 A PAR MM^2.



DANS CE CAS, LES GOUTTES PLUS VOLUMINEUSES SE FORMENT A L’EXTREMITE DU FIL ELECTRODE, PUIS ELLES SE DETACHENT ANIMEES D’UN MOUVEMENT PROPRE. ELLES TOURNOIENT EN BASCULANT A PLUSIEURS REPRISES AUTOUR DE LEUR CENTRE DE GRAVITE, AVANT DE TOMBER DANS LE BAIN DE FUSION PLUS OU MOINS EN DEHORS DE LA COLONNE D’ARC.

LE TRANSFERT PAR GOUTTES S’ACCOMPAGNE DE PROJECTIONS DE GOUTTES DE METAL D’APPORT HORS DU BAIN DE FUSION.

IL FAUT NOTER TOUTEFOIS QUE SES LIMITES SONT INFLUENCEES PAR LA NATURE DU MELANGE GAZEUX DE PROTECTION.

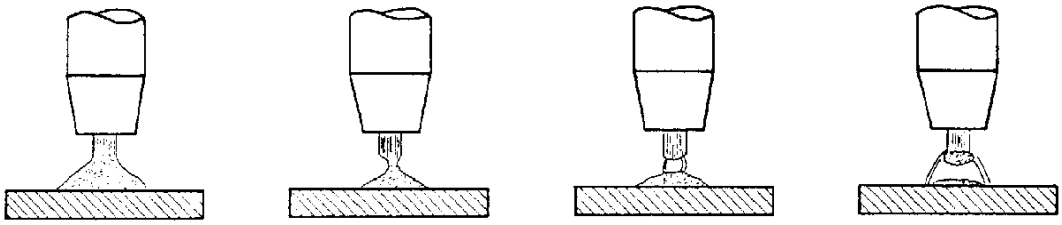
LA PROJECTION DE GOUTTELETTES HORS DU BAIN DE FUSION CROIT AVEC LA TENEUR EN CO_2

LA PLAGE DES PARAMETRES DE SOUDAGE POUR CE TYPE DE TRANSFERT N’EST PAS UTILISEE EN SOUDAGE SAUF EN COURANT PULSE (§ 4.4)

TRANSFERT PAR COURT CIRCUIT

QUAND ON DIMINUE L’INTENSITE DU COURANT, LE VOLUME DES GOUTTES DE METAL FONDU AUGMENTE. CES GOUTTES VIENNENT EN CONTACT AVEC LE BAIN DE SOUDURE AVANT DE SE DETACHER DU FIL ELECTRODE, CREANT UN COURT-CIRCUIT. CE MODE DE TRANSFERT EST UTILISE DANS BEAUCOUP D’APPLICATIONS. IL EST SPECIALEMENT ADAPTE A LA SOUDURE DES PIECES DE FAIBLE EPAISSEUR. L’ENERGIE ETANT FAIBLE, LE RISQUE DE COLLAGE DEVIENT TROP IMPORTANT POUR DES PIECES DE FORTE EPAISSEUR. CE MODE DE TRANSFERT PERMET L’EXECUTION DES PREMIERES PASSES DE PENETRATION ET LES SOUDURES EN TOUTES POSITIONS.

LE REGIME DE COURTS-CIRCUITS SUCCESSIFS (60 A 200 PAR SECONDE) ENTRE FIL ELECTRODE ET PIECE MET EN JEU DES DENSITES DE COURANT INFERIEURES A 150 A/MM^2 ET DES TENSIONS MOYENNES D'ARC REDUITES ENTRE 15 ET 20 VOLTS.



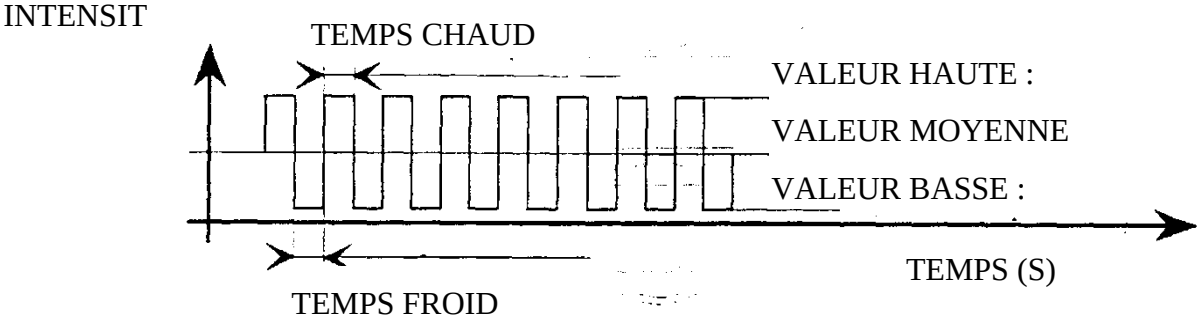
CETTE TECHNIQUE DENOMMEE SHORT ARC AUX ETATS-UNIS, PROVOQUE PEU DE DEFORMATIONS, REND AISE LE SOUDAGE EN POSITION ET LE SOUDAGE DES FAIBLES EPAISSEURS ET ENFIN PERMET L'EXECUTION DE PASSES EN FOND DE CHANFREIN SANS SUPPORT A L'ENVERS.

PAR CONTRE, LE RISQUE DE COLLAGE EN INTERDIT L'EMPLOI SUR PIECES EPAISSES.

TRANSFERT PAR COURANT PULSÉ

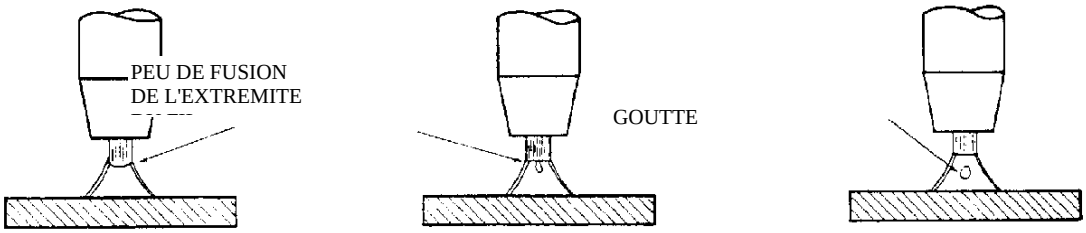
L'EVOLUTION DES COMPOSANTS ELECTRONIQUES A PERMIS DE PASSER DE LA DIODE (GENERATEUR SIMPLE) AUX THYRISTORS PRIS AU TRANSISTOR.

AINSI, LA TECHNOLOGIE DU TRAITEMENT DU SIGNAL A EVOLUE ET RENDU POSSIBLE LA MODIFICATION DE LA FREQUENCE DES SIGNAUX. GRACE A CETTE FORME D'ONDE, ON OBTIENT DES PICS PLUS HAUTS (DONC PLUS CHAUDS) ET DES PICS PLUS BAS (DONC PLUS FROIDS) AUTOUR D'UNE VALEUR MOYENNE.



LE GENERATEUR VA FOURNIR UN COURANT DE BASE FAIBLE REGLE DE FAÇON A MAINTENIR L'ARC ALLUME MAIS SANS POSSIBILITE DE TRANSFERT DE METAL. A INTERVALLES REGULIERS (60 A 120 FOIS PAR SECONDE) UNE IMPULSION DE COURANT FOND L'EXTREMITE DU FIL ET ASSURE LE TRANSFERT D'UNE GOUTTE DANS LE BAIN SANS COURT-CIRCUIT.

LES COURTS-CIRCUITS ETANT ELIMINES, ON OBTIENT UN TRANSFERT DE METAL STABLE ET REGULIER, GOUTTE APRES GOUTTE, DONC UN ARC PULVERISE ARTIFICIEL DANS LE DOMAINE DES PARAMETRES DE L'ARC GLOBULAIRE OU DE L'ARC COURT.



LE TRANSFERT PAR COURANT PULSE PRESENTE LES AVANTAGES SUIVANTS :

- REDUCTION DES PROJECTIONS EN SOUDAGE DES ACIERS EN ARC GLOBULAIRE
- POSSIBILITE D'UTILISER DES FILS DE PLUS GROS DIAMETRE SUR TOLE MINCE
- EXTENSION DE LA PLAGE DE TRAVAIL SUR TOLES D'ALUMINIUM.

LE MATÉRIEL

DANS UNE INSTALLATION DE SOUDAGE MIG-MAG, SI L'ON PART DE LA SOURCE D'ENERGIE ON RENCONTRE SUCCESSIVEMENT LES ELEMENTS ESSENTIELS SUIVANTS :

- GENERATEUR DE GAZ
- SOURCE DE GAZ
- GROUPE DE REFROIDISSEMENT SI LA TORCHE EST REFROIDIE PAR UNE CIRCULATION D'EAU
- FAISCEAU DE CABLES ET CANALISATIONS
- DEVIDOIR
- TORCHE DE SOUDAGE

LE GÉNÉRATEUR DE COURANT

LE COURANT DE SOUDAGE EST TOUJOURS DU COURANT CONTINU PROVENANT D'UN TRANSFORMATEUR REDRESSEUR STATIQUE.

LES GROUPES ROTATIFS ONT ETE ABANDONNES COMPTE-TENU DE LEUR COUT D'ACHAT ET D'ENTRETIEN.

LE REGIME FORTE INTENSITE DU FAIT DE LA FUSION TRES DIVISEE, ASSURE UNE AUTOREGULATION DE LA LONGUEUR D'ARC CAR A TOUTE MODIFICATION DE LA LONGUEUR, DONC DE LA TENSION, CORRESPOND UNE VARIATION DE L'INTENSITE QUI ACCELERE OU RETARDE LA FUSION DU FIL.

A CAUSE DE CETTE AUTOREGULATION, LE REGIME FORTE INTENSITE PEUT S'ACCOMMODER D'UN GENERATEUR A CARACTERISTIQUE PLONGEANTE. PAR CONTRE, LES GENERATEURS A POTENTIEL CONSTANT SONT LES SEULS ADAPTES AU REGIME DE COURTS-CIRCUITS CAR IL NE FAUT PAS QUE LES POINTES D'INTENSITE CORRESPONDANT AU COURTS-CIRCUITS N'ENTRAINENT DE VARIATIONS DURABLES DE LA TENSION.

UN REGLAGE DE SOUDAGE DONNE NECESSITE DONC LE REGLAGE SEPARE :

- DE LA TENSION DE SOUDAGE A L'AIDE D'UN COMMUTATEUR SELECTIONNANT LES DIFFERENTES CARACTERISTIQUES HORIZONTALES

- DE L'INTENSITE A L'AIDE D'UN POTENTIOMETRE AGISSANT SUR LA VITESSE DE DEROULEMENT DU FIL.

PLUS LE FIL DEROULE VITE, PLUS L'INTENSITE EST ELEVEE

IL EST SOUHAITABLE D'EQUIPER LES GENERATEURS D'UN VOLTMETRE ET D'UN AMPEREMETRE AFIN DE POUVOIR REPRODUIRE FACILEMENT LES CONDITIONS DE SOUDAGE DEFINIES DANS LES QUALIFICATIONS DE MODE OPERATOIRE DE SOUDAGE.

DANS LES DONNEES D'UN REGLAGE, ON REMPLACE PARFOIS L'INTENSITE PAR LA VITESSE DE DEROULEMENT DU FIL QUE L'ON PEUT MESURER SANS INSTRUMENTATION SPECIALE MAIS DONT LA REPRODUCTION DANS LE TEMPS NE PEUT ETRE CONTROLEE EN PERMANENCE.

SOURCE DE GAZ

LES MELANGES GAZEUX SONT NORMALEMENT CONTENUS SOUS PRESSION DANS DES BOUTEILLES EN ACIER. DANS UNE INSTALLATION TYPE LA BOUTEILLE EST PLACEE A COTE DU POSTE DE TRAVAIL. ELLE EST EQUIPEE A LA SORTIE D'UN DETENDEUR DEBITMETRE CHARGE :

- D'UNE PART, D'AMENER LE GAZ A UNE PRESSION ACCEPTABLE POUR LE SOUDAGE
- D'AUTRE PART, DE MESURER LE DEBIT DE GAZ EXPRIME EN LITRES PAR MINUTE

DANS LES ATELIERS EQUIPES DE NOMBREUSES INSTALLATIONS, IL EST SOUVENT INTERESSANT D'INSTALLER UN RESEAU DE DISTRIBUTION, SOIT A PARTIR DE CADRES DE BOUTEILLES, SOIT A PARTIR DE DEUX RESERVOIRS (UN POUR L'ARGON, L'AUTRE POUR LE CO_2) ET EN ASSURANT SOI-MEME LE MELANGE.

LA DETENTE DES GAZ EST ALORS ASSUREE A LA SORTIE DES ENSEMBLES DE STOCKAGE, ALORS QUE LE REGLAGE DU DEBIT EST ASSURE PAR CHAQUE SOUDEUR A L'AIDE D'UN DETENDEUR PLACE EN EXTREMITE DE LA CANALISATION DE DISTRIBUTION.

POUR DIMINUER LE COUT DE L'INSTALLATION, ON PEUT REMPLACER LE DETENDEUR PAR UN SIMPLE ROBINET AVEC UN AJUTAGE CALIBRE.

LA DISTRIBUTION CENTRALISEE DES GAZ PRESENTE DE NOMBREUX AVANTAGES :

- SUPPRESSION DES MANUTENTIONS DE BOUTEILLES A L'EXTERIEUR DES ATELIERS D'OU GAIN DE TEMPS.
- GAIN DE PLACE
- VIDANGE PLUS COMPLETE DES BOUTEILLES
- FONCTIONNEMENT CONTINU SANS RISQUE D'INTERRUPTION DE L'ALIMENTATION EN GAZ EN COURS DE SOUDAGE

LE CHOIX D'UNE INSTALLATION DE DISTRIBUTION CENTRALISEE DOIT SE FAIRE EN COMPARANT :
D'UNE PART, LE COUT DE L'INSTALLATION ET EVENTUELLEMENT DE SON ENTRETIEN
D'AUTRE PART, LES GAINS SUR LE TEMPS DE TRAVAIL ET SUR LE PRIX DU GAZ

FAISCEAUX DE CÂBLES ET CANALISATIONS

ENTRE LE GENERATEUR DE COURANT ET LE DEVIDOIR SE SITUE UN ENSEMBLE DE CABLES ET CANALISATIONS COMPRENANT :

- LE CABLE DE SOUDAGE
- LE CABLE D'ALIMENTATION DU DEVIDOIR
- LE CABLE MULTICONDUCTEUR DE COMMANDE DU CIRCUIT DE SOUDAGE
- LE TUYAU D'AMENEE DU GAZ
- LES TUYAUX D'ARRIVEE ET DE RETOUR D'EAU.

SI LA TORCHE EST REFROIDIE PAR EAU, IL EST SOUHAITABLE QUE CE FAISCEAU DE LONGUEUR VARIABLE : 10 A 30 METRES, SOIT PROTEGE PAR UNE GAINE POUR EVITER AU MAXIMUM LES DETERIORATIONS PAR CHOC.

EN EFFET UN TROU DANS LE TUYAU D'AMENEE DU GAZ OU UN JOINT MAL SERRE PEUVENT ENTRAINER UNE ENTREE D'AIR DANS LE CIRCUIT GAZ ET PROVOQUER DES SOUFFLURES PAR MAUVAISE PROTECTION DU BAIN.

LE DÉVIDOIR

IL REUNIT SOUS UN CAPOT UNIQUE :

- LA BOBINE DE FIL
- LE MOTOREDUCTEUR DE DEROULEMENT DU FIL PAR L'INTERMEDIAIRE DES GALETS D'ENTRAINEMENT

CES GALETS PEUVENT ETRE AU NOMBRE DE DEUX OU QUATRE, ETRE CRANTES OU LISSES ET ETRE AVEC CONTREGALET FOU OU MOTEUR.

CES DIFFERENTS TYPES D'ENTRAINEMENT CONVIENNENT POUR LE FIL NU MASSIF MAIS SEULES LES PLATINES A 4 GALETS OU LES ENSEMBLES A 2 GALETS CRANTES AVEC CONTRE-GALET MOTEUR SONT UTILISABLES POUR LE FIL FOURRE.

LA TORCHE DE SOUDAGE

C'EST LA PARTIE DE L'INSTALLATION QUI DOIT CONCILIER DES ELEMENTS CONTRADICTOIRES.

- D'UNE PART, ELLE DOIT ETRE LEGERE, MANIABLE, SOUPLE, POUR FACILITER LE TRAVAIL DU SOUDEUR
- D'AUTRE PART, ELLE DOIT ASSURER DES FONCTIONS MULTIPLES EN TOUTE FIABILITE.

LA LANCE REÇOIT PAR UN FAISCEAU DE CANALISATIONS SOUS GAINES DE 3 A 5 METRES DE LONG MAXIMUM :

- LE COURANT DE SOUDAGE QUI ARRIVE EN EXTREMITE PAR L'INTERMEDIAIRE DU TUBE CONTACT
- LE COURANT DE COMMANDE, PAR L'INTERMEDIAIRE D'UNE GACHETTE 2 TEMPS OU 4 TEMPS, DU DEROULEMENT DU FIL, DE L'ARRIVEE DU GAZ ET DES CONTACTEURS ET DIFFERENTS RELAIS
- L'ARRIVEE ET LE RETOUR DE L'EAU DE REFROIDISSEMENT
- L'ARRIVEE DU FIL A L'INTERIEUR D'UNE GAINE METALLIQUE POUR LES FILS EN ACIER ET EN TEFLON POUR LES FILS EN ALUMINIUM OU CUIVRE

LA LANCE DOIT BENEFICIER D'UN ISOLEMENT PARFAIT ET SUR, ELLE DOIT PRESENTER UNE ETANCHEITE INTERDISANT TOUTE RELATION ENTRE LES DIFFERENTS FLUIDES.

POUR ASSURER UN BON DEROULEMENT DU FIL ET EVITER LE PHENOMENE DE "POMPAGE" IL EST SOUHAITABLE DE LIMITER LA LONGUEUR DES GAINES A 4 METRES.

ON DISTINGUE DEUX SORTES DE LANCES :

- LES TORCHES QUI SONT LES MOINS LOURDES ET PEUVENT ETRE A REFROIDISSEMENT NATUREL OU PAR EAU.
- LES PISTOLETS QUI SONT DES LANCES A FUT RECTILIGNE AVEC UNE CROSSE DE MAINTIEN

LES TORCHES SONT TRES APPRECIEES DES SOUDEURS POUR LEUR FACILITE D'EMPLOI ET PERMETTENT LORSQU'ELLES SONT REFROIDIES PAR EAU, D'UTILISER DES INTENSITES DE 400 A AVEC UN BON CONFORT D'UTILISATION;

LES PISTOLETS, GRACE A LA TRAJECTOIRE RECTILIGNE DU FIL, FAVORISENT LE DEVIDAGE DES FILS MOUS (ALLIAGES LEGERS).

ILS SONT EGALEMENT UTILISES EN SOUDAGE SUR ACIERS SOUS TRES FORTE INTENSITE.

CONDITIONS D'EXÉCUTION

MATÉRIAUX SOUDABLES

C'EST LE PREMIER PROCEDE UTILISE POUR LE SOUDAGE

- DES ACIERS AU CARBONE ET FAIBLEMENT ALLIES
- DES ACIERS INOXYDABLES
- DES ALLIAGES D'ALUMINIUM

CE PROCEDE A DETRONE LE SOUDAGE MANUEL A L'ELECTRODE ENROBEE QUI EST DE MOINS EN MOINS UTILISE.

PRÉPARATION DES BORDS

- **BOUT A BOUT SANS CHANFREIN :** JUSQU'A 8 MM D'EPAISSEUR ET AU-DELA AVEC CHANFREIN EN □ EN OU □ SUPERIEUR OU EGAL A 60°. L'UTILISATION DE BUSES

SPECIALES EST PARFOIS UTILE POUR LES FORTES EPAISSEURS AFIN D'ATTEINDRE LE FOND DU CHANFREIN. LE TRANSFERT PAR COURTS-CIRCUITS PERMET DE SOUDER DES EPAISSEURS COMPRISES ENTRE 1 ET 3 MM.

- **ANGLE** : EN MONOPASSE, ON OBTIENT SANS DIFFICULTE UNE GORGE DE 5 MM. AU-DELA, IL FAUT OPERER EN MULTIPASSE.

SENS DE SOUDAGE

ATTENTION : TRES IMPORTANT

EN MIG-MAG FIL NU, ON SOUDE DE DROITE A GAUCHE AFIN DE FAIRE JAILLIR L'ARC SUR LE METAL DE BASE PLUTOT QUE DANS LE BAIN DE FUSION.

CECI A POUR BUT D'EVITER AU MAXIMUM UN DEFAUT TRES GRAVE : LE COLLAGE. LES BORDS A SOUDER NE SONT PAS FONDUS ET LE METAL FONDU VIENT SEULEMENT SE MOULER SUR LE JOINT A SOUDER.

EN MIG-MAG FIL FOURRE ON SOUDE DE GAUCHE A DROITE COMME EN SOUDAGE MANUEL A L'ELECTRODE ENROBEE.

APPLICATIONS INDUSTRIELLES

- **MIG - MAG FIL NU :** UTILISATION UNIVERSELLE EN CHAUDRONNERIE, MECANOSOUDAGE, CHARPENTE METALLIQUE

- **MIG - MAG FIL FOURRE :** ACTUELLEMENT LE TONNAGE DE FIL FOURRE CONSOMME EN FRANCE EST DE L'ORDRE DE 10 % DU TONNAGE DU FIL NU MASSIF

SON EMPLOI EST LIMITE PAR UN COUT D'ACHAT EGAL A ENVIRON 4 FOIS LE COUT DU FIL NU MAIS SON EMPLOI DEVRAIT SE DEVELOPPER CAR :

- IL PERMET DE MEILLEURS RENDEMENTS
- IL EVITE LES COLLAGES
- IL PERMET D'OBTENIR DE MEILLEURS CARACTERISTIQUES MECANIQUES.

- **FIL FOURRE SANS GAZ** : CE PROCEDE MIS AU POINT PAR LINCOLN SOUS LE NOM D'INNERSHIELD PARAIT TRES SEDUISANT CAR IL SUPPRIME LE GAZ DE PROTECTION ET PERMET DONC SON UTILISATION SUR CHANTIER. TOUTEFOIS, IL PRESENTE UN CERTAIN NOMBRE D'INCONVENIENTS.

- LES FILS AVEC BONNES CARACTERISTIQUES MECANIQUES ONT EN GENERAL DES RENDEMENTS FAIBLES

- LES CONDITIONS DE SOUDAGE DEROUTENT LES SOUDEURS. IL FAUT EN EFFET SOUDER AVEC UN ARC LONG ET UNE SORTIE DE FIL IMPORTANTE CE QUI EST CONTRAIRE A TOUS LES AUTRES PROCEDES.

- TOUS LES FILS DEGAGENT BEAUCOUP DE FUMEE.

L’EMPLOI DE CE PROCEDE EST ESSENTIELLEMENT RESERVE AU SOUDAGE A L’EXTERIEUR CAR IL EST TRES PEU SENSIBLE AUX COURANTS D’AIR. A CE JOUR, CE PROCEDE EST UTILISE PRESQUE EXCLUSIVEMENT POUR LE SOUDAGE SUR SITE DES POUTRES DE PONT ET UNE PERCEE SEMBLE SE DESSINER DANS LES CHANTIERS NAVALS.

TECHNIQUES OPÉRATOIRES

NOUS POUVONS CLASSER CES PARAMETRES DE SOUDAGE EN 2 GROUPES.

LES PARAMETRES CONSTANTS

- LA TENSION (U)
- LA VITESSE DE FIL (EN CORRESPONDANCE AVEC L’INTENSITE A)
- LA DENSITE DE GAZ
- LE ∅ DU FIL
- SELF

LES PARAMETRES VARIABLES

- HAUTEUR DU FIL SORTI
- LA VITESSE DE DEPLACEMENT
- LE SENS D’AVANCEMENT
- L’ANGLE

DANS LE CAS DU SOUDAGE «SEMI-AUTOMATIQUE» MANUEL, LES PARAMETRES VARIABLES RESTERONT DE LA COMPETENCE DE L’OPERATEUR. POUR LES PARAMETRES CONSTANTS, NOUS POUVONS, APRES VALIDATION SUR EPROUVETTE, LES FIXER AFIN DE PERMETTRE UNE RIGUEUR ET UNE REPETITIVITE DES ACTIONS DE SOUDAGE IDENTIQUES.

DESCRIPTIF D'UN MODE OPERATOIRE DE SOUDAGE

CES DOCUMENTS S'INSCRIVENT DANS LA DEMARCHE QUALITE DE L'ENTREPRISE.

TYPE DE JOINT :

TYPE D'ASSEMBLAGE :

METAL DE BASE 1	METAL DE BASE 2
NUANCE : EP : PREPARATION :	NUANCE : EP : PREPARATION :

PREPARATION DE L'ASSEMBLAGE	REPARTITION DES PASSES

N° DES PASSES :			
PROCEDE DE SOUDAGE :			
POSITION DE SOUDAGE :			
PRODUIT D'APPORT : FIL OU ELECTRODE			
DESIGNATION NORMALISEE :			
DANS LA MARQUE			
DIAMETRE :			
FLUX DE PROTECTION :			
POUDRE…. DESIGNATION :			
COUPLE FIL FLUX :			
ENVERS DEBIT L/MIN :			
ENDROIT DEBIT L/MIN :			
ELECTRODE REFRACTAIRE ∅ :			
NATURE DU COURANT, POLARITE :			
VITESSE D'AVANCE CM/MIN			
INTENSITE I EN AMPERE :			
TENSION U EN VOLT :			
VITESSE DE DEROULEMENT DU FIL : CM/MIN :			
T° PRECHAUFFAGE EN ° C :			
T° ENTRE PASSE EN ° C :			
GOUGEAGE (NATURE)			

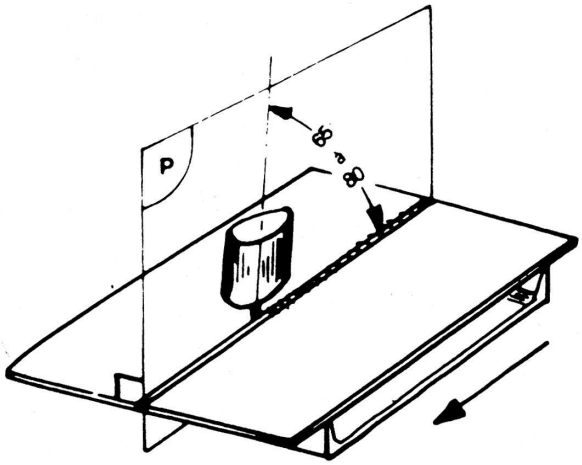
PRECHAUFFAGE :	TEMPERATURE EN ° C :	DUREE DU MAINTIEN :
TRAITEMENT THERMIQUE APRES SOUDAGE :	VITESSE DE MONTEE EN °C/H : VITESSE DE DESCENTE EN °C/H :	DUREE DU MAINTIEN :

CONTRÖLE : %	VT	PT	MT	UT	RT	REMARQUES :
AVANT SOUDAGE						
APRES SOUDAGE						
APRES TTAS						

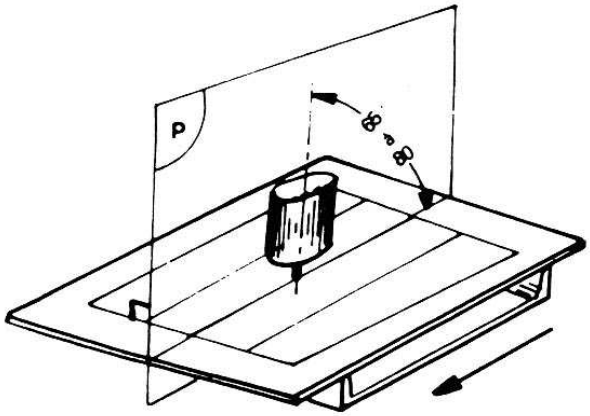
POSITION DE SOUDAGE

SOUDAGE BORD A PLAT EP. 4 MM DEPORT DE CORDONS EP. 6 MM

BORD A BORD A PLAT EP. 4 MM

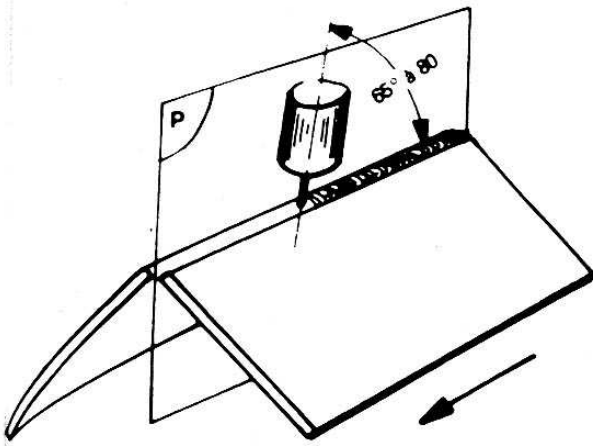


DEPOT DE CORDONS EP. 6 MM

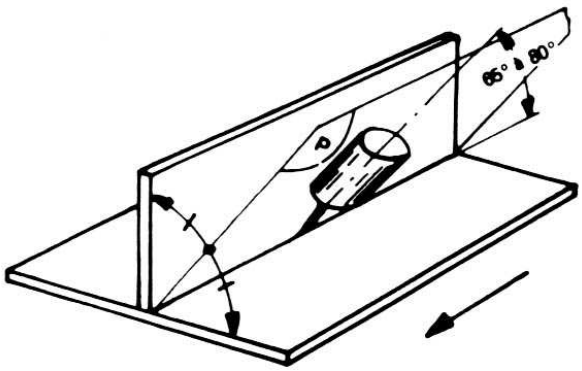


SOUDAGE ANGLE EXTERIEUR ANGLE INTERIEUR

ANGLE EXTERIEUR 4 A 5 MM



ANGLE INTERIEUR EP. 4 A 5 MM



TABLEAUX MODIFICATIONS DES PARAMETRES

DEFAUTS	MODIFICATIONS DES PARAMETRES				
	INTENSITE SOUDAGE	TENSION ARC	VITESSE SOUDAGE	LONGUEUR FIL SORTI	ANGLE AVANCE *
POROSITES	5 ↗	↘ 1	↘ 4	2 ↗	3 ↗
CONVEXITE	↘ 4	1 ↗	↘ 5	↘ 2	↘ 3
MANQUE DE CONTINUITE DU BAIN	4 ↗	↘ 1	↘ 5	2 ↗	↘ 3
COLLAGE DE L'ELECTRODE	↘ 4	1 ↗	↘ 5	↘ 3	2 ↗
PROJECTIONS	↘ 4	1 ↗	↘ 5	↘ 3	↘ 2
SOUFFLAGE MAGNETIQUE	↘ 4	↘ 3	↘ 5	2 ↗	↘ 1

* AVANCE FIL EN TIRANT

MODIFICATION SOUHAITEE	TENSION ARC	INTENSITE SOUDAGE	VITESSE SOUDAGE	ANGLE D'AVANCE *	LONGUEUR FIL SORTI	∅ FIL X ELECTRODE	FLUX GAZEUX
AUGMENTATION PENETRATION «P»		1 ↗	6 ↘	↗ 2	3 ↘	5 ↘	CO2 4
DIMINUTION PENETRATION «P»		1 ↘	↗ 4	2 ↘	3 ↗	↗ 6	AJOUTER AR A CO XX 5
DIMINUTION LARGEUR CORDON «D»	4 ↘	1 ↘	2 ↗		3 ↘		
DIMINUTION SUREPAISSEUR «S»	1 ↗	5 ↘	↗ 4	NORMAL OU EN POUSSANT 2	3 ↘		
AUGMENTATION TAUX DE DEPOT		1 ↗	4 ↘		↗ 2	3 ↘	

ATTENTION A LA LOI DE FUSION OPTIMALE DU COUPLE FIL – GAZ : V = F (1)

ETALONNAGE

POSTE DE SOUDAGE :

N° D'IDENTIFICATION :

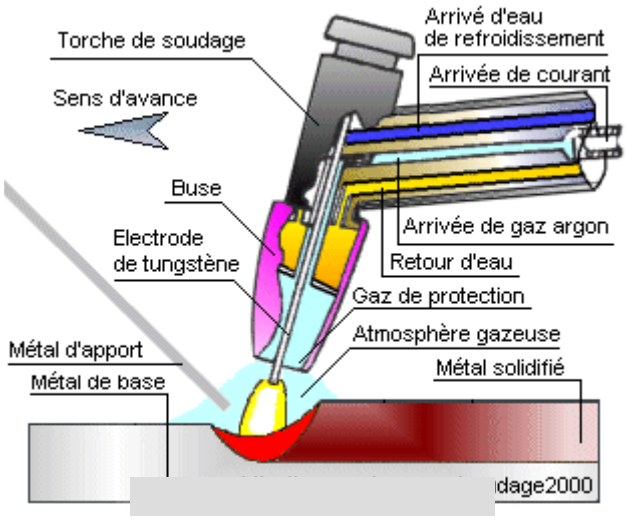
			TENSION REELLE
REGLAGE DU POSTE			

		INTENSITE REELLE	TYPE DE PREPARATION
REGLAGE DU POSTE			

DEBIT DE GAZ	

DATE DE L'ETALONNAGE :

LE SOUDAGE TIG



Le soudage tig (tungsten inert gas) ou gtaw (gas tungsten arc welding) est un procede a l'arc sous protection de gaz inerte avec une electrode infusible (tungstene). Le soudage est realise a partir d'un arc electrique cree et entretenu entre l'electrode infusible de tungstene (de ∅ 1,0 mm a ∅ 8,0 mm) et la piece a souder. Le metal d'apport (baguette de fil dresse de ∅ 0.8 mm a ∅ 4,0 mm) est amene manuellement ou automatiquement avec un devidoir motorise (bobine de fil de ∅ 0,8 mm a ∅ 2,0 mm) dans le bain de fusion. L'energie calorifique de l'arc fait fondre localement la piece a assembler et le fil d'apport metallique pour constituer le bain de fusion et apres refroidissement le cordon de soudure. Le bain de fusion est protege de l'atmosphere externe par un cone invisible d'inertage de gaz (de 5 a 25 litres/minute) de protection (argon + helium ou argon + h2 pour les procedes automatiques). Un generateur electrique fournit le courant continu ou alternatif avec une intensite variant de 5 a 300 amperes en fonction de differents parametres comme le diametre du fil, la position de soudage, le type d'assemblage, la dimension et la nuance des pieces a assembler. La polarite de l'electrode est toujours negative en courant continu (polarite directe).

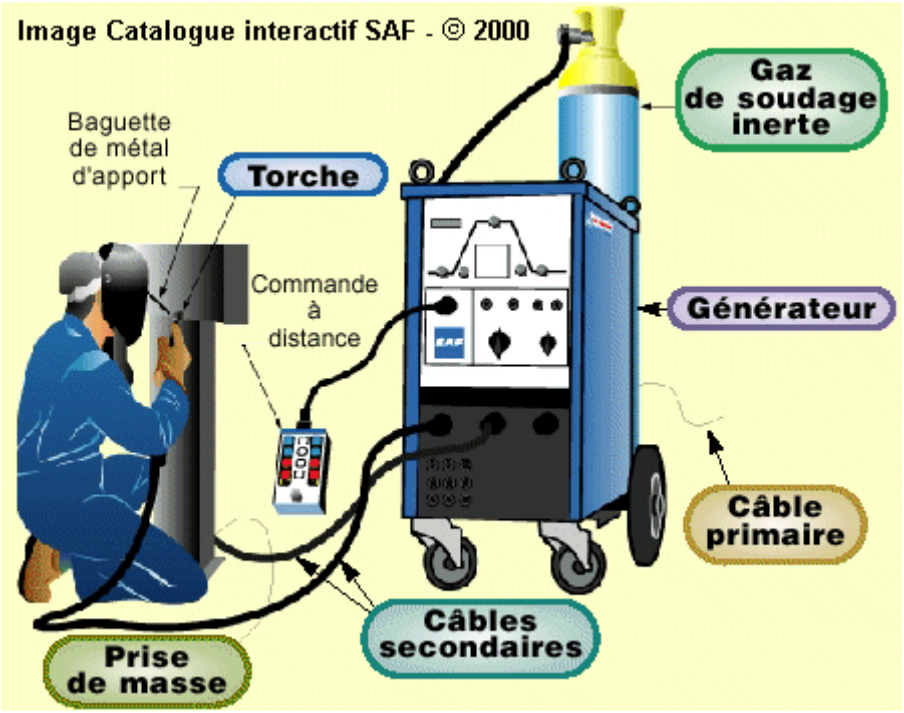
PRINCIPE DU PROCEDE :

La torche de soudage est reliee sur la borne electrique de sortie negative du generateur de soudage a courant continu ou alternatif. La masse est reliee au generateur sur la borne positive et est placee sur la piece a souder. Une alimentation en gaz de soudage est branchee sur le poste par l'inermediaire d'une bouteille et d'un detenteur / debitmetre. Lorsque le poste n'est pas equipe d'un amorçage haute-frequence, l'arc jaillit lorsque le soudeur actionne la gachette electrique de la torche et que la pointe de l'electrode infusible touche superficiellement la piece a souder en creant un court-circuit (avec le risque de creer des inclusions metalliques de tungstene). Avec un equipement d'amorçage par haute frequence, l'arc de soudage est allume par l'intermediaire d'un etincelage d'arc electrique de plusieurs milliers de volts avec une frequence de 1 a 2 mhz delivre entre l'electrode de tungstene et la piece pendant un tres court instant.

AVANTAGES DU PORCÉDÉ

- SIMPLE D'EMPLOI
- TRAVAIL FIN ET PRECIS
- LARGE GAMME D'EPAISSEUR
- TRES BONNES QUALITES DE JOINT ET BONNES CARACTERISTIQUES MECANIQUES
- SOUDAGE DANS TOUTES LES POSITIONS
- ASPECT DE CORDON TRES CORRECT
- PROCEDE AUTOMATISABLE

LE CROQUIS DIDACTIQUE DU PROCÉDE DE SOUDAGE

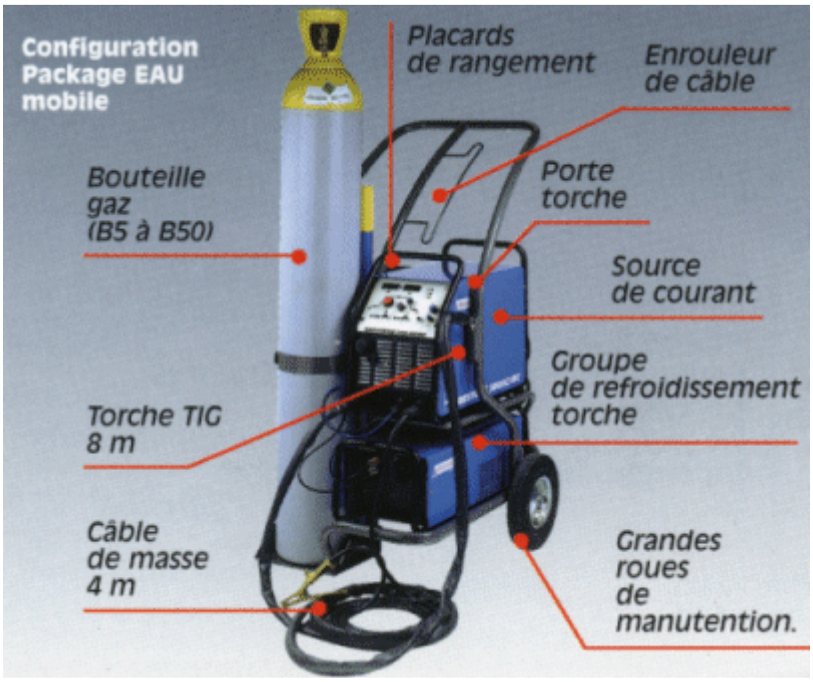


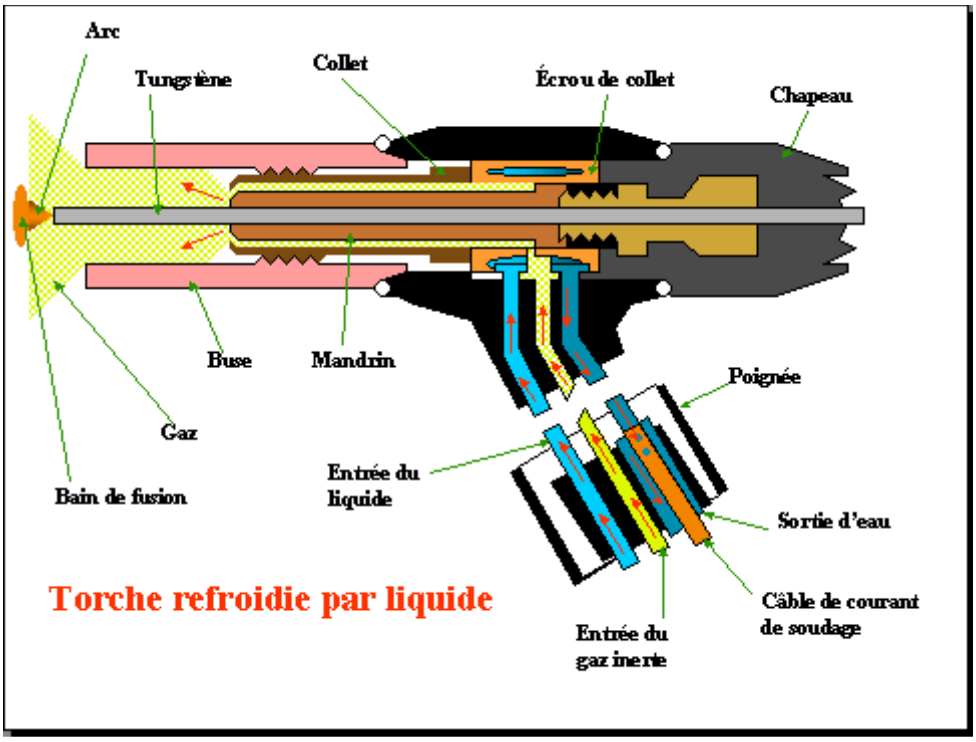
INSTALLATION DE SOUDAGE
POUR LE SOUDAGE TIG

1. UN GENERATEUR DE COURANT CONTINU OU ALTERNATIF (PRICIPALEMENT POUR L'ALUMINIUM).
2. UN GROUPE REFRIGERANT A CIRUCUIT FERME (LORS D'UTILISATION A FORTE INTENSITE)

UNE BOUTEILLE DE GAZ AVEC DETENDEUR/DE

3. BITMETRE ET BOYAUX D'ALIMENTATION
4. UNE TORCHE DE SOUDAGE (AVEC OU SANS REFRODISSEMENT) AVEC CABLE CONDUCTEUR
5. UNE PINCE DE MASSE AVEC CABLE CONDUCTEUR
6. UN MASQUE AVEC VERRES TEINTES SPECIAUX NUMERO 10 A 13
7. UNE COMBINAISON DE SOUDEUR ET GANTS EN CUIR SOUPLE
8. UNE BROSSE METALLIQUE
9. UNE MEULEUSE D'ANGLE ELECTRIQUE OU PNEUMATIQUE POUR LES REPRISES.
10. DES ECRANS OU RIDEAUX DE PROTECTION
11. UNE VENTILATION EFFICACE DANS LES ENDROITS CONFINES





DIFFÉRENTS TYPES DE BUSES DE TORCHE POUR LE SOUDAGE TIG

- CERAMIQUE (COULEUR ROSE FONCE ET BRUN CLAIR)
- ALUMINE (COULEUR ROSE)
- CORINDON (COULEUR BLANCHE)

FOURCHETTE DE DIAMETRE DE BUSE PAR INTENSITE	
FOURCHETTE D'INTENSITE	**FOURCHETTE DE DIAMETRE INTERNE**
MOINS DE 70 AMPERES	DE ∅ 5 A ∅ 9 MM
DE 70 AMPERES A 150 AMPERES	DE ∅ 9 A ∅ 11 MM
DE 150 AMPERES A 200 AMPERES	DE ∅ 11 A ∅ 13 MM
DE 200 AMPERES A 250 AMPERES	DE ∅ 13 A ∅ 15 MM
DE 250 AMPERES A 350 AMPERES	DE ∅ 15 A ∅ 19 MM

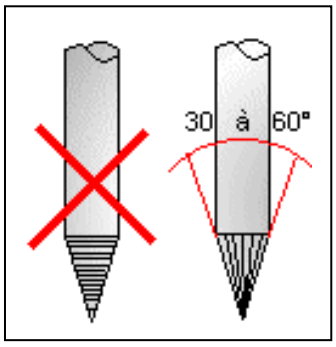
DIFFERENTS TYPES D'ÉLECTRODES INFUSIBLES POUR LE SOUDAGE TIG

- TUNGSTENE PUR (COULEUR D'EXTREMITE VERTE)
- TUNGSTENE THORIE (0,5 A 4 % THORIUM - COULEUR D'EXTREMITE ROUGE)
- TUNGSTENE CERIE (0,5 A 4 % CERIUM)
- TUNGSTENE ZIRCONIE (0,5 A 4 % ZIRCONIUM)

CODIFICATION ET COMPOSITION D'UNE ELECTRODE					
CODIFICATION	**% OXYDE**	**NATURE OXYDE**	**IMPURETE %**	**TUNGSTENE %**	**COULEUR REPERE**
WP	/	/	< 0.20 %	99,8 %	VERT
WT 4	0.35 A 0.55 %	THO_2	< 0.20 %	SOLDE	BLEU
WT 10	0.80 A 1.20 %	THO_2	< 0.20 %	SOLDE	JAUNE
WT 20	1.70 A 2.20 %	THO_2	< 0.20 %	SOLDE	ROUGE
WT 30	2.80 A 3.20 %	THO_2	< 0.20 %	SOLDE	VIOLET
WT 40	3.80 A 4.20 %	THO_2	< 0.20 %	SOLDE	ORANGE
WZ 3	0.15 A 0.50 %	ZRO_2	< 0.20 %	SOLDE	BRUN
WZ 8	0.70 A 0.90 %	ZRO_2	< 0.20 %	SOLDE	BLANC
WL 10	0.90 A 1.20 %	LAO_2	< 0.20 %	SOLDE	NOIR
WL 20	1.80 A 2.20 %	CEO_2	< 0.20 %	SOLDE	GRIS

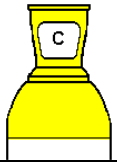
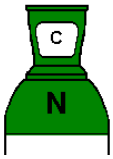
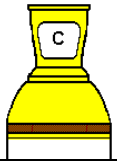
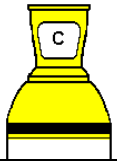
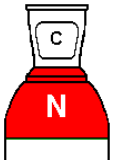
FOURCHETTE D'INTENSITE PAR DIAMETRE D'ELECTRODE		
COURANT CONTINU (POLARITE DIRECTE)		
DIAMETRE ELECTRODE	**TUNGSTENE PUR**	**TUNGSTENE THORIE**
∅ 1,0 MM	10 A 70 AMPERES	10 A 80 AMPERES
∅ 1,6 MM	50 A 100 AMPERES	50 A 120 AMPERES
∅ 2,0 MM	80 A 160 AMPERES	80 A 190 AMPERES
∅ 2,4 MM	100 A 200 AMPERES	100 A 240 AMPERES
∅ 3,2 MM	140 A 260 AMPERES	140 A 300 AMPERES
COURANT ALTERNATIFS		
DIAMETRE ELECTRODE	**TUNGSTENE PUR**	**TUNGSTENE THORIE**
∅ 1,0 MM	10 A 50 AMPERES	20 A 70 AMPERES
∅ 1,6 MM	40 A 80 AMPERES	50 A 100 AMPERES
∅ 2,0 MM	60 A 110 AMPERES	70 A 180 AMPERES
∅ 2,4 MM	80 A 150 AMPERES	90 A 200 AMPERES
∅ 3,2 MM	100 A 200 AMPERES	150 A 250 AMPERES

L'AFFÛTAGE DE L'ÉLECTRODE INFUSIBLE POUR LE SOUDAGE TIG



LA PREPARATION GEOMETRIQUE DE LA POINTE DE L'ELECTRODE INFUSIBLE EST UNE VARIABLE IMPORTANTE. L'AFFUTAGE EST EXECUTE A L'AIDE D'UNE MEULEUSE A GRAIN FIN AVEC RECUPERATION DES POUSSIERES. L'AFFUTAGE DE L'ELECTRODE EST REALISE PAR UN CONE AVEC UN ANGLE COMPRIS ENTRE 30 ET 60 DEGRES. LES STRIES D'USINAGE OU DE MEULAGE DOIVENT ETRE DANS LE SENS LONGITUDINAL DE L'ELECTRODE. LA POINTE D'EXTREMITE DU CONE DOIT ETRE ADOUCIE POUR SUPPORTER LES DENSITES DE COURANT

LES GAZ INDUSTRIELS DE SOUDAGEEN SOUDAGE TIG

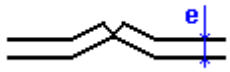
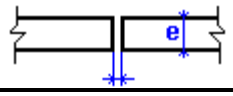
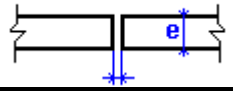
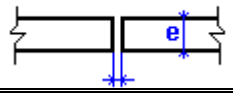
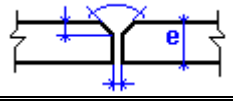
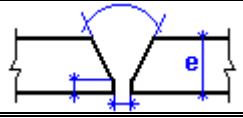
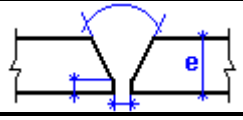
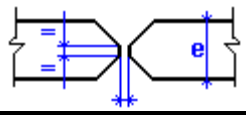
GAZ DE PROTECTION ENDROIT POUR LE SOUDAGE TIG			
COMPOSITON	**ANCIENNE COULEUR D'OGIVE**	**NOUVELLE COULEUR D'OGIVE**	**DESCRIPTION**
GAZ PUR			
ARGON			UTILISABLE DANS LA GRANDE MAJORITE DES APPLICATIONS DE SOUDAGE TIG
MELANGES BINAIRES			
ARGON + 20 % HELIUM			ELEVATION DE LA TEMPERATURE DE L'ARC. VITESSE DE SOUDAGE PLUS IMPORTANTE. POLYVALENCE / PERFORMANCE. COUT IMPORTANT
ARGON + 1 A 3 % AZOTE			UTILISABLE SUR LES ACIERS DUPLEX (AUSTENO-FERRITIQUE)
ARGON + 2 A 5 % HYDROGENE			UTILISABLE EN TIG AUTOMATIQUE AVEC LES INOX AUSTENIQUES –BAIN DE FUSION PLUS CHAUD – MEILLEUR MOUILLAGE – VITESSE D'AVANCE PLUS ELEVEE – PENETRATION AMELIORE. A INTERDIRE SUR LES ACIERS INOXYDABLES MARTENSITIQUES ET LES MATERIAUX SENSIBLES A L'OXYDATION A CHAUD (TITANE, ZIRCONIUM, TANTALE).

NOTA IMPORTANT :

L'UTILISATION D'UN GAZ DE PROTECTION INERTE A L'ENVERS DU BAIN DE FUSION EST OBLIGATOIRE ET TECHNIQUEMENT IMPERATIVE SUR LES MATERIAUX COMME LES ACIERS INOXYDABLES, LES BASES NICKEL, LA TITANE, LE ZIRCONIUM. (ROCHAGE SUR LES INOXYDABLES ET POLLUTION PAR LE GAZ H, O ET N POUR LES MATERIAUX TRES REACTIFS A L'AIR).

LES GAZ UTILISES EN SOUDAGE NE SONT PAS TOXIQUES. TOUTEFOIS A CONCENTRATION ELEVEE, ILS N'ENTRETIENNENT PAS LA VIE. NE TRAVAILLEZ JAMAIS DANS UN LOCAL FERME OU UNE ENCEINTE CONFINEE NON VENTILEE.

PRÉPARATIONS DE JOINTS POUR LE SOUDAGE TIG

QUELQUES PREPARATIONS DE JOINTS POUR LES SOUDAGES TIG			
EPAISSEUR EN MM	**FOURCHETTE D'INTENSITE**	**∅ METAL D'APPORT**	**PREPARATION**
DE 0,5 A 0,8 MM	10 A 25 AMPERES	SANS	
DE O,5 A 0,8 MM	10 A 25 AMPERES	SANS	
DE 0,8 A 1,0 MM	20 A 40 AMPERES	SANS OU ∅ 1,0 MM	
DE 1,5 A 2,0 MM	30 A 60 AMPERES	∅ 1,6 MM	
DE 2,0 A 3,0 MM	45 A 80 AMPERES	∅ 1,6 A 2,0 MM	
DE 2,5 A 4,0 MM	45 A 80 AMPERES	∅ 2,0 MM	
DE 4,0 A 6,0 MM	60 A 100 AMPERES	∅ 2,0 MM	
DE 8,0 A 12 MM	90 A 180 AMPERES	∅ 2,0 A 3,0 MM	
DE 8,0 A 12 MM	90 A 180 AMPERES	∅ 2,0 A 3,0 MM	

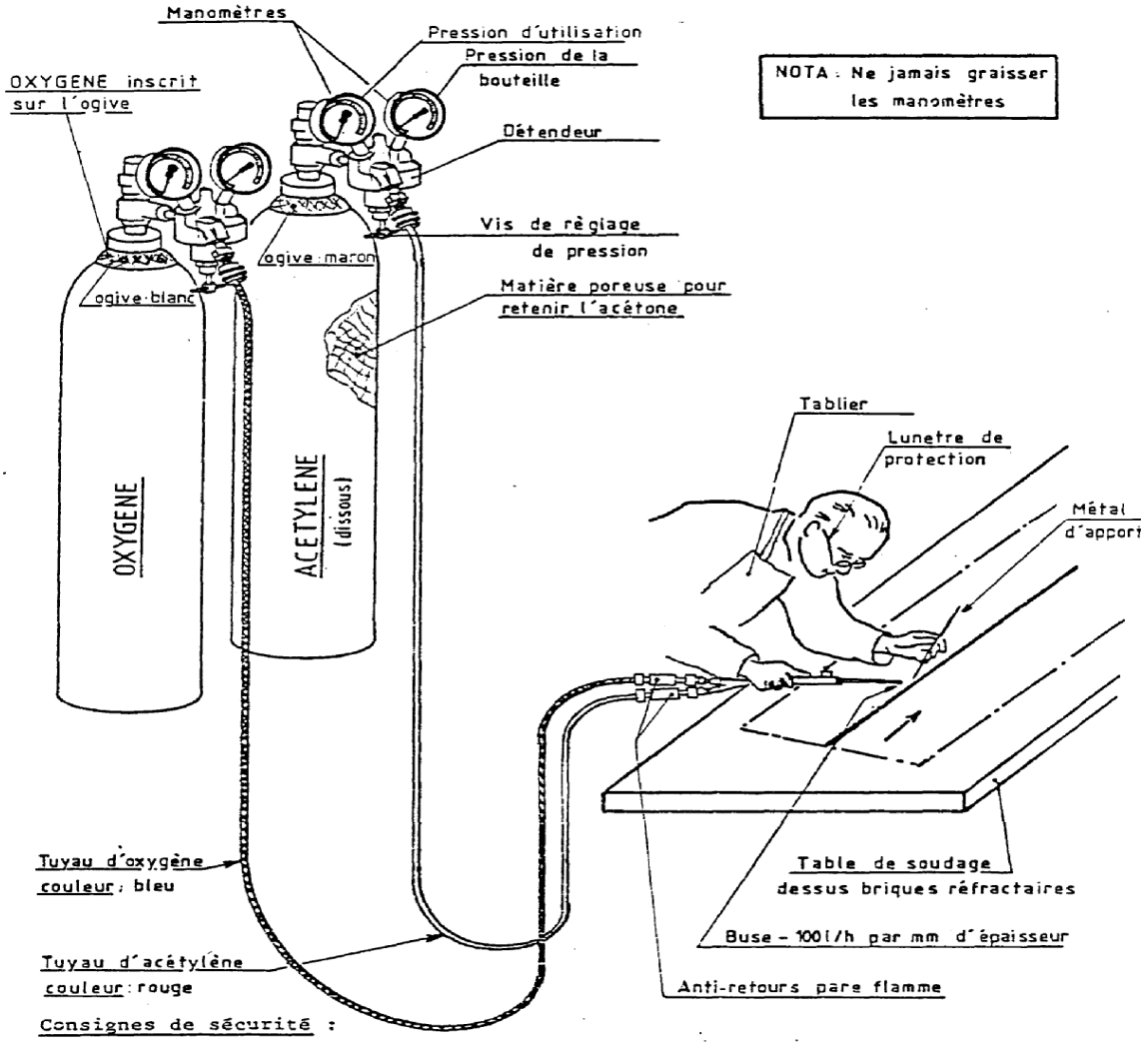
QUELQUES PHOTOGRAPHIESPOUR LE SOUDAGE TIG (GTAW)

Soudage TIG (GTAW) sur aluminium
Copyright © André BRISEBOIS

S.O.A

SOUDAGE OXYACETYLENIQUE

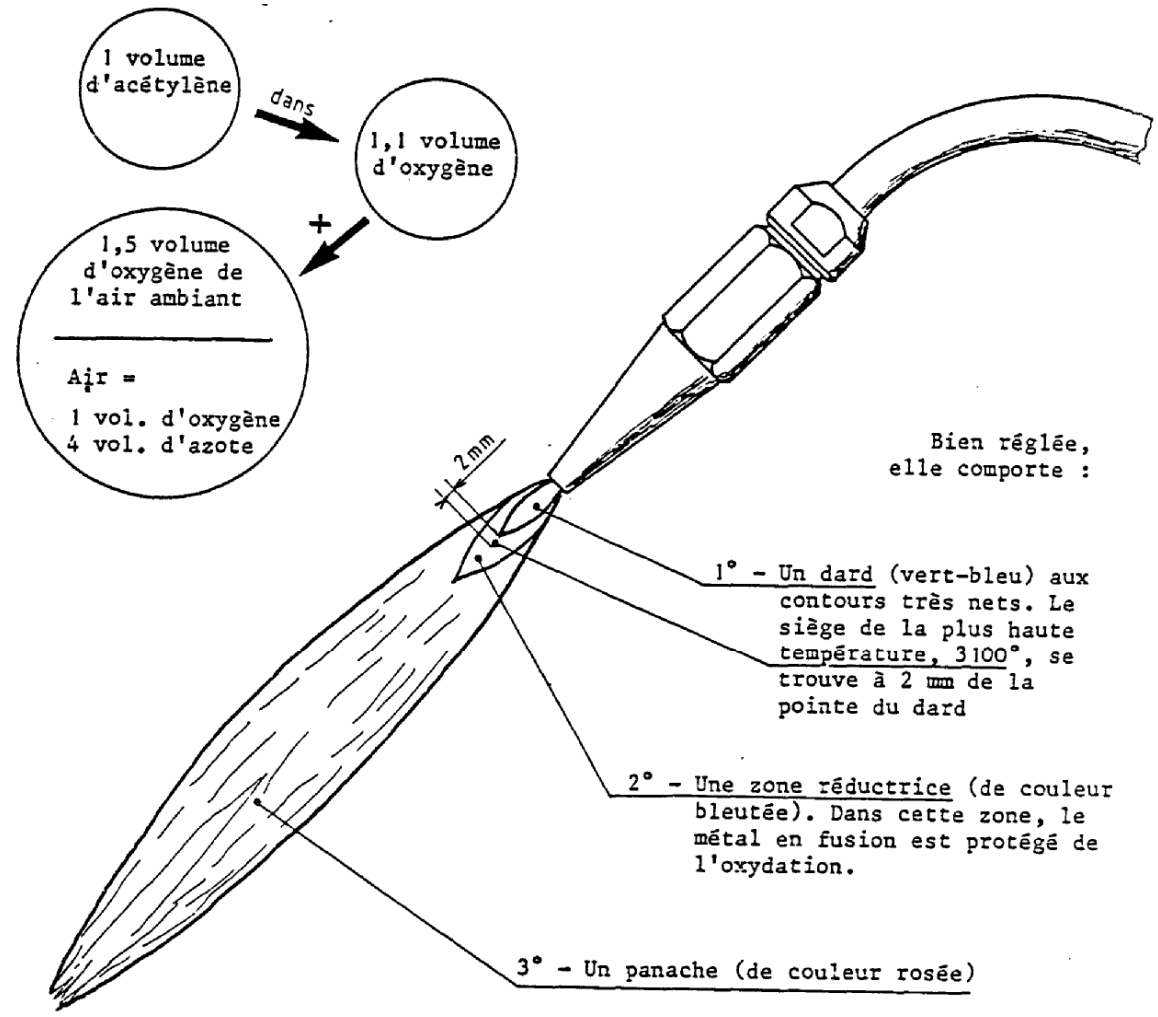
1- LE POSTE DE SOUDAGE

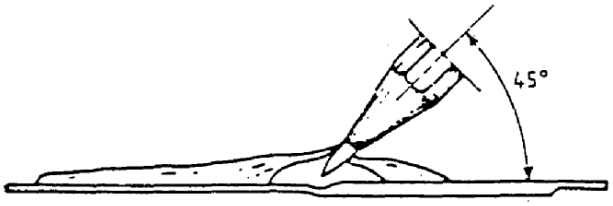


- VERIFIER L'ETAT DES TUYAUX POUR EVITER LES FUITES AUX RACCORDS
-NE JAMAIS GRAISSER LES PIECES EN CONTACT AVEC L'OXYGENE (DETENDEUR ET VANNES SUR CANALISATION)
-NE JAMAIS ACCROCHER LE CHALUMEAU ALLUME SUR LES BOUTEILLES.

2 — LA FLAMME OXYACETYLENIQUE

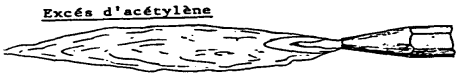
PRINCIPE DU SOUDAGE OXY—ACETYLENIQUE
CE PROCEDE UTILISE LA CHALEUR D'UNE FLAMME PRODUITE PAR LA COMBUSTION DE L'ACETYLENE PAR L'OXYGENE.
ELLE EST FORMEE PAR LA COMBUSTION DE :





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

3-LE REGLAGE DE LA FLAMME



DARD FLOU AVEC AUREOLE BLANCHATRE, FLAMME CARBURANTE PROVOQUANT UN BOUILLONNEMENT DU METAL EN FUSION. SOUDURE CARBUREE

DARD AMINCI AVEC SIFFLEMENT ACCENTUE.
METAL EN FUSION INSTABLE.

DARD DEVIE PAR DES PARTICULES D'OXYDE PROJETEES A L'ORIFICE DE LA BUSE. REMEDIER PAR NETTOYAGE DE LA BUSE SUR UN MORCEAU DE BOIS OU A L'AIDE D'UNE AIGUILLE EN CUIVRE. NE

PAR UNE PRESSION TROP FORTE DE L'UN DES DEUX GAZ.
FROTTER LA BUSE SUR UN

INCIDENTS DE MARCHE :

— PAR LA DIMINUTION DE LA PRESSION DE L'UN OU DES DEUX GAZ.
— MAUVAIS ETAT 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'OXYGENE OUVERT,
L'ACETYLENE FERME).
— BUSE DETERIOREE.

FEU INTERNE AU CHALUMEAU

— SIFFLEMENT AIGU,
— LA FLAMME S'ETEINT,
— UNE FUMEE NOIRE OU DES ETINCELLES SORTENT PAR LA BUSE.
— PLIER RAPIDEMENT LES 2 TUYAUX POUR COUPER L'ARRIVEE 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 :

DEREGLAGE DE LA FLAMME
PAR LA DIMINUTION DE LA PRESSION DE L'UN OU DES DEUX GAZ. MAUVAIS ETAT 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'OXYGENE OUVERT, L'ACETYLENE FERME), DE PREFERENCE, TREMPER LE CHALUMEAU DANS DE L'EAU PROPRE.
BUSE DETERIOREE.

FEU INTERNE AU CHALUMEAU
SIFFLEMENT STRIDENT APPARAFT ET LA FLAMME S'ETEINT.
L'ECHAUFFEMENT EXCESSIF DE LA BUSE ET DU CHALUMEAU SE PRODUIT.
DE LA FUMEE NOIRE OU DES ETINCELLES SORTENT PAR LA BUSE.
DANS CE CAS
PLIER RAPIDEMENT LES TUYAUX EN CAOUTCHOUC EN CAS D'UNE RENTREE DE LA FLAMME A L'INTERIEUR DU CHALUMEAU, ENSUITE, FERMER LES ROBINETS D'ALIMENTATION D'ACETYLENE ET D'OXYGENE.

ECONOMISEUR DE GAZ
APPAREIL ACCESSOIRE PERMET DE COUPER OU D'OUVRIR AUTOMATIQUEMENT LE CIRCUIT DES GAZ SUIVANT L'ARRET OU L'UTILISATION DU CHALUMEAU.
ECONOMIES DE GAZ.

SECURITE
VERIFIER PERIODIQUEMENT SON ETANCHEITE POUR EVITER LES FUITES.
AUX ARRETS, UTILISER L'ECONOMISEUR COUPANT LES DEUX GAZ POUR SUPPRIMER LES RISQUES DE
BRULURE.

-POUR EVITER LES FLA1'FL'1ECHES NOIRES A L'ALLUMAGE, OUVRIR D'ABORD LEGEREMET 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

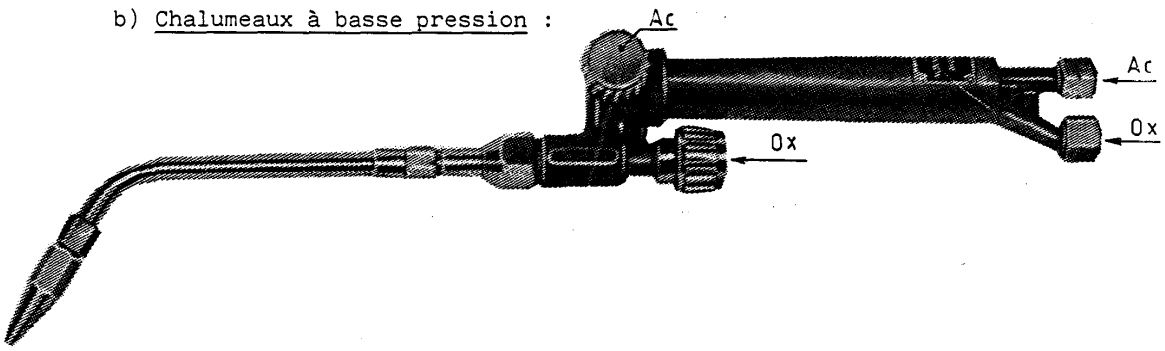
APPAREILS MELANGEANT L'ACETYLENE ET L'OXYGENE POUR FOURNIR UNE FLAMME SOUDANTE STABLE ET REGULIERE.
MODIFICATION DU DEBIT PAR CHANGEMENT DE LA BUSE, REGLAGE DES GAZ PAR LES ROBINETS.

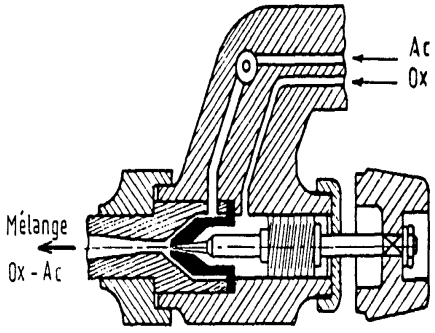
DEUX TYPES :

— CHALUMEAUX A HAUTE PRESSION.
— CHALUMEAUX A BASSE PRESSION.

A) CHALUMEAUX A HAUTE PRESSION

FONCTIONNEMENT EN EMPLOYANT UNE PRESSION EGALE D'ACETYLENE ET D'OXYGENE (0,2 A 0,7 BAR).
NE PEUVENT ETRE UTILISES QU'AVEC UN POSTE A ACETYLENE DISSOUS (BOUTEILLE) OU AVEC UN GENERATEUR A ACETYLENE A HAUTE PRESSION.
PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT
SOUS PRESSION EGALE, LES GAZ CONVERGENT VERS UN ORIFICE ETROIT, QUI ACCELERE L'ECOULEMENT, ET LEUR REUNION DANS LA CHAMBRE DE MELANGE.





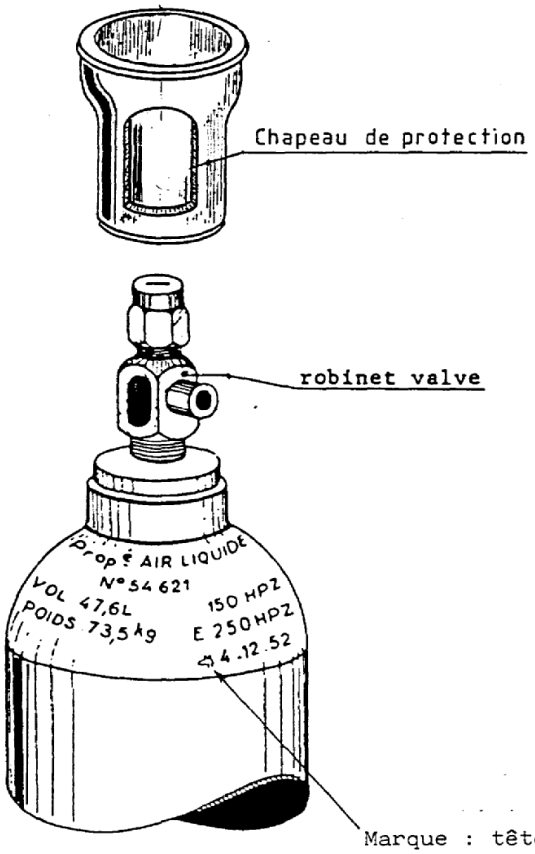
— L'ACETYLENE ARRIVE AUTOUR DE L'INJECTEUR SOUS UNE BASSE PRESSION.
- L'OXYGENE JAILLIT AU CENTRE DE L'INJECTEUR SOUS UNE PRESSION PLUS ELEVEE. IL ENTRAINE L'ACETYLENE DANS LE

LES BOUTEILLES

BOUTEILLES OU TUBES EN ACIER FORGE.
ROBINETS, VALVES ET RACCORDS DE SORTIE DIFFERENTS SUIVANT LES GAZ EMMAGASINES.
RECONNAISSANCE DES GAZ PAR LA COULEUR DES OGIVES :

OXYGENE : BLANC	ACETYLENE : MARRON
HYDROGENE :	CLAIR
ROUGE	ARGON : JAUNE
AZOTE : NOIR	AIR COMPRIME : NOIR
HELIUM : BRUN	BANDES BLANCHES

6.1. — BOUTEILLES D'OXYGENE



Contenance 7 m^3 - 5 m^3 - 2 m^3
pression 150 et 200 bars.

Sécurité

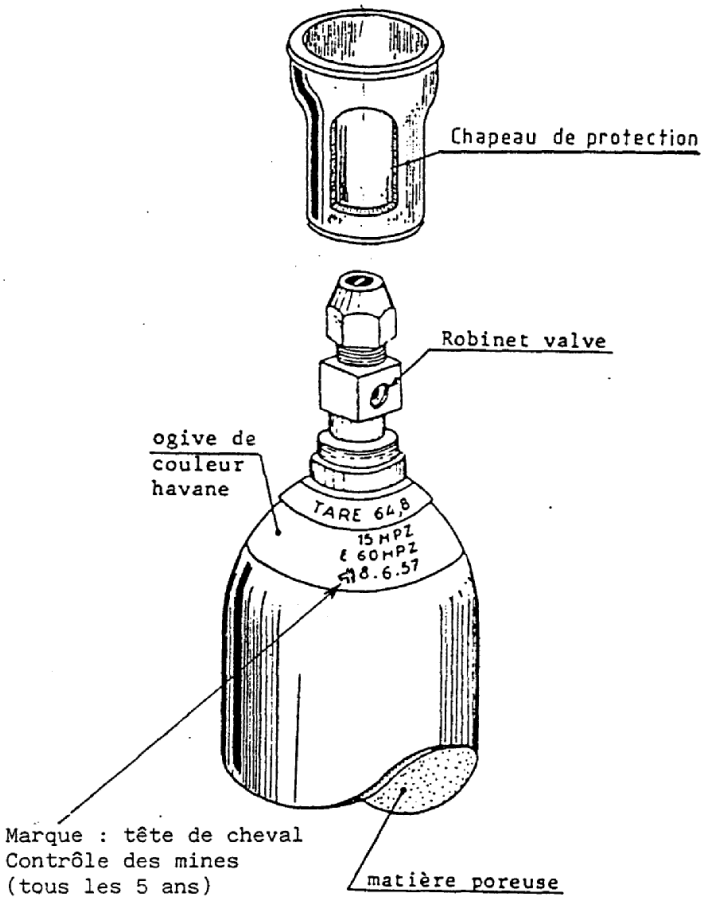
Les bouteilles pleines ou vides ne doivent pas recevoir de chocs.

Ne jamais graisser ni démonter un robinet de bouteille.

Purger la bouteille avant la pose du manomètre

Marque : tête de cheval
Contrôle des mines
(tous les 5 ans)

6.2. — BOUTEILLES D'ACETYLENE



Contenance 4 m^3 et 2 m^3 .
pression 15 bar/cm^2 (kg cm^2)

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.

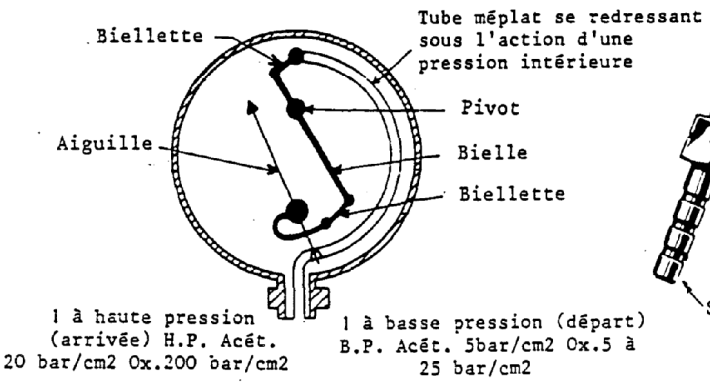
SECURITE

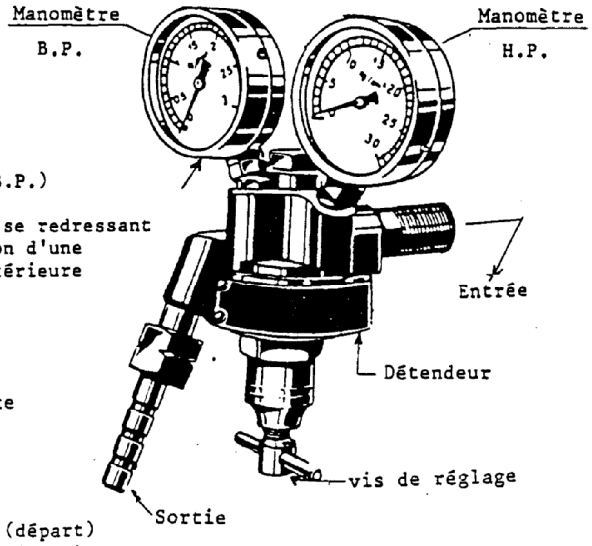
NE PAS EXPOSER LES BOUTEILLES D'ACETYLENE A LA CHALEUR NI AU SOLEIL.
FERMER RAPIDEMENT LE ROBINET DE LA BOUTEILLE, EN CAS D'INFLAMMATION DU GAZ PAR SUITE D'UNE FUITE.

7 - LES DETENDEURS

LE ROLE { .abaisser la pression
.règler la pression

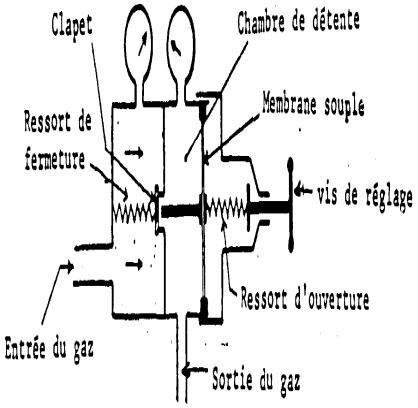
Manomètres : Appareils indiquant la pression d'emmagasinage (H.P.) ou la pression de débit (B.P.)

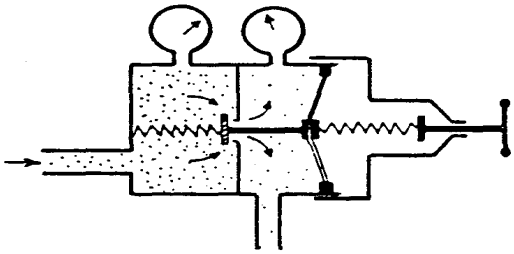




1— DETENDEUR MONTE SUR UNE BOUTEILLE PLEINE VIS DE REGLAGE DESSERREE

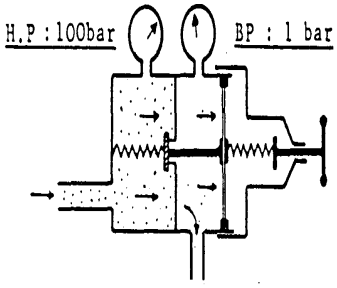
2 - ON VISSE LA VIS DE REGLAGE POUR OBTENIR UNE PRESSION DE I KG. LE GAZ PENETRE DANS LA CHAMBRE DE DETENTE

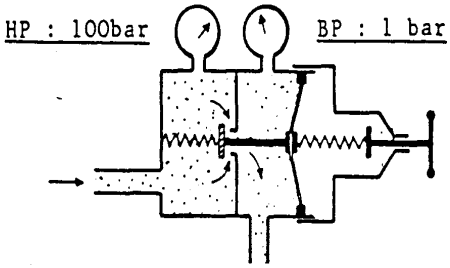




3 — LE ROBINET DU CHALUMEAU ETANT FERME. LA PRESSION POUSSE LA MEMBRANE ET FERME LE CLAPET

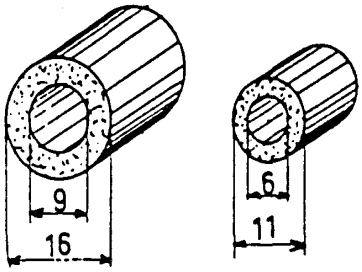
4 — ON DEVISSE LE ROBINET DU CHALUMEAU. LE CLAPET S'ENTROUVRE POUR MAINTENIR LA





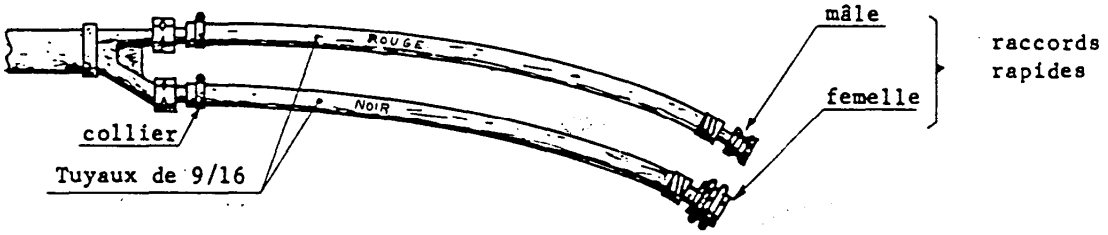
PURGER LA BOUTEILLE AVANT DE RACCORDER LE DETERREUR.
VERIFIER L'ETANCHEITE DU RACCORDEMENT POUR EVITER LES •FUITES. (JOINTS PRESTO, ETC.
OU AVEC UNE RONDELLE DE PLOMB).
DEVISSER LA VIS DE REGLAGE APRES UTILISATION POUR EVITER L'ECLATEMENT DE LA MEMBRANE.
NE PAS DEGIVRER LES DETENDEURS AVEC UNE FLAMME, UTILISER UN RECHAUFFEUR (RESISTANCE ELECTRIQUE) OU DE L'EAU CHAUDE.

8 - LES TUYAUX



TUYAUX SPECIAUX, EN CAOUTCHOUC, SOUPLES ET FORTEMENT ENTOILES POUR ETRE RESISTANTS.
DEUX DIAMETRES
TUYAU DE 6 X 11 POUR CHALUMEAUX N° 00 ET N° 0.

DEUX COULEURS
ROUGE POUR L'ACETYLENE. NOIRE OU BLEU POUR L'OXYGENE
FIXATION DES TUYAUX PAR COLLIERS DE SERRAGE.
RACCORDEMENT DES TUYAUX PAR RACCORDS RAPIDES. LES INVERSER POUR EVITER LES ERREURS DE BRANCHEMENT.



SECURITE

NE JAMAIS INTERVERTIR LES TUYAUX DANS LE MONTAGE D'UN CHALUMEAU, LE CAOUTCHOUC ETANT IMPREGNE D'ACETYLENE PEUT S'ENFLAMMER AU CONTACT DE L'OXYGENE SOUS PRESSION.
EVITER LE CONTACT DES TUYAUX AVEC LES PRODUITS GRAS QUI DISSOLVENT LE CAOUTCHOUC, OU LES PROJECTIONS D'OXYDE QUI LES BRULENT.
FIXER LES TUYAUX SUR LES APPAREILS DE SOUDAGE PAR DES COLLIERS POUR EVITER LES DEBOITEMENTS, LES FUITES, CAUSES D'ACCIDENTS SOUVENT GRAVES.
RECHERCHER LES FUITES D'ACETYLENE AVEC DE L'EAU SAVONNEUSE A L'EXCLUSION DE TOUTE FLAMME, LES FUITES D'OXYGENE AVEC UNE MECHE D'AMADOU OU UN CHIFFON EN IGNITION.
VERIFIER FREQUEMMENT L'ETAT DES TUYAUX EN CAOUTCHOUC, SOIGNER LA FIXATION DES TUYAUX SUR LES APPAREILS.

9 - LE METAL D'APPORT

PRESENTATION EN : ECHEVEAUX, BAGUETTES, COURONNES.
DOIT ETRE DE MEME COMPOSITION QUE LE METAL A SOUDER, OU CONTENIR DES ELEMENTS AMELIORANTS (JOINT HOMOGENE).
EVITER D'EMPLOYER UN METAL D'APPORT OXYDE.
LE CHOIX DU 0 DU METAL D'APPORT NE PEUT S'EFFECTUER QU'EN FONCTION DE LA METHODE DE SOUDAGE UTILISEE, DE LA NATURE ET DE L'EPAISSEUR DU METAL A SOUDER.
UN FIL DE FAIBLE 0 PROVOQUE LA DISPARITION DES ELEMENTS AMELIORANTS.
UNE MAUVAISE REPARTITION DU METAL 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'EXTREMITE DES BAGUETTES POUR EVITER LES ACCIDENTS.

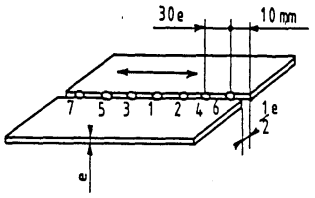
ECONOMISEUR

APPAREIL ACCESSOIRE PERMET DE COUPER OU D'OUVRIR AUTOMATIQUEMENT LE CIRCUIT DES GAZ SUIVANT L'ARRET OU L'UTILISATION DU CHALUMEAU.
ECONOMIES DE GAZ.
VERIFIER PERIODIQUEMENT SON ETANCHEITE.

10- LES METHODES DE SOUDAGE

10.1-SOUDAGE BOUT A BOUT A PLAT SUR BORDS DROITS

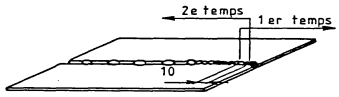
S'EXECUTE SUR TOLE DE 0,8 A 3 MM PAR LA METHODE A GAUCHE.



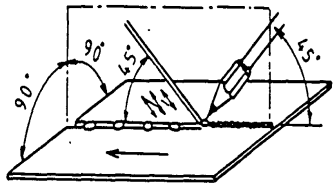
ECARTEMENT DE BORDS
1/2 EPAISSEURS DES TOLES, APRES POINTAGE, AU-DESSUS DE 15/10 D'EPAISSEUR.

POINTAGE
ESPACEMENT DES POINTS EGAL DE 20 A 30 E. PLUS LE JOINT EST

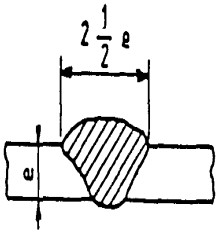
SOUDAGE
DEBIT DE LA BUSE 100 1/H PAR MM D'EPAISSEUR A SOUDER.
Ø DU METAL D'APPORT = 1/2E + 1 MIN.
LEGERS MOUVEMENTS OSCILLATOIRES DE BAS EN HAUT DU METAL D'APPORT SANS QUE L'EXTREMITE DU FIL NE SORTE



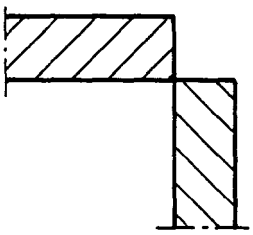
LE SOUDAGE S'EFFECTUE EN 2 TEMPS
1- EXECUTION D'UN TALON DE QUELQUES CENTIMETRES DE LONGUEUR POUR EVITER LE FISSURAGE DU CORDON.
2 - FINITION DE LA SOUDURE EN REPRENANT LE TALON SUR I CM (LIAISON PARFAITE DU



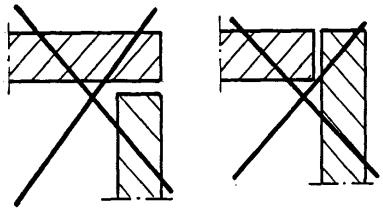
CARACTERISTIQUES D'UNE BONNE SOUDURE
LE CORDON DOIT AVOIR UNE LEGERE SUREPAISSEUR, DES STRIES REGULIERES SANS CRATERE TERMINAL, UNE FUSION TOTALE AVEC



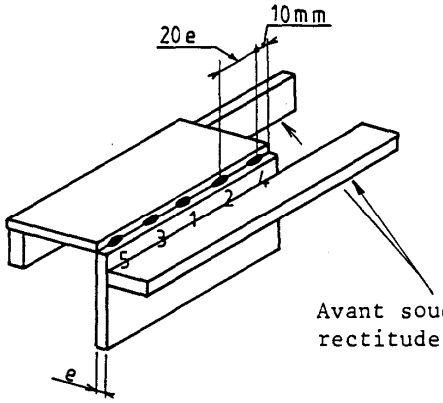
10.2— A PLAT SUR ANGLE EXTERIEUR



S’EXECUTE SUR TOLES DE I A 3 = D’EPAISSEUR.



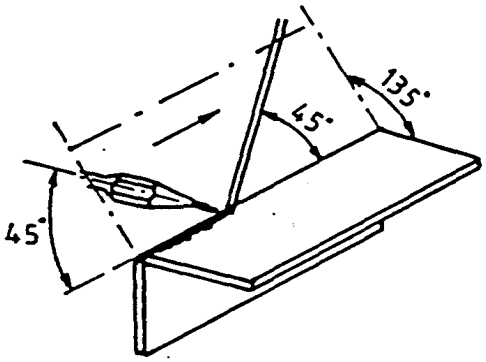
DEFAUTS DE PREPARATION
MAUVAISE DISPOSITION DES BORDS QUI S’OPPOSENT A UNE BONNE PENETRATION



Pointage

Pointage alterné avec espacement des points égal à 20e, sur bords formant chanfrein naturel.

Avant soudage - Contrôler la rectitude des bords



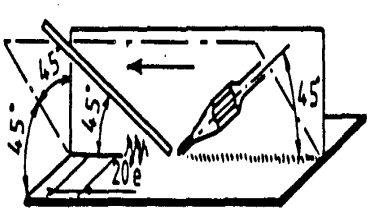
Soudage

Débit de la buse 70 l/h par mm d'épaisseur à souder.

Ø du métal d'apport $\frac{1}{2}$ e + 1 mm

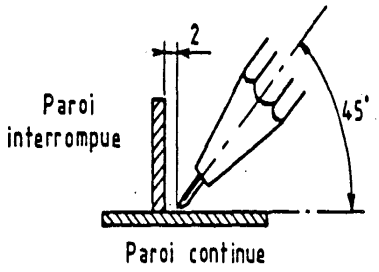
Légers mouvements transversaux du métal d'apport pour unir les bords.

10.3. — À PLAT EN ANGLE INTERIEUR

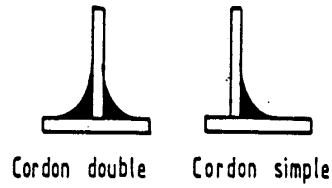


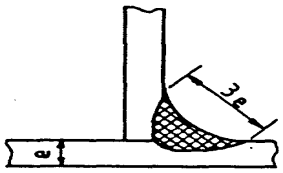
S'EXECUTE SUR DES EPAISSEURS
NE DEPASSANT PAS 3 MM
CE GENRE DE SOUDAGE APPELE
SOUDAGE EN T A CORDON
SIMPLE OU A CORDON DOUBLE.

POINTAGE
POINTAGE ALTERNE.
ESPACEMENT DES POINTS
EGAL A 20E.
PREVOIR LE RETRAIT DANS
LE SOUDAGE D'UN SEUL



SOUDAGE
DEBIT DE LA BUSE 125 1/H PAR N
D'EPAISSEUR A SOUDER.
Ø DU METAL D'APPLICATION
LEGEREMENT SUPERIEUR A 1/2+1MM.
POINTE DU DARD DEPORTE POUR
COMPENSER LA PERTE DE CHALEUR
DANS PAROI CONTINUE.
MOUVEMENTS TRANSVERSAUX DU
METAL D'APPORT POUR UNIR LES
DEUX PAROIS.

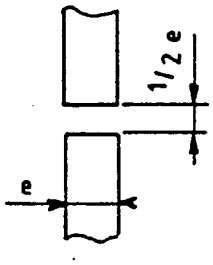




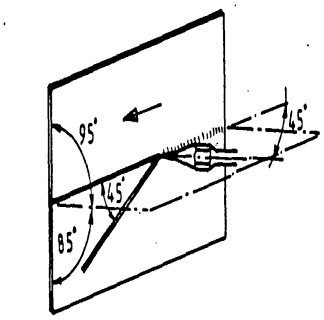
CARACTERISTIQUES D'UNE
BONNE SOUDURE
CORDON CONCAVE ET REGULIER
BIEN PENETRE ET RACCORDE AUX
PAROIS.
LA LARGEUR DU CORDON DOIT

10.4. — SOUDAGE HORIZONTAL BOUT A BOUT DE BORDS DROITS SUR PAROI VERTICALE
SOUDAGE DIT EN CORNICHE.

S’EXECUTE SUR DES EPAISSEURS DE 1 A 3 MM D’EPAISSEUR.



ECARTE1ENT DES BORDS
1/2 EPAISSEURS DES T8LES APRES POINTAGE.
POINTAGE
POINTAGE ALTERNE.
ESPACEMENT DES POINTS EGAL A 20

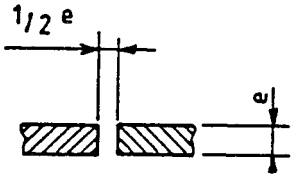


SOUDAGE
DEBIT DE LA BUSE : DE 75 MM D’EPAISSEUR.
Ø DU METAL D’APPORT EGAL A 1/2 E.
SOUDER, LA FLAMME DIRIGEE VERS LE HAUT, POUR SOUTENIR LE METAL EN FUSION.
LE METAL D’APPORT EST ANIME D’UN MOUVEMENT DE BAS EN HAUT SANS

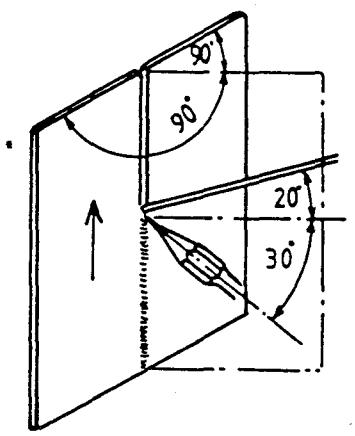
CARÂCTERISTIQUES D’UNE BONNE SOUDURE
CORDON LISSE, BIEN PENETRE, LEGEREMENT BOMBE ET BIEN RACCORDE AUX PAROIS.

10.5. — SOUDAGE BOUT A BOUT VERTICAL MONTANT SUR BORDS DROITS

S’EXECUTE SUR TOLES DE 2 A 6 MM.



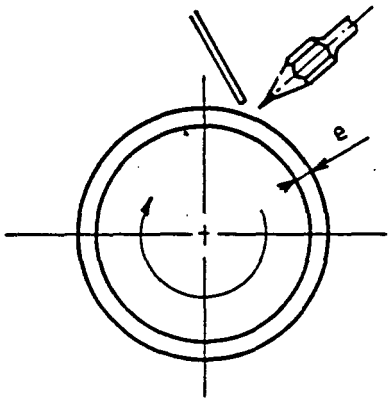
POINTAGE
ECARTEMENT DES BORDS 1/2 E.
POINTAGE ALTERNE.
ESPACEMENT ENTRE POINTS 20
A 30 E.



SOUDAGE
DEBIT DE LA BUSE : 60 1/H PAR MM D'EPAISSEUR. METAL D'APPORT Ø 2 POUR EPAISSEURS DE 2 A 4 MM. METAL D'APPORT Ø 3 T POUR EPAISSEURS DE 5 A 6 MM. SOUDAGE SANS TALON. POINTE DE DARD A I N DU BAIN DE FUSION. LE METAL D'APPORT PLACE EN AVANT DU CHALUMEAU PLONGE, PAR SACCADES RAPIDES, SUR UN PONT LIQUIDE EN S'ECARTANT DU BAIN DE FUSION DE 3 A 4 SANS SORTIR DE LA ZONE REDUCTRICE. AU DEBUT, PROVOQUER

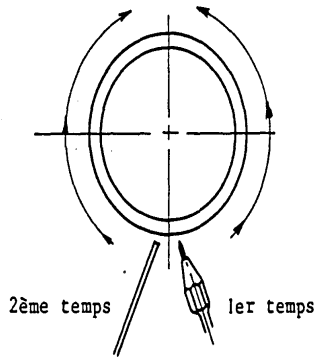
DEFAUTS D'EXECUTION
UNE AVANCE LENTE, UN DARD PUISSANT OU TROP PRES DE LA TALE AUGMENTE LE DIAMETRE DU TROU. UN DARD FAIBLE OU TROP ELOIGNE DE LA T&LE DIMINUE LE DIAMETRE DU TROU QUI A TENDANCE A SE BOUCHER. UN DARD PUISSANT OU ELOIGNE DE LA TALE

10.6 — RABOUTAGE DE TUBES EN POSITION HORIZONTALE

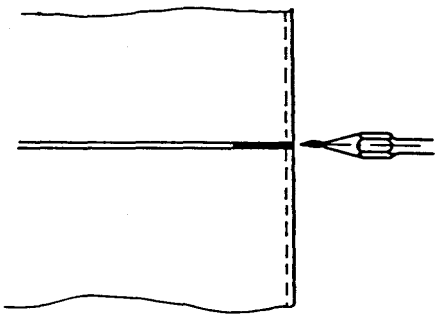


SOUDAGE
TUBES QUE L'ON PEUT TOURNER
SOUDAGE DEMI—MONTANT AVEC ROTATION DU TUBE. DEBIT DE LA BUSE : 100 1/H PAR MM D'EPAISSEUR. Ø DU METAL D'APPORT : 1/2 E + 1 MIN. BIEN FONDRE LA FIN AVEC LE DEBUT DU

TUBES QUE L'ON NE PEUT PAS TOURNER
SOUDAGE EN 2 TEMPS. METHODES MIXTES (PLAFOND MONTANT, A PLAT). DEBIT DE LA BUSE : 75 1/H



RABOUTAGE EN POSITION VERTICALE



SOUDAGE
METHODE DITE « EN CORNICHE »
DEBIT DE LA BUSE : 70 1/H PAR D'EPAISSEUR.
Ø DU METAL D'APPORT : DE 1 A 3 MM.
NOTA : NE JAMAIS PREVOIR DE TALON

LE SOUDO-BRASAGE

DEFINITION
C'EST L'ASSEMBLAGE DE 2 PIECES METALLIQUES (DE MEME NATURE OU NON)

SANS FONDRE LES BORDS A ASSEMBLER, MAIS UNIQUEMENT PAR LA FUSION D'UN METAL D'APPORT DE SOUDO BRASAGE QUI SOUS L'EFFET DE LA FLAMME, VIENT MOUILLER SUR LES PARTIES A ASSEMBLER ET FORME LE « CORDON DE SOUDURE ».

MOL I LLAGE

PHENOMENE D'ACCROCHAGE CARACTERISE PAR LA SOLUBILITE DU METAL D'APPORT QUI EN FUSION SE LIE FACILEMENT (S'ACCROCHE) SUR LES PARTIES A ASSEMBLER

Le métal d'apport mouille Le métal d'apport ne mouille pas

3 CONDITIONS A RESPECTER POUR OBTENIR UN BON MOUILLAGE

1°) TEMPERATURE CONVENABLE
2°) PROPRETE DES BORDS A ASSEMBLER (DECAPAGE — LIMAGE — MEULAGE)
3°) METAL D'APPORT EN RAPPORT AVEC LA NATURE DES MATERIAUX A ASSEMBLER.

ZONE DE TEMPERATURE A RESPECTER

ACIER 750 A 9000° C (ROUGE CERISE)
FONTE 650 A 800° C (ROUGE SOMBRE)
CUIVRE 890° C
ALUMINIUM 590° C

FLUX DECAPANT

PRODUIT INDISPENSABLE POUR REALISER UNE BRASURE.
IL SERT DE FONDANT, C'EST-A-DIRE : S'OPPOSE A L'OXYDATION DU BAIN DE FUSION, REDUIT LES OXYDES ET FACILITE LE MOUILLAGE.
IL S'APPLIQUE A FROID SUR LES BORDS A ASSEMBLER ET SUR LE METAL D'APPORT. A UTILISER AVEC PRECAUTIONS : SE LAVER LES MAINS APRES EMPLOI
NE PAS RESPIRER LES VAPEURS.

DOMAINE D'APPLICATION

- DES FONTES
- DES ACIERS — ACIERS GALVANISES — ACIERS ALLIES
- DU CUIVRE — BRONZE — LAITONS
- DE PIECES DE NATURE DIFFERENTE : ACIER AVEC CUIVRE
  ACIER AVEC FONTE

METAL 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 A LA VOLATILISATION DU ZINC. IL PARTICIPE AUSSI A LA DESOXYDATION

PRESENTATION

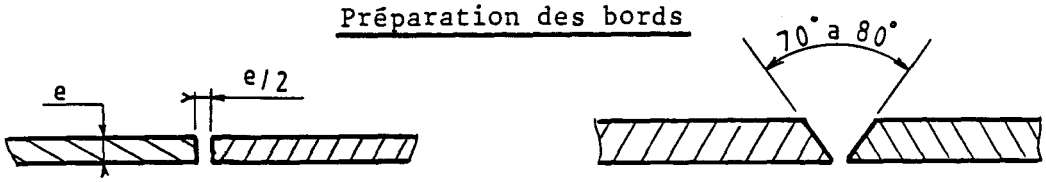
— SOUS FIL DE Ø 1,6 A 6 MM, DE LONGUEUR DE 500 OU 1 000.
ON TROUVE EGALEMENT DES FILS ENROBES DE FLUX.

EXECUTION

LE SOUDO-BRASAGE DEMANDE UNE PREPARATION TRES SOIGNEE.

NETTOYER TRES PROPREMENT LES BORDS A ASSEMBLER : A LA MEULE OU A LA LIME.

AUCUNE TRACE DE GRAISSE, DE ROUILLE OU DE CORPS ETRANGER NE DOIT DEMEURER.



JUSQU'A 4 MM D'EPAISSEUR

À PARTIR DE 5 MM D'EPAISSEUR CHANFREINER

CHAUFFAGE AU CHALUMEAU (AU DARD)
MEME METHODE QUE LE SOUDAGE OXYACETYLENIQUE MAIS BUSE PLUS FAIBLE
75 1 PAR MM D'EPAISSEUR

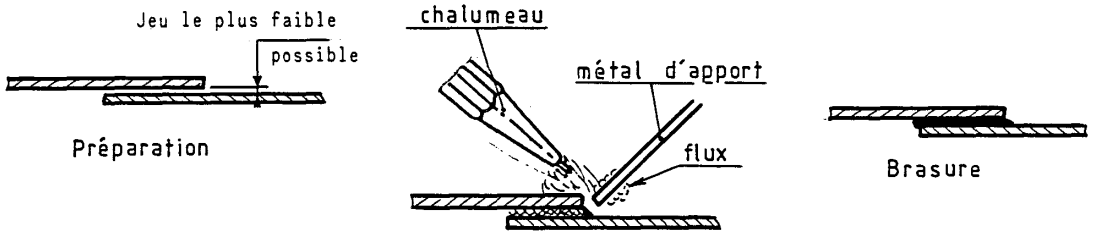
NOTA : POUR LE SOUDO—BRASAGE DE LA FONTE, EVITER LES ANGLES VIFS LORS DU CHANFREINAGE, IL Y A RISQUE DE FUSION DES ARETES ET FORMATION DE FONTE BLANCHE.

LE BRASAGE

DEFINITION

LES PIECES A ASSEMBLER SONT CHAUFFEES JUSQU'A LA TEMPERATURE DE MOUILLAGE, DIFFERENTE SUIVANT LE METAL. LE JOINT EST TOUJOURS A RECOUVREMENT.

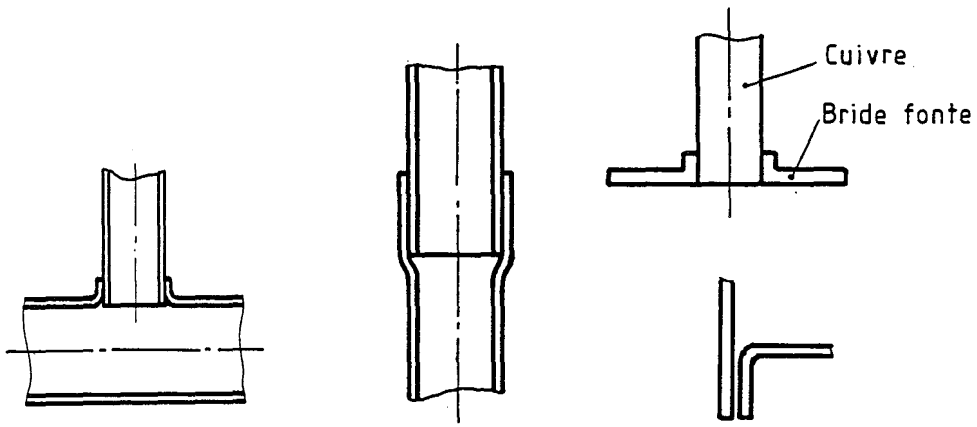
DES QUE LES PIECES SONT A LA "BONNE" TEMPERATURE, LE METAL D'APPORT FOND AU CONTACT, COULE ET REMONTE DANS L'ESPACE CAPILLAIRE (JEU) REALISANT AINSI L'ASSEMBLAGE.



TEMPERATURE DE BRASAGE

- ACIER : 600 A 800°C
- CUIVRE : 600 A 850°C
-ACIER INOXYDABLE : 600 A 650°C

DIFFERENTES APPLICATIONS



TUBE CUIVRRE

NB : LE JOINT EST TOUJOURS A RECOUVREMENT. LE JEU DOIT ETRE LE PLUS ETROIT POSSIBLE.

EXECUTION

LA PREPARATION DEMANDE UN AJUSTAGE SOIGNE DES PIECES DE L'ORDRE DE 0,03 A 0,10 MM DE JEU POUR FACILITER LA CAPILLARITE ET EMPLOYER UN BON DECAPAGE.

- CHOISIR LE FLUX DECAPANT CORRESPONDANT BIEN A L'OPERATION DE BRASAGE EFFECTUEE

-CHAUFFAGE : LE CHALUMEAU OXYACETYLENIQUE EST LE MOYEN LE PLUS PRATIQUE. IL RESOUD DE NOMBREUX CAS.

- ATTENTION A NE PAS TROP CHAUFFER.

BRASURE TENDRE

- C'EST UNE BRASURE REALISEE AVEC UN METAL D'APPORT TRES FUSIBLE (TYPE SOUDURE A L'ETAIN) AVEC UNE TEMPERATURE DE CHAUFFAGE TRES BASSE (DE 180 A 450° C). L'EMPLOI D'UN FONDANT EST NECESSAIRE : CHLORURE DE ZINC (OU ESPRIT DE SEL).

REPARATION DE PIECES EN FONTE PAR SOUDO BRASAGE

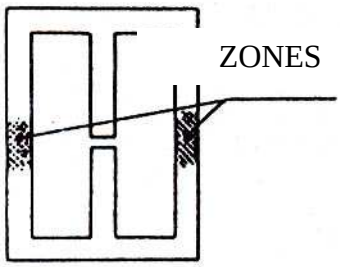
EN PLEIN PIECE, ARRETER LA CASSURE PREVOIR LES EFFETS DU RETRAIT ET DE LA DILATATION (FRAGILITE, MANQUE D'ELASTICITE).

ECARTER LES BORDS POUR COMPENSER LA CONTRACTION DE LA SOUDURE ET LE RETRAIT DES PARTIES PRECHAUFFEES. ET UNIFORME DES PIECES COMPLEXES.

PRECHAUFFAGE PARTIEL POUR PIECES NON MASSIVES.

CHAUFFAGE AU CHARBON DE BOIS (TEMPERATURE REGULIERE, NE DEGAGE NI SUIE, NI FUMEE, AUCUN DEPOT NE GENE LE SOUDAGE).

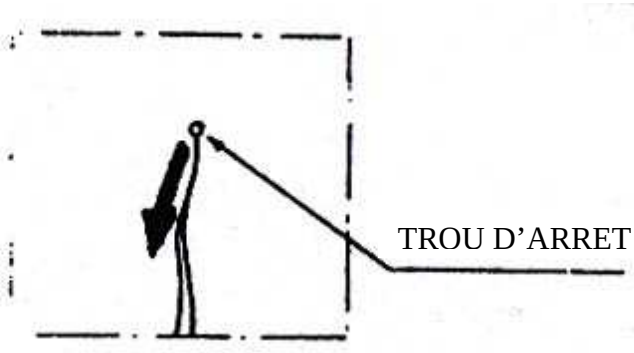
LE «MOUILLAGE» DE LA FONTE GRISE S'OPERE AU ROUGE SOMBRE (AUX TEMPERATURES SUPERIEURES, LE GRAPHITE S'OPPOSE AU MOUILLAGE).



METHODE DE SOUDO-BRASAGE

D'UNE FENTE ABOUTISSANT A UN BORD

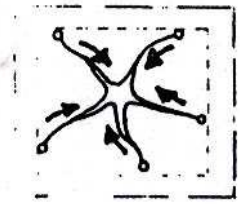
PARTIR DE LA PARTIE BRIDEE VERS LA PARTIE NON BRIDEE



D’UNE CASSURE EN ETOILE

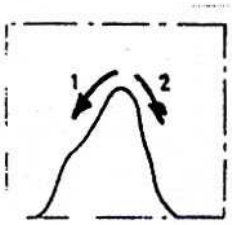
SOUDER LES POINTES DE L’ETOILE VERS LE CENTRE.

LORSQUE LA SOUDO-BRASURE RISQUE D’ETRE TROP IMPORTANTE ENLEVER LA PARTIE FELEE ET LA REMPLACER PAR UNE PIECE EN ACIER.



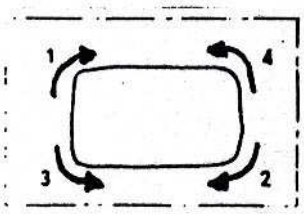
D’UNE PARTIE DETACHEE D’UN BORD D’UNE PIECE

PARTIR DU MILIEU DE LA CASSURE VERS LE BORD, D’UN COTE PUIS DE L’AUTRE.



D’UNE PIECE RAPPORTEE DANS UN CONTOUR FERME

SOUDER PAR PORTIONS OPPOSEES.



D’UN VOLANT CASSE

SOUDER LE BRAS (1) ET ENSUITE LA JANTE (2).

_____DES PIECES SOUDO-BRASEES POUR EVITER LES CASSURES PAR RETRAIT. VENTILER L’OXYDE DE CARBONE DEGAGE PAR LE CHARBON DE BOIS LORS DU SOUDAGE SUR FOUR DE CHAUFFAGE.

SOUDO-BRASAGE DE L'ALUMINIUM

EXÉCUTION SUR JOINTS SENSIBLEMENT ANALOGUES AU SOUDAGE AUTOGÈNE, SE DIFFÉRENCIE DU BRASAGE PAR LA TECHNIQUE DE CHAUFFAGE DU JOINT.

BRASAGE

LE METAL D'APPORT EST MIS EN FUSION PAR CHAUFFAGE DES ABORDS DU JOINT (FOUR, FLAMME OXY-ACETYLENIQUE, OXY-PROPANE ETC….)

SOUDO BRASAGE

LE MÉTAL D'APPORT EST MIS EN FUSION AU FUR ET À MESURE DE L'AVANCEMENT DU JOINT.

DOMAINE D'APPLICATION

CAS OU LE SOUDAGE NE PEUT ETRE EMPLOYE :

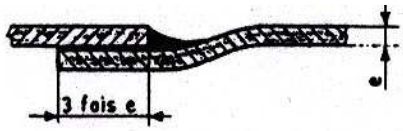
- REPARATION DE PIECES CASSEES OU CRIQUEES POUR EVITER LES DISTORSIONS OU LES DEFORMATIONS
- ASSEMBLAGE DE TOLES D'ALLIAGES D'ALUMINIUM DE DIFFERENTES COMPOSITIONS OU D'EPAISSEURS TROP DISSEMBLABLES.

METAUX À BASE D'ALUMINIUM SUSCEPTIBLES D'ETRE SOUDO-BRASES

- ALUMINIUM PUR
- ALUMINIUM-MANGANÈSE
- ALUMINIUM-MANGANESE-SILICIUM
- ALUMINIUM-CUIVRE (TYPE DURALIUM)
- ALLIAGE DE FONDERIE AU CUIVRE SILICIUM

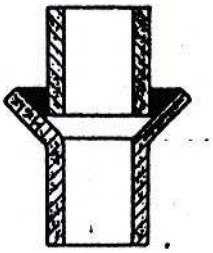
EXECUTION

- A CLIN
- SUR JOINTS EMBOITES
- SUR BORDS RELEVES
- EN ANGLE INTERIEUR
- SUR BORDS DROITS (EXCEPTIONNELLEMENT)

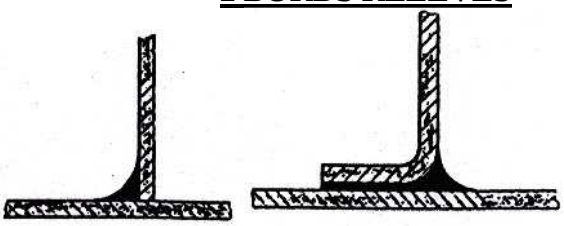


A CLIN

2 BORDS RELEVES

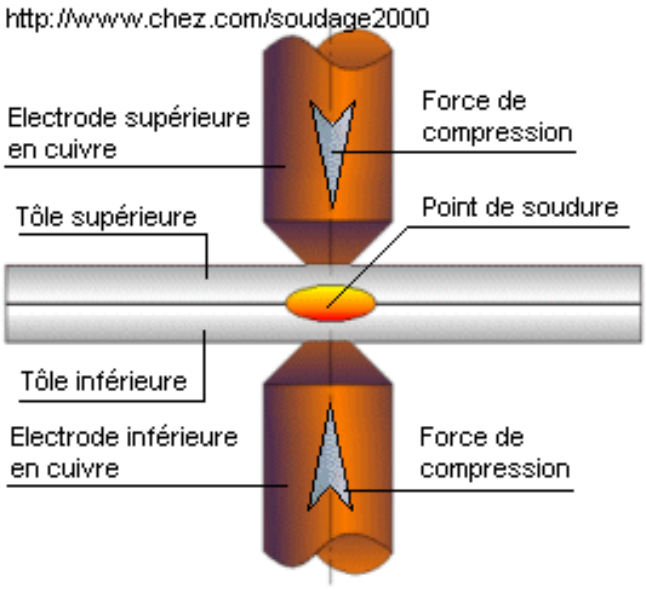


JOINT EMBOITE



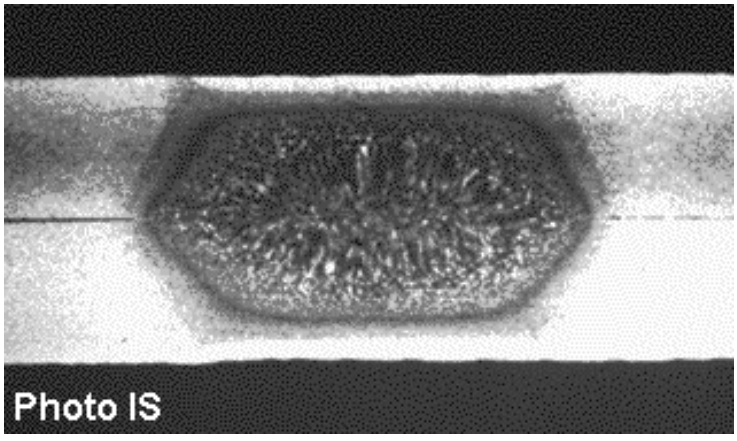
ANGLES INTERIEURS

SOUDAGE PAR RESISTANCE PAR POINTS



DEFINITION DU PROCEDE

LES PIECES A SOUDER SONT SUPERPOSEES ET SONT SERREES LOCALEMENT ENTRE DEUX ELECTRODES EN ALLIAGE DE CUIVRE. L'ENSEMBLE PIECES / ELECTRODES EST TRAVERSE PAR UN COURANT DE SOUDAGE QUI PROVOQUE UNE ELEVATION DE TEMPERATURE PAR EFFET JOULE ET LA FUSION LOCALISEE DES DEUX PIECES DANS LA ZONE DE POSITIONNEMENT DES DEUX ELECTRODES.



RAPPEL D'ELECTRICITE

LOI DE JOULE : LORSQU'UN COURANT ELECTRIQUE PARCOURT UN CONDUCTEUR, LA QUANTITE DE CHALEUR DEGAGEE EST PROPORTIONNELLE AU CARRE DE L'INTENSITE DU COURANT ET AU TEMPS.

W (EN JOULES) = **R** (OHM) **X** $\mathbf{I^2}$ (AMPERES) **X T** (SECONDES)

RESISTANCE : LA RESISTANCE D'UN CONDUCTEUR, A TEMPERATURE AMBIANTE, EST :

- PROPORTIONNELLE A SA LONGUEUR
- INVERSEMENT PROPORTIONNELLE A SA SECTION FONCTION DU MATERIAU CONSTITUTIF DE L'AME DU CONDUCTEUR

R (OHM) = **P** (MICRO-OHM) **X** (**L** (CM) **/ S** (CM^2))

INSTALLATION POUR LE SOUDAGE PAR POINTS

- UN TRANSFORMATEUR DE COURANT DE SOUDAGE
- UN DISPOSITIF DE MISE EN PRESSION DES ELECTRODES
- UN DISPOSITIF DE COMMANDE DU CYCLE DE SOUDAGE

LES DIFFERENTS TYPES DE TRANSFORMATEURS DE SOUDAGE

- LES TRANSFORMATEURS MONOPHASES
- LES TRANSFORMATEURS TRIPHASES AVEC CHANGEMENT DE FREQUENCE
- LES TRANSFORMATEURS TRIPHASES AVEC REDRESSEURS
- LES TRANSFORMATEURS ELECTROSTATIQUES (DECHARGE DE CONDENSATEURS)

LES DIFFERENTS TYPES DE MISE EN PRESSION DES ELECTRODES

- LA COMMANDE MANUELLE
- LA COMMANDE PNEUMATIQUE
- LA COMMANDE HYDRAULIQUE (EAU OU HUILE)
- LA COMMANDE MECANIQUE

LES AVANTAGES DU PROCEDE

- RAPIDITE D'EXECUTION
- LIMITATION DES DEFORMATIONS
- ABSENCE DE PREPARATION DES BORDS A SOUDER
- POSSIBILITE D'AUTOMATISATION

LES INCONVENIENTS DU PROCEDE

- ASSEMBLAGE PAR RECOUVREMENT UNIQUEMENT
- EPAISSEUR SOUDEE LIMITEE A LA PUISSANCE DE LA MACHINE

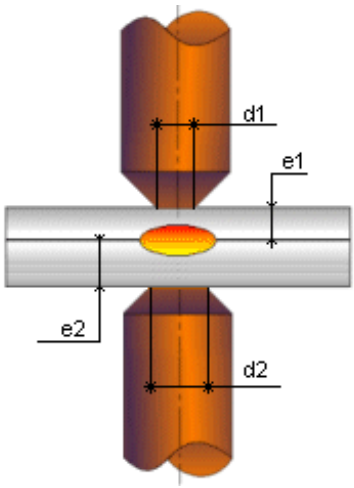
PARAMETRES DU PROCEDE DE SOUDAGE PAR POINTS PAR RESISTANCE

DIAMETRE DU POINT DE SOUDURE

LE DIAMETRE DU POINT DE SOUDURE EST FONCTION DES PARAMETRES SUIVANTS :

- DE L'INTENSITE DU COURANT
- DU TEMPS DE PASSAGE DU COURANT
- DE LA SECTION DE CONTACT DES ELECTRODES
- DE L'EFFORT APPLIQUE AUX ELECTRODES

DIAMETRE DE LA POINTE DE L'ELECTRODE EN CUIVRE



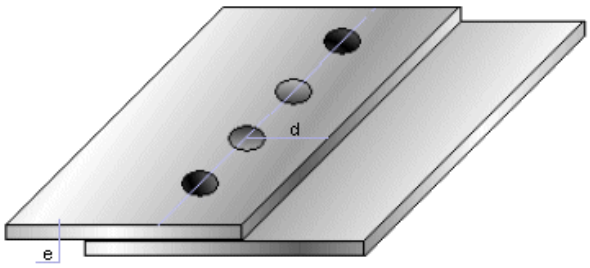
LE DIAMETRE DE CONTACT DE L'ELECTRODE DOIT ETRE D'ENVIRON **2 FOIS L'EPAISSEUR DE LA PIECE A SOUDER + 3 MM**. LORSQUE L'ASSEMBLAGE EST REALISE SUR DES PIECES D'EPAISSEURS DIFFERENTES ET DE NUANCE IDENTIQUE, L'ELECTRODE LA PLUS PETITE EST PLACEE SUR LA PIECE D'EPAISSEUR LA PLUS MINCE. LORSQUE L'ASSEMBLAGE EST REALISE SUR DES PIECES D'EPAISSEUR EGALE ET DE NUANCES DIFFERENTES, L'ELECTRODE LA PLUS PETITE EST PLACEE SUR LA PIECE DONT LA RESISTIVITE EST LA PLUS FAIBLE.

DISTANCE MINIMALE ENTRE LE POINT DE SOUDURE ET LE BORD DE LA PIECE

LA
DE LA

4 MM

DE
DE LA



DISTANCE ENTRE LA RIVE PIÈCE ET LE POINT DE SOUDURE DOIT ÊTRE D'ENVIRON 2 FOIS L'ÉPAISSEUR MINIMALE + POUR ÉVITER UN ÉCLATEMENT DU POINT SOUDURE SOUS L'EFFET PRESSION HYDROSTATIQUE DU

NOYAU EN FUSIO

DISTANCE MINIMALE ENTRE DEUX POINTS DE SOUDURE

LA DISTANCE ENTRE DEUX POINTS DOIT ÊTRE D'ENVIRON 3 FOIS LE DIAMÈTRE DU POINT DE SOUDURE POUR ÉVITER UN SHUNTAGE DU COURANT DE SOUDAGE. SI LA DISTANCE ENTRE POINTS EST INFÉRIEURE À 3 X Ø DU POINT, IL EST NÉCESSAIRE D'AUGMENTER L'INTENSITÉ POUR COMPENSER CET EFFET DE SHUNTAGE.

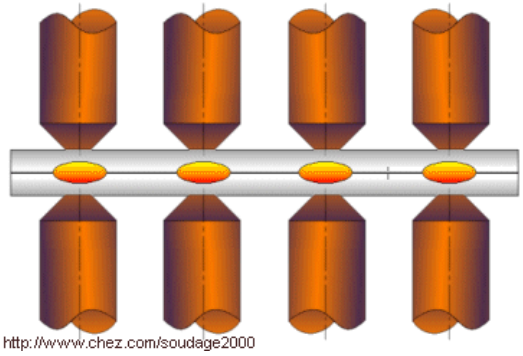
QUELQUES PARAMETRES INDICATIFS POUR LE SOUDAGE PAR POINTS

PARAMÈTRES DE SOUDAGE RÉSISTANCE PAR POINTS				
ACIERS NON ALLIES (DOCUMENTATION SCIAKY)				
EPAISSEUR	**Ø POINTE**	**INTENSITE**	**TEMPS**	**PRESSION**
0,5 MM	4 MM	2 000 A	0,2 S	60 DAN
0,5 MM	4 MM	4 000 A	0,04 S	150 DAN
1,0 MM	5 MM	3 000 A	0,4 S	100 DAN
1,0 MM	5 MM	8 000 A	0,1 S	250 DAN
2,0 MM	7 MM	5 000 A	1,0 S	200 DAN
2,0 MM	7 MM	14 000 A	0,3 S	500 DAN
3,0 MM	9 MM	8 000 A	2,0 S	300 DAN
3,0 MM	9 MM	19 000 A	0,6 S	800 DAN
4,0 MM	11 MM	10 000 A	3,2 S	380 DAN

4,0 MM	11 MM	24 000 A	0,9 S	1 250 DAN
5,0 MM	13 MM	12 000 A	4,5 S	450 DAN
5,0 MM	13 MM	28 000 A	1,4 S	1 700 DAN

PARAMÈTRES DE SOUDAGE RÉSISTANCE PAR POINTS				
ACIERS INOXYDABLES (DOCUMENTATION SCIAKY)				
EPAISSEUR	**Ø POINTE**	**INTENSITE**	**TEMPS**	**PRESSION**
0,5 MM	4,0 MM	3 750 A	0,04 S	175 DAN
0,8 MM	4,5 MM	6 000 A	0,10 S	300 DAN
1,0 MM	5,0 MM	7 600 A	0,14 S	400 DAN
1,5 MM	6,0 MM	11 000 A	0,20 S	650 DAN
2,0 MM	7,0 MM	14 000 A	0,24 S	900 DAN
2,5 MM	7,5 MM	16 000 A	0,28 S	1 200 DAN
3,0 MM	8,5 MM	18 000 A	0,32 S	1 500 DAN

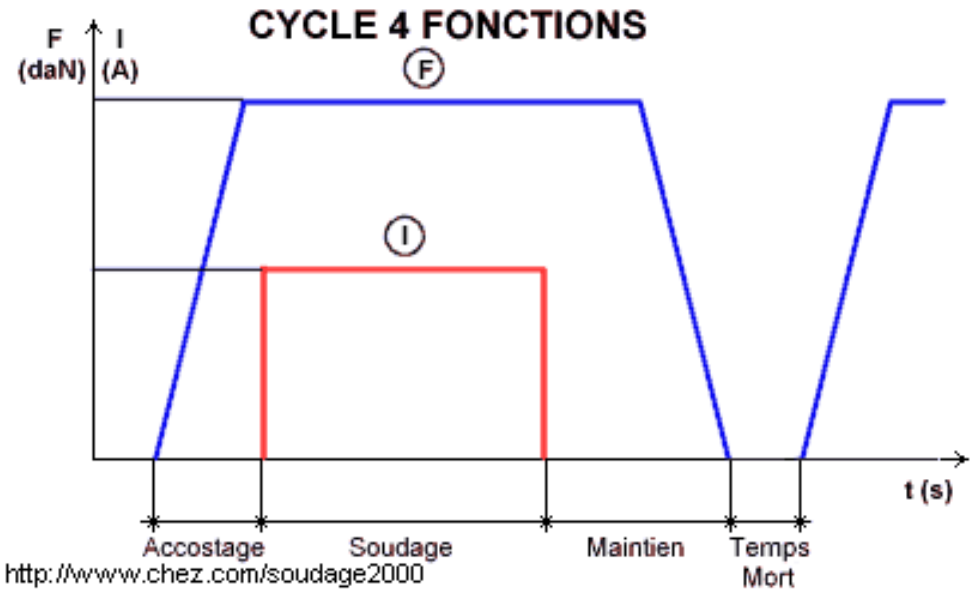
SOUDAGE PAR POINTS MULTIPLES



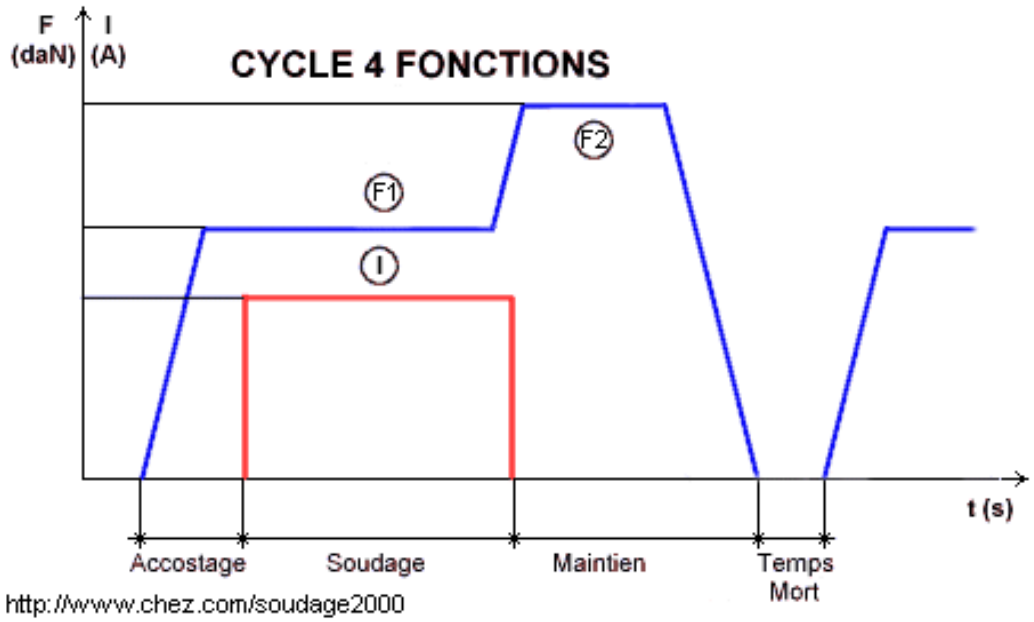
L'EXECUTION SIMULTANEE DE PLUSIEURS POINTS SANS DEPLACEMENT DES PIECES PERMET D'AMELIORER LA PRODUCTIVITE SURTOUT LORSQUE LE NOMBRE DE POINTS A REALISER EST IMPORTANT. LE COURANT PARCOURT SUCCESSIVEMENT CHAQUE COUPLE D'ELECTRODES

QUELQUES CYCLES DE SOUDAGE

LE CYCLE DE SOUDAGE LE PLUS FREQUEMMENT UTILISE



LE CYCLE DE SOUDAGE AVEC VARIATION DE L'EFFORT DE COMPRESSION



ESSAIS POUR QUALIFIER ET CONTROLER LE SOUDAGE PAR POINTS

POUR VERIFIER LA QUALITE DU SOUDAGE D'UN POINT DE SOUDURE PAR RESISTANCE, PLUSIEURS ESSAIS DESTRUCTIFS SONT REALISES :

- L'EXAMEN MACROGRAPHIQUE ET/OU L'EXAMEN MICROGRAPHIQUE
- LA FILIATION DE DURETE SOUS CORDON DES ACIERS SUSCEPTIBLES A LA TREMPE
- L'ESSAI DE CISAILLEMENT
- L'ESSAI D'ARRACHEMENT OU DE DEBOUTONNAGE
- L'ESSAI D'ENDURANCE OU DE FATIGUE

IL EST POSSIBLE EGALEMENT DE REALISER DES CONTROLES EN LIGNE SUR LA MACHINE DE SOUDAGE PAR RESISTANCE PAR POINT :

- EN MESURANT AU COURS DE LA SEQUENCE DE SOUDAGE, L'EVOLUTION DE LA VALEUR DE LA RESISTANCE ELECTRIQUE. EN EFFET, CETTE RESISTANCE DECRIT UNE COURBE CARACTERISTIQUE DU BON DEROULEMENT DU POINT DE SOUDURE.

EN MESURANT LA VALEUR D'ECRASEMENT DES POINTS DE SOUDURE ET EN DETERMINANT UNE MESURE LIMITE HAUTE ET BASSE POUR CHAQUE

INTRODUCTION

LES PROBLEMES D'HYGIENE ET SECURITE LIES A L'UTILISATION D'UNE FLAMME ONT ETE TRAITES DANS LE MODULE 1.2. «SOUDAGE OXYGAZ».

DANS CE MODULE NE SERONT DONC TRAITES QUE LES PROBLEMES LIES A L'UTILISATION DE L'ARC ELECTRIQUE ET AUX DISPOSITIONS REGLEMENTAIRES.

LE SOUDAGE A L'ARC PEUT PRESENTER DIFFERENTS DANGERS NON SEULEMENT POUR LES OPERATEURS EUX-MEMES MAIS EGALEMENT POUR LES PERSONNES SITUEES DANS L'ENVIRONNEMENT IMMEDIAT.

RECIPROQUEMENT, LE MILIEU DANS LEQUEL OPERE LE SOUDEUR PEUT AVOIR UNE INFLUENCE SUR SA PROPRE SECURITE.

LES DANGERS LIES A L'UTILISATION DE L'ARC ELECTRIQUE PEUVENT SE DIVISER EN 5 GRANDES CATEGORIES.

- LES DANGERS DUS AU COURANT ELECTRIQUE LUI-MEME
- LES DANGERS DUS AUX RAYONNEMENTS LUMINEUX ET CALORIFIQUES
- LES BRULURES D'ORIGINE MECANIQUE
- LES RISQUES D'INTOXICATION DUS A L'EMISSION DES FUMEES
- LES RISQUES LIES AU BRUIT POUVANT PROVOQUER A PLUS OU MOINS LONGUE ECHEANCE UNE PERTE DE L'AUDITION.

DANGERS DÛS AU COURANT ELECTRIQUE

EFFET DU COURANT ELECTRIQUE

LES EFFETS DU COURANT ELECTRIQUE SUR L'ORGANISME HUMAIN SONT MULTIPLES ET SE TRADUISENT PAR :

- DES BRULURES
- LA DESTRUCTION DES CELLULES PAR ELECTROLYSE
- DES ACCIDENTS NERVEUX ENTRAINANT LA PARALYSIE DES ORGANES TELS QUE LE CŒUR OU LES POUMONS.

IL FAUT NOTER QUE LES COURANTS ALTERNATIFS A HAUTE FREQUENCE UTILISES EN SOUDAGE NE SONT PAS DANGEREUX ALORS QUE LES COURANTS A TRES HAUTE FREQUENCE UTILISES EN EMISSION RADIO PEUVENT PROVOQUER DES BRULURES.

INTENSITE ET TENSIONS DANGEREUSES

LA RESISTANCE ELECTRIQUE DU CORPS HUMAIN N'A PAS DE VALEUR CONSTANTE BIEN DEFINIE.

ELLE PEUT VARIER DE 1 000 Ω ENVIRON DANS LE CAS LE PLUS DEFAVORABLE A 100 000 Ω DANS CERTAINS CAS.

CERTAINES CIRCONSTANCES PEUVENT ATTENUER LES EFFETS DU COURANT ELECTRIQUE.

- MAINS SECHES
- LA BONNE SANTE ET L'ABSENCE DE FATIGUE
- LE TRAJET DU COURANT HORS DES ORGANES VITAUX
- LE BON ISOLEMENT PAR RAPPORT AU SOL (TAPIS CAOUTCHOUC, CHAUSSURES AVEC SEMELLES CAOUTCHOUC)

L'INTENSITE A PARTIR DE LAQUELLE IL Y A DANGER EST DE 0,05 A AUSSI BIEN EN CONTINU QU'EN ALTERNATIF.

DANS LE CAS LE PLUS DEFAVORABLE DE LA RESISTANCE DU CORPS HUMAIN DE
1 000 Ω, LA TENSION DANGEREUSE EST :

$$U = RI = 1\,000 \times 0{,}05 = 50 \text{ VOLTS}$$

LES INSTALLATIONS POUR LESQUELLES LA TENSION NE DEPASSE PAS 50 VOLTS SONT CLASSES «TRES BASSE TENSION» (TBT) ET AUCUNE

PRESCRIPTION DE SECURITE NE LEUR EST IMPOSEE SI ELLES SONT TOTALEMENT INDEPENDANTES DES AUTRES INSTALLATIONS.

CONTACTS DANGEREUX

- ON TOUCHE ACCIDENTELLEMENT DEUX POINTS ENTRE LESQUELS EXISTE UNE DIFFERENCE DE POTENTIEL. LE CORPS HUMAIN EST SOUMIS A LA TENSION EXISTANTE. ON DIT QUE LE CONTACT EST BIPOLAIRE.

ON TOUCHE UN SEUL FIL ET UN AUTRE POINT DU CORPS TOUCHE LE SOL. LE CORPS EST SOUMIS A LA TENSION EXISTANT ENTRE LE FIL ET LA TERRE. ON DIT QUE LE CONTACT EST MONOPOLAIRE OU UNIPOLAIRE.

MESURES DE SECURITE

BRANCHEMENT D'UN POSTE DE SOUDAGE

PROCEDER DE LA FAÇON SUIVANTE : D'ABORD BRANCHEMENT DU CIRCUIT DE SOUDAGE (CABLE DE MASSE ET CABLE DE PINCE) ENSUITE BRANCHEMENT DU CABLE D'ALIMENTATION, ET EN DERNIER LIEU, RACCORDEMENT AU RESEAU ET MISE SOUS TENSION.

MATERIEL EN BON ETAT

- CABLES ET TOUTES LES CONNEXIONS PARFAITEMENT ISOLEES. PINCES PORTE-ELECTRODES ISOLEES
- MACHINES A SOUDER MISES A LA TERRE
- SOUDEURS EQUIPES DU MATERIEL DE PROTECTION : GANTS DE CUIR ET CHAUSSURES DE SECURITE A SEMELLES CAOUTCHOUC OU NEOPRENE.

N.B. : NE JAMAIS ENLEVER LES GANTS POUR CHANGER D'ELECTRODES

- PRECAUTIONS PARTICULIERES POUR LE SOUDAGE A L'INTERIEUR DE RECIPIENTS METALLIQUES

  ♦ S'ABSTENIR DE S'ASSEOIR DIRECTEMENT SUR LE METAL DU RECIPIENT, UTILISER UNE PLANCHE OU UN TAPIS CAOUTCHOUC

  ♦ COUPER OU FAIRE COUPER LE COURANT D'ALIMENTATION AU MOMENT DE RENTRER OU SORTIR DU RECIPIENT

♦ UTILISER DE L’OUTILLAGE ELECTRIQUE : MEULEUSE, PERCEUSE ETC... ALIMENTE SOUS 48 VOLTS.

LES DANGERS DÛS AUX RAYONNEMENTS LUMINEUX ET CALORIFIQUES

LES RAYONS DANGEREUX ÉMIS PAR L'ARC ÉLECTRIQUE SONT PLUS SPÉCIALEMENT LES RAYONS ULTRA VIOLETS ET INFRA-ROUGES.

ILS SONT DANGEREUX :

- **POUR LA PEAU EN PROVOQUANT DES BRÛLURES TYPE «COUPS DE SOLEIL»**
- **POUR LES YEUX EN PROVOQUANT DES IRRITATIONS CONNUES SOUS LE NOM DE «COUP D'ARC».**

PROTECTION DE LA PEAU

UN SEUL REMEDE : PROTEGER TOUTE SURFACE DE LA PEAU SOUMISE AU RAYONNEMENT.

CECI IMPLIQUE DE SOUDER AVEC DES GANTS ET DES VETEMENTS FERMES JUSQU'AU COU. NE JAMAIS SOUDER EN ETE AVEC LA CHEMISE OUVERTE SOUS PRETEXTE QU'IL FAIT CHAUD.

PROTECTION DES YEUX

LES YEUX SONT TRÈS SENSIBLES AUX RAYONNEMENTS ULTRA-VIOLETS ET INFRA-ROUGES.

POUR LES PROTÉGER, ON UTILISE DES VERRES DE PROTECTION QUI PERMETTENT D'ATTÉNUER LE RAYONNEMENT TOUT EN PERMETTANT DE SUIVRE LE JOINT À SOUDER.

EN FONCTION DE LA PUISSANCE DE L'ARC, C'EST-À-DIRE DE L'INTENSITÉ DE SOUDAGE, ON UTILISE DES VERRES D'OPACITÉ DIFFÉRENTE.

L'OPACITÉ DES VERRES EST DÉFINIE PAR LE FACTEUR DE TRANSMISSION.

LA NORME NF EN 169 (INDICE DE CLASSEMENT S 77 104) «FILTRES POUR LE SOUDAGE ET LES TECHNIQUES CONNEXES» DONNE LES NUMÉROS D'ÉCHELON ET LES SPÉCIFICATIONS DE TRANSMISSION DES FILTRES DESTINÉS À ASSURER LA PROTECTION DES OPÉRATEURS EFFECTUANT LES TRAVAUX CONCERNANT LE SOUDAGE, LE

SOUDOBRASAGE, LE GOUGEAGE À L'ARC ET LE COUPAGE AU JET DE PLASMA.

LES NUMÉROS D'ÉCHELON DES DIFFÉRENTS FACTEURS DE TRANSMISSION PAR PLAGE

- **DANS L'ULTRAVIOLET**
- **DANS LE VISIBLE**
- **DANS L'INFRAROUGE.**

S'ÉCHELONNENT COMME SUIT : 1,2 - 1,4 - 1,7 - 2 - 2,5 - 3 - 4 - 5 - 6 - 7 - 8 - 9 - 10 - 11 - 12 - 13 - 14 - 15 - 16.

PLUS LE NUMÉRO D'ÉCHELON EST ÉLEVÉ, PLUS LE VERRE EST FONCÉ.

LA NORME EN 169 FOURNIT A TITRE INDICATIF DES RECOMMANDATIONS POUR LE CHOIX DES NUMEROS D'ECHELON EN FONCTION DU TRAVAIL A EFFECTUER DONT LES PRINCIPALES DISPOSITIONS SONT REPRODUITES CI-APRES :

LE CHOIX DU NUMERO D'ECHELON D'UN FILTRE DE PROTECTION DEPEND DE NOMBREUX FACTEURS».

POUR LE SOUDAGE AU GAZ ET LES TECHNIQUES CONNEXES TELLES QUE LE SOUDOBRASAGE, LA PRESENTE NORME SE REFERE AU DEBIT DES CHALUMEAUX.

TOUTEFOIS, LORS DU SOUDAGE DES ALLIAGES LEGERS, IL CONVIENT DE TENIR COMPTE DES CARACTERISTIQUES DES FLUX QUI ONT UNE INCIDENCE SUR LA COMPOSITION SPECTRALE DE LA LUMIERE EMISE.

POUR LE SOUDAGE A L'ARC, LE GOUGEAGE A L'ARC ET LE COUPAGE AU JET DE PLASMA, L'INTENSITE DU COURANT EST UN FACTEUR ESSENTIEL PERMETTANT DE PRECISER LE CHOIX.

EN OUTRE, EN SOUDAGE A L'ARC, LE TYPE D'ARC ET LA NATURE DU METAL DE BASE SONT EGALEMENT A PRENDRE EN COMPTE.

D'AUTRES PARAMETRES ONT UNE INFLUENCE NON NEGLIGEABLE, MAIS L'EVALUATION DE LEUR ACTION EST INCERTAINE. CE SONT NOTAMMENT :

- LA POSITION DE L'OPERATEUR PAR RAPPORT A LA FLAMME OU A L'ARC
- L'ECLAIRAGE LOCAL
- LE FACTEUR HUMAIN.

POUR CES DIFFERENTES RAISONS, LA PRESENTE NORME N'INDIQUE QUE DES NUMEROS D'ECHELON DE PROTECTION QU'UNE EXPERIENCE PRATIQUE CONFIRMEE A RECONNU «VALABLES DANS LES CAS USUELS POUR LA PROTECTION INDIVIDUELLE D'OPERATEURS AYANT UNE VUE NORMALE, EFFECTUANT DES TRAVAUX DONT LA NATURE EST PRECISEE».

TABLEAU A1 : NUMEROS D'ECHELONS POUR LE SOUDAGE ET LE SOUDOBRASAGE AU GAZ

	Q = DEBIT D'ACETYLENE EN L/H			
TRAVAIL	$Q \leq 70$	$70 \leq Q \leq 200$	$200 \leq Q \leq 800$	$Q > 800$
SOUDAGE DES METAUX LOURDS (ACIERS, CUIVRE, ALLIAGES CUIVREUX)	4	5	6A	7
SOUDAGE AVEC FLUX EMISSIFS (ALLIAGES LEGERS)	4A	5A	6A	7A

TABLEAU A2 : NUMEROS D'ECHELONS POUR OXYCOUPAGE

	Q = DEBIT D'ACETYLENE EN L/H		
TRAVAIL	$900 \leq Q \leq 2000$	$2000 < Q \leq 4000$	$4000 < Q \leq 8000$
OXYCOUPAGE	5	6	7

LES BRULURES D'ORIGINE MECANIQUE

DEUX TYPES DE BRULURES D'ORIGINE MECANIQUE PEUVENT ATTEINDRE LES SOUDEURS.

LES BRÛLURES PAR CONTACT DIRECT AVEC LE METAL SOIT EN FUSION, SOIT VENANT D'ETRE DEPOSE

CES BRULURES SONT RARES SI LE SOUDEUR EST CORRECTEMENT EQUIPE DE VETEMENTS DE SECURITE : GANTS, BLOUSON CUIR, GUETRES ETC....

UN RISQUE DE BRULURE NON NEGLIGEABLE EXISTE LORSQUE L'ON EFFECTUE DES SOUDURES VERTICALES MONTANTES. DANS CE CAS, DES GOUTTES DE METAL EN FUSION PEUVENT TOMBER ET ENTRER DANS LA CHAUSSURE LORSQUE LE SOUDEUR TRAVAILLE SANS GUETRES.

«EN VERTICALE MONTANTE, LE SOUDEUR DOIT TOUJOURS PORTER DES GUETRES.»

LES BRULURES AUX YEUX

OU TOUT AU MOINS LES CORPS ETRANGERS DANS LES YEUX SONT ASSEZ FREQUENTS LORSQUE L'ON ENLEVE LE LAITIER APRES SOUDAGE MANUEL AVEC DES ELECTRODES BASIQUES.

CE TYPE D'ACCIDENT PEUT SURVENIR MEME SI L'ON UTILISE DES LUNETTES DE PROTECTION.

LA PROTECTION LA PLUS SURE CONSISTE A UTILISER DES MASQUES DE SOUDEUR AVEC VERRE TEINTE RELEVABLE. L'OPERATEUR EST ALORS BIEN PROTEGE PAR LE MASQUE.

LES ACCIDENTS SONT RAREMENT GRAVES MAIS :

- D'UNE PART, ILS PEUVENT L'ETRE
- D'AUTRE PART, ILS ONT UNE INFLUENCE SUR LE TAUX DE FREQUENCE (VOIR § VII SUR LE COUT DES ACCIDENTS DE TRAVAIL)

LES RISQUES D'INTOXICATION DÛS À L'EMISSION DE FUMEES OU DE VAPEURS

LES RISQUES DUS À L'EMISSION DE VAPEURS PROVENANT DU METAL À SOUDER OU PLUS EXACTEMENT DES PRODUITS DEPOSES SUR LES PIECES

LES PEINTURES EN PARTICULIER SUR LES ACIERS PREPEINTS MEME EN EPAISSEUR FAIBLE (INFERIEURE OU EGALE A 20 µ)

LE SOUDAGE SUR ACIERS PREPEINTS (PEINTURES A BASE DE ZINC EN PARTICULIER) PEUT PROVOQUER DES VOMISSEMENTS OU DES MAUX DE TETE.

EN ATMOSPHERE CONFINEE, IL SERA BON DE BLANCHIR LES BORDS DES TOLES A SOUDER ET D'ASPIRER LES FUMEES.

LES PRODUITS CHIMIQUES PROVENANT DU DEGRAISSAGE DES PIECES

IL NE FAUT JAMAIS DEGRAISSER DES PIECES A SOUDER AVEC DU TRICHLORETHYLENE.

EN EFFET, SOUS L'ACTION DE L'ARC ELECTRIQUE, LE TRYCHLORETHYLENE SE DECOMPOSE ET PRODUIT DU PHOSGENE, UN COMPOSE CHLORE : $COCI_2$ TRES DANGEREUX, POUVANT PRODUIRE DES MALAISES MEME A TRES FAIBLE DOSE.

LES RISQUES DÛS À L'EMISSION DES FUMEES PROVENANT DES PRODUITS DE SOUDAGE

NATURE DES FUMEES

LES FUMEES ET LES VAPEURS EMISES LORS DU SOUDAGE SONT FORMEES D'UN MELANGE COMPLEXE.

- DE GAZ TELS QUE L'OZONE, LES OXYDES D'AZOTE, LE GAZ CARBONIQUE
- DE COMPOSES METALLIQUES A PARTIR DU FER, DU MANGANESE, DU SILICIUM, DU BARYUM, DU NICKEL, DU CHROME, DU ZINC.

LES PARTICULES EMISES AVEC UN DIAMETRE POUVANT VARIER DE 0,01 A 1 µ SONT TOUTES RESPIRABLES ET SUSCEPTIBLES D'ATTEINDRE LES ALVEOLES PULMONAIRES.

LES VALEURS DE DIAMETRE MOYEN SE SITUENT AUTOUR DE :

- 0,14 A 0,18 µ POUR LES ELECTRODES ENROBEES (ACIER NON ALLIE)
- 0,06 A 0,08 µ POUR LE PROCEDE MIG (ACIER INOXYDABLE)
- 0,30 µ POUR LE PROCEDE MIG (ALLIAGES LEGERS).

ELEMENTS INFLUANT SUR L'EMISSION DES FUMEES

NATURE DU PRODUIT D'APPORT

LES PRODUITS D'APPORT AVEC ENROBAGE (SOUDAGE MANUEL A L'ELECTRODE ENROBEE ET MIG ET MAG FIL FOURRE) PRODUIRONT PLUS DE FUMEE QUE LES PRODUITS D'APPORT SANS ENROBAGE (TIG ET MIG OU MAG FIL NU).

LA TENSION D'ARC

PLUS LA TENSION EST ELEVEE, C'EST-A-DIRE PLUS L'ARC EST LONG ET PLUS IL Y A DE FUMEE.

L'INTENSITE

L'AUGMENTATION D'INTENSITE FAVORISE L'EMISSION DE FUMEES.

LA PREPARATION DE SURFACE DU METAL A SOUDER

LE SOUDAGE SUR TOLES PREPEINTES AUX EPOXYS/ZINC VA FAVORISER L'EMISSION DE VAPEURS ET POUSSIERES DE ZINC.

DIFFERENTS FACTEURS TELS QUE :

- LA NATURE DU COURANT ALTERNATIF OU CONTINU
- LE TYPE DE SOUDURE : EN ANGLE OU A PLAT
- LA COMPOSITION DES GAZ DE PROTECTION

PEUVENT EGALEMENT INFLUER SUR LA QUANTITE DE FUMEES EMISES.

LES RISQUES POUR LA SANTE

LES NOTIONS ENONCEES CI-APRES SONT TRES GENERALES ET SEULS LES MEDECINS DU TRAVAIL SONT COMPETENTS POUR EVALUER LES RISQUES ENCOURUS PAR LES SOUDEURS.

TOUTEFOIS, IL EST SOUHAITABLE QUE TOUT TECHNICIEN SOUDEUR AIT UNE CONNAISSANCE MEME TRES SUPERFICIELLE DES RISQUES POSSIBLES LIES AUX FUMEES DE FAÇON A PROMOUVOIR LES DISPOSITIONS NECESSAIRES POUR EN LIMITER L'ABSORPTION PAR LES SOUDEURS.

LES FUMEES PEUVENT PRESENTER DEUX TYPES DE DANGER.

- LE PREMIER CONCERNE LE DEPOT DE POUSSIERES DANS LES ALVEOLES PULMONAIRES QUI FONCTIONNENT COMME DES FILTRES

DES ETUDES ONT ETE EFFECTUEES SUR DES SOUDEURS FUMEURS ET NON-FUMEURS ET ONT MONTRE QUE LE TABAGISME A UNE ACTION PLUS NEFASTE SUR LA FONCTION RESPIRATOIRE QUE LE SOUDAGE.

- LE SECOND CONCERNE DES AFFECTIONS LIEES A UN ELEMENT PARTICULIER :

  ♦ LE ZINC INHALE AU COURS DU SOUDAGE SUR DES TOLES PREPEINTES PEUT PROVOQUER DES TROUBLES INTESTINAUX

  ♦ LE CHROME EN PARTICULIER SOUS FORME DE CHROME HEXAVALENT PEUT PROVOQUER UNE IRRITATION DES VOIES RESPIRATOIRES ET DES AFFECTIONS AUX REINS ET AU FOIE. IL FAUT SIGNALER TOUTEFOIS QUE CES AFFECTIONS CONNUES DANS LES INDUSTRIES TRAVAILLANT LE CHROME, SONT TRES RARES MEME CHEZ LES SOUDEURS TRAVAILLANT REGULIEREMENT SUR INOXYDABLE.

CONCENTRATIONS MAXIMALES ADMISSIBLES

DEPUIS 1982, LA FRANCE DISPOSE D'UNE LISTE DE VALEURS LIMITES MOYENNES D'EXPOSITION DES DIFFERENTS ELEMENTS (VME) QUI CORRESPOND EN FAIT AUX TLV AMERICAINS DE L'ACGIH (AMERICAN CONFERENCE OF GOVERNMENTAL INDUSTRIAL HYGIENISTS).

CES VALEURS REPRESENTENT LE SEUIL LIMITE POUR LEQUEL UN TRAVAILLEUR EXPOSE PENDANT HUIT HEURES PAR JOUR A UN SEUL COMPOSE NE RISQUE AUCUNE DEGRADATION POUR SA SANTE ET S'EXPRIME EN MILLIGRAMMES PAR METRE CUBE (MG/M^3).

LES FUMEES DE SOUDAGE SONT UN MELANGE DE DIFFERENTS CONSTITUANTS (PLUSIEURS GAZ ET DES POUSSIERES DE COMPOSITION CHIMIQUE TRES VARIABLE SELON LES PROCEDES ET LES METAUX D'APPORT EMPLOYES). DANS CES CONDITIONS, LA FIXATION D'UNE VME (OU TLV) POUR LES FUMEES DE SOUDAGE DEVIENT IMPOSSIBLE A CAUSE D'UNE PART, DE CETTE DIVERSITE ET D'AUTRE PART, DE L'IGNORANCE DES EFFETS DES DIFFERENTS ELEMENTS LES UNS SUR LES AUTRES.

A TITRE D'EXEMPLE, ON PEUT CITER QUELQUES VALEURS DE VME.

NICKEL	1 MG/M^3
CHROME HEXAVALENT.....	0,05 MG/M^3
OZONE	0,2 MG/M^3
PEROXYDE D'AZOTE.....	6 MG/M^3

VENTILATION ET ASPIRATION DES FUMEES

MEME SI LE DANGER EST TRES FAIBLE, IL Y A LIEU TOUTEFOIS D'ETRE VIGILANT ET DE METTRE EN PLACE DES DISPOSITIFS LIMITANT L'ABSORPTION DE FUMEES PAR LES SOUDEURS.

IL FAUT REMARQUER QUE LES PRELEVEMENTS EFFECTUES A L'EMISSION DES FUMEES (AU DROIT DE L'ARC) SONT TRES NETTEMENT SUPERIEURS A CEUX EFFECTUES AU DROIT DES VOIES RESPIRATOIRES DU SOUDEUR.

EN EFFET, CELUI-CI EST PROTEGE PAR SON MASQUE, CAR SOUS L'EFFET DE LA CHALEUR, LES FUMEES MONTENT ET PASSENT DE CHAQUE COTE DU MASQUE SOUS RESERVE :

- D'UNE PART D'AVOIR UN MASQUE BIEN ENVELOPPANT ET NON UN SIMPLE ECRAN TENU A LA MAIN

- D'AUTRE PART, D'AVOIR UNE VENTILATION SUFFISANTE POUR EVACUER OU DILUER LES FUMEES EMISES.

CETTE VENTILATION PEUT SE FAIRE DE DIFFERENTES FAÇONS :

- **VENTILATION GENERALE**. ELLE PEUT SE FAIRE TRES SIMPLEMENT PAR LA DISPOSITION D'OUVERTURES AU NIVEAU DU TOIT ET EN LAISSANT CERTAINES PORTES OU FENETRES OUVERTES. LES COURANTS D'AIR PRODUITS SONT EN GENERAL SUFFISANTS POUR DES TRAVAUX DE SOUDAGE PEU POLLUANTS.

L'INSTALLATION D'UNE VENTILATION GENERALE EST UN SYSTEME SATISFAISANT S'IL EST ASSEZ PUISSANT MAIS IL EST EN GENERAL D'UN COUT D'INSTALLATION ET D'EXPLOITATION ELEVE. DE PLUS, IL REJETTE LES CALORIES VERS L'EXTERIEUR ET INTRODUIT DE L'AIR FROID.

- **ASPIRATION LOCALE A L'AIDE DE HOTTE OU DE TUYAUX ARTICULES**. C'EST UNE SOLUTION MOINS LOURDE AU POINT DE VUE COUT QUE LA PRECEDENTE MAIS IL EST INDISPENSABLE DE REJETER LES FUMEES A L'EXTERIEUR DE L'ATELIER SINON ON ABOUTIT A UNE POLLUTION PLUS DILUEE MAIS GLOBALE DE L'ATELIER.

- **ASPIRATION A LA SOURCE AVEC FILTRE**. C'EST UNE SOLUTION TRES EFFICACE ET PEU ONEREUSE CAR DANS CE CAS, LES REJETS PEUVENT SE FAIRE DANS L'ATELIER ET NON A L'EXTERIEUR.

  LA FILTRATION PEUT ETRE MECANIQUE A L'AIDE DE FILTRES EN CELLULOSE QUI SONT TRES EFFICACES MAIS QUI DOIVENT ETRE CHANGES REGULIEREMENT POUR EVITER LES COLMATAGES. UN FILTRE NEUF RETIENT JUSQU'A 95 % DES POUSSIERES RESPIRABLES.

  LA FILTRATION PEUT ETRE ELECTROSTATIQUE EN IONISANT LES PARTICULES. IL N'Y A PLUS ALORS DE COLMATAGE ET L'EFFICACITE DES FILTRES RESTE CONSTANTE.

- **TORCHES ASPIRANTES** EN SOUDAGE MIG/MAG RACCORDEES A UN FILTRE.

C’EST EN FAIT UNE VARIANTE DU PROCEDE PRECEDENT, TRES EFFICACE MAIS QUI CONDUIT A DES TORCHES LOURDES PEU APPRECIEES DES SOUDEURS.

EXERCICE 1

INSTRUCTIONS

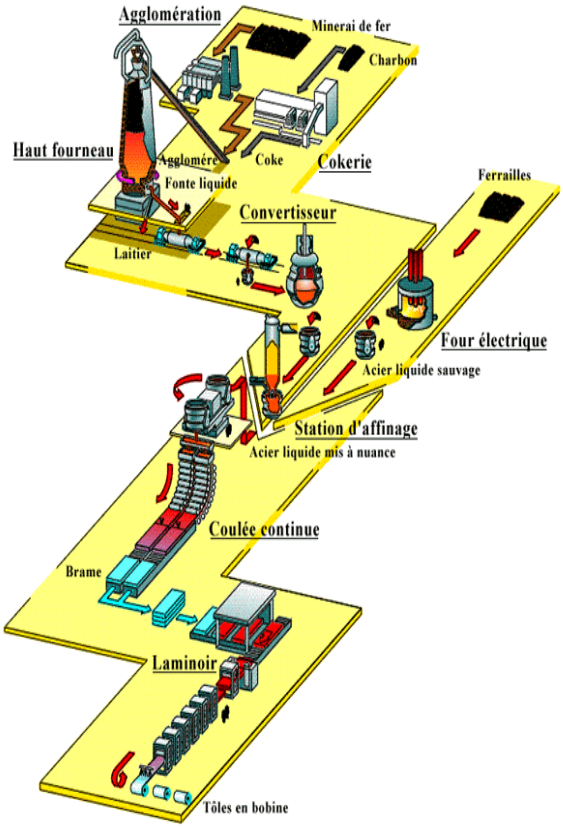
POUR LE FORMATEUR :

- **LE FORMATEUR DEVRA MASQUER LES TERMES TECHNIQUES SUR LE SCHÉMA D’ÉLABORATION DE L’ACIER.**

TRAVAIL DEMANDE AUX STAGIAIRES

- INDIQUEZ SUR LE SCHEMA CI APRES, LES PROCEDES ET LA NATURE DES MATERIAUX POUR LES DIFFERENTES ETAPES D’ELABORATION DE L’ACIER.

- DECRIVEZ PAR LE BIAIS D’UN SCHEMA OU D’UN DESCRIPTIF SOMMAIRE LE PRINCIPE D’ELABORATION DE LA FONTE, DE L’ALUMINIUM ET DU ZINC.



EXERCICE 2

INSTRUCTIONS

POUR LE FORMATEUR :

- LE FORMATEUR DEVRA UTILISER « LE DESSIN DE DÉFINITION DES ÉLÉMENTS SOUDÉS » DU CHAPITRE « DOCUMENTS DE TRAVAIL » ISSU DE L'OUVRAGE MEMOTECH LE SOUDAGE.

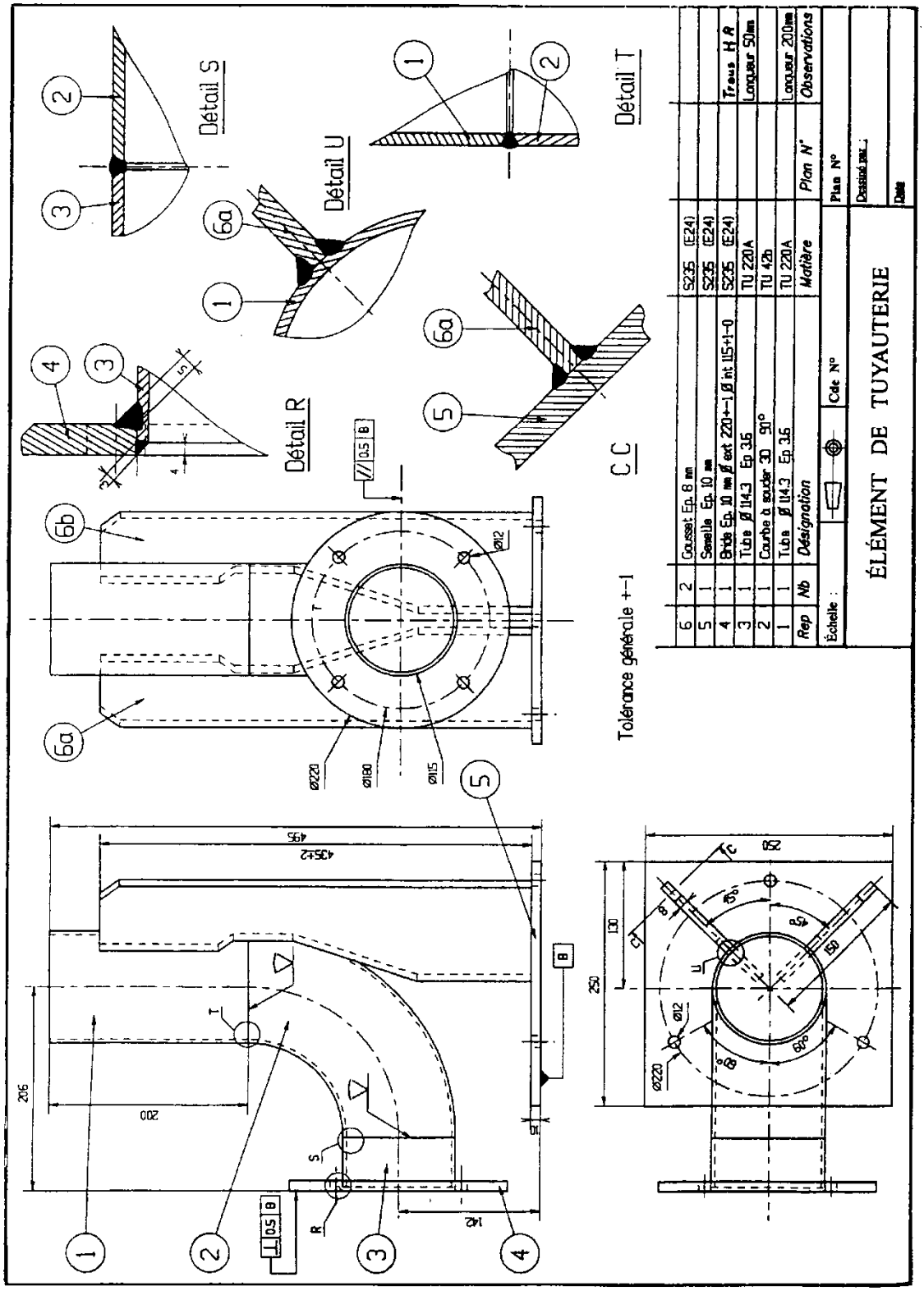
FAIRE DE MEME AVEC LES EXERCICES DU MODULE 4 ET MODULE 13.

TRAVAIL DEMANDE AUX STAGIAIRES

A PARTIR DE LA NOMENCLATURE DU DESSIN DE DEFINITION DES ELEMENTS SOUDES :

- ENONCEZ LES CARACTERISTIQUES ET NORMES LIEES AUX DIFFERENTS MATERIAUX EMPLOYES.

DESSIN DE DEFINITION DES ELEMENTS SOUDES



EXERCICE 3

INSTRUCTIONS

POUR LE FORMATEUR :

- **LE FORMATEUR DEVRA MASQUER LES DÉSIGNATIONS OU LES CARACTÉRISTIQUES DES MATÉRIAUX SUR LE SCHÉMA INTITULÉ « CLASSIFICATION DES ACIERS ».**
- **LE FORMATEUR POURRA À PARTIR DE L'OUVRAGE GUIDES DES SCIENCES ET TECHNOLOGIES INDUSTRIELLES, FAIRE LE MÊME TABLEAU À PARTIR DE DONNÉES ISSUES DU CHAPITRE MATÉRIAUX.**

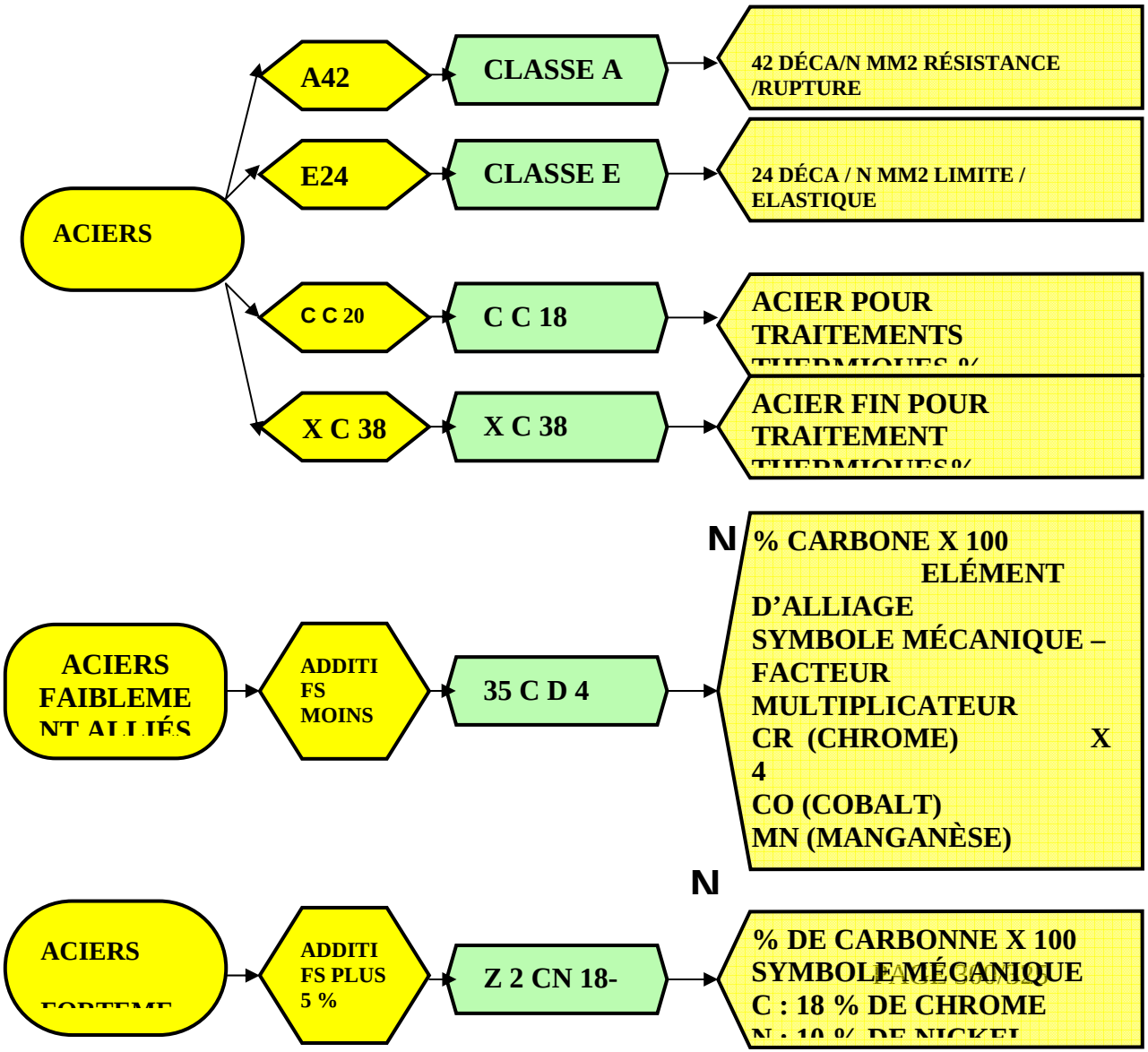
TRAVAIL DEMANDE AUX STAGIAIRES

A PARTIR DES DESIGNATIONS ET DES CARACTERISTIQUES DES MATERIAUX:

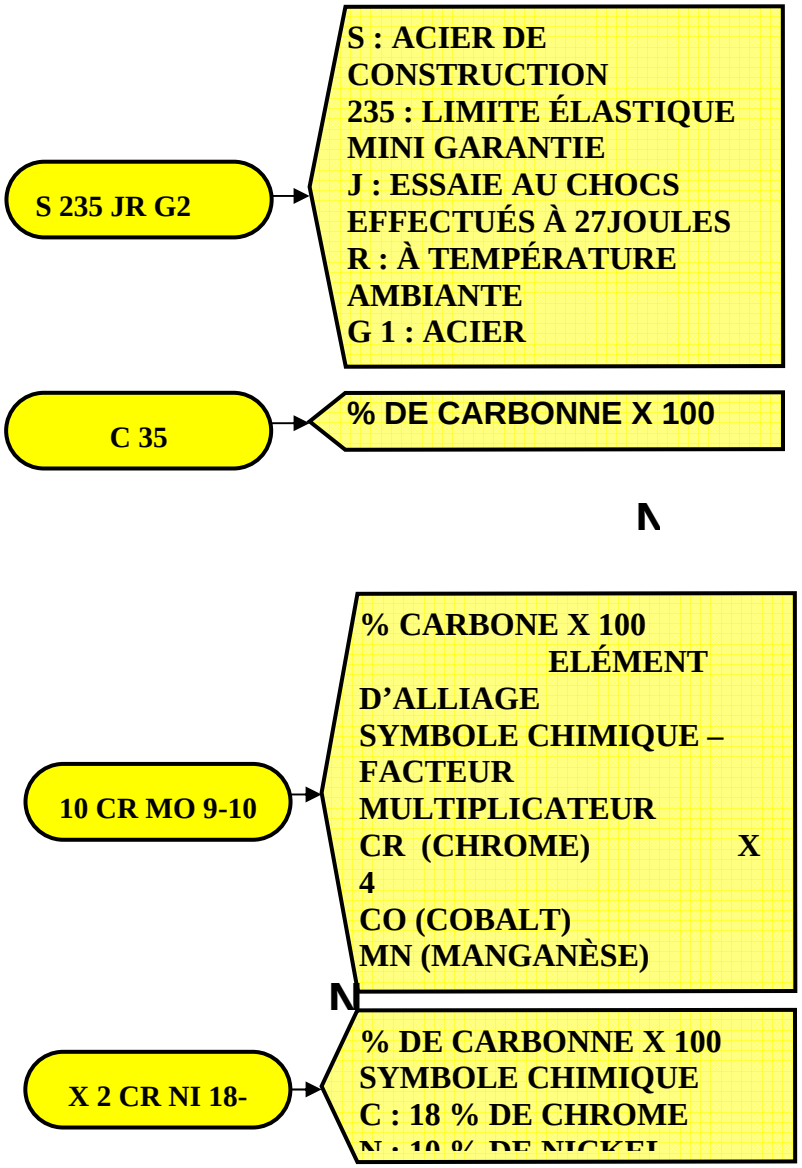
- RENSEIGNEZ LES ZONES DE TEXTE INCOMPLETES SUR LE SCHEMA.

CLASSIFICATION DES ACIERS

NORME NFA 35501



NORME EN 10025



EXERCICE 4

INSTRUCTIONS

POUR LE FORMATEUR :

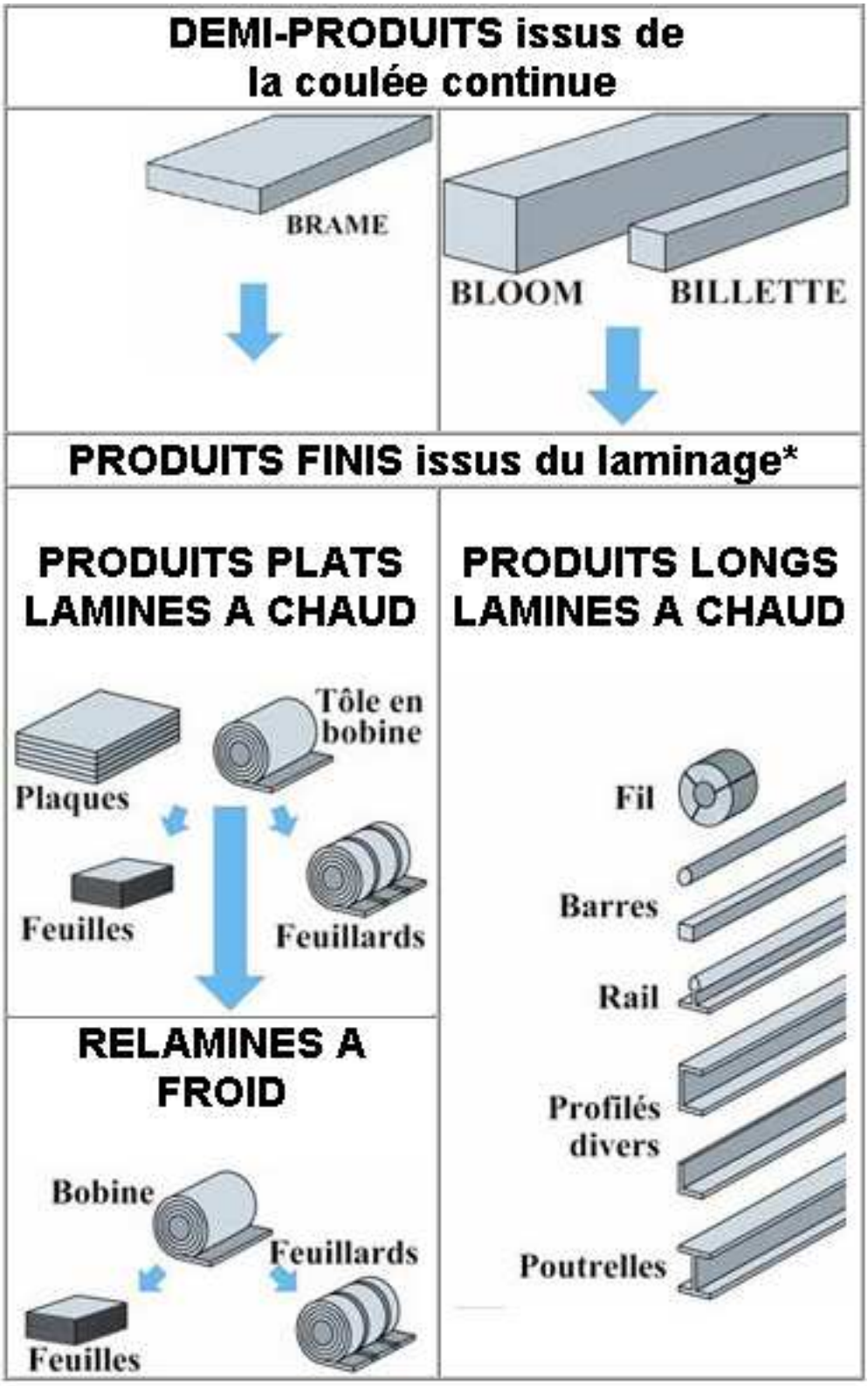
- **LE FORMATEUR DEVRA MASQUER LES TERMES TECHNIQUES DU SCHÉMA JOINT EN ANNEXE**

TRAVAIL DEMANDE AUX STAGIAIRES

- A PARTIR DU SCHEMA JOINT EN ANNEXE :

- RENSEIGNEZ LES TYPES DE PRODUITS EXISTANTS SUR LE MARCHE.

FABRICATION DE L'ACIER



DESIGNATION DES ACIERS

INSTRUCTIONS

POUR LE FORMATEUR :

- LE FORMATEUR DEVRA RENDRE INCOMPLETES LES DESIGNATIONS NORMALISEES DES ACIERS .
- CE TRAVAIL S'EFFECTUERA INDIVIDUELLEMENT.

TRAVAIL DEMANDE AUX STAGIAIRES

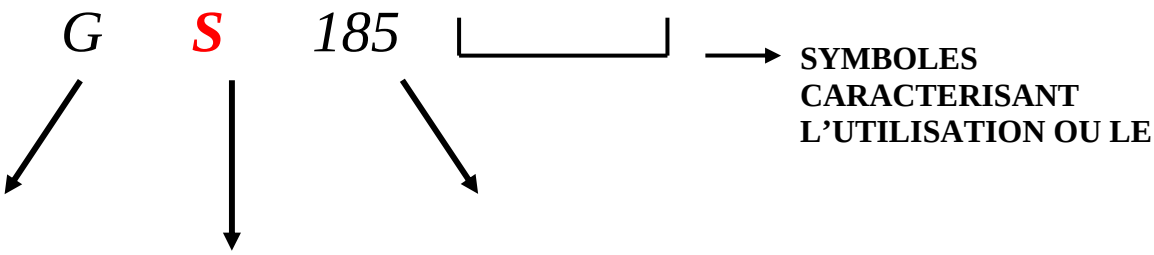
A PARTIR DES DESIGNATIONS NORMALISEES DES ACIERS :

- RETROUVEZ LES CARACTERISTIQUES MECANIQUES DE CES MATERIAUX.

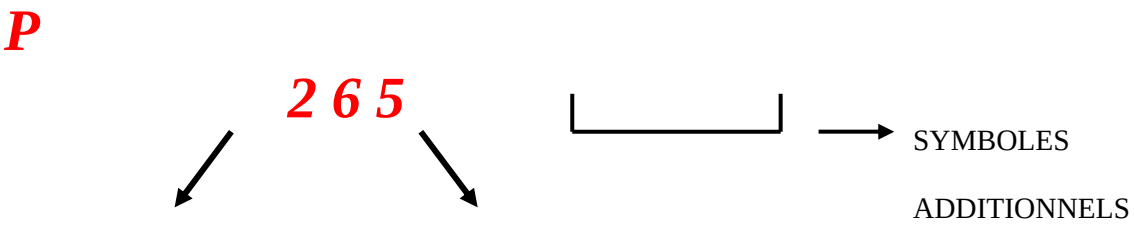
SUIVANT NORMES :

- NFA 02 - 025 DE JUIN 89
- NFA 02 – 005 – 1 DE NOVEMBRE 92
- NFA 02 – 005 – 2 DE NOVEMBRE 92
- NFA 02 – 005 – 3 DE MAI 93

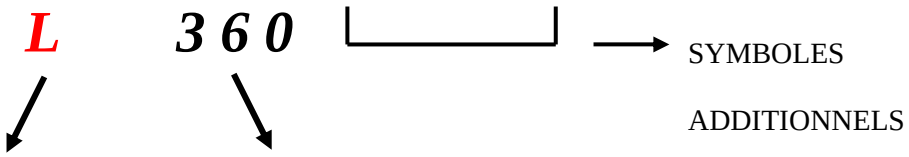
ACIERS DE CONSTRUCTION : ***S*** ***(Y COMPRIS LES ACIERS A GRAINS FINS)***



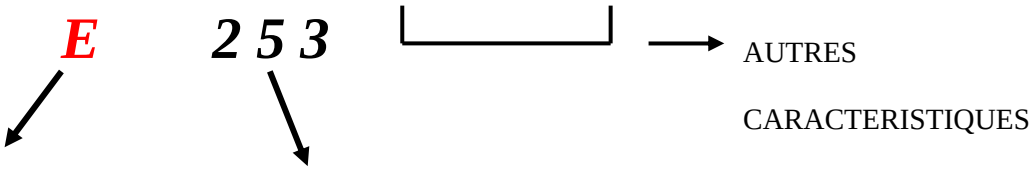
ACIERS POUR APPAREILS A PRESSION : P



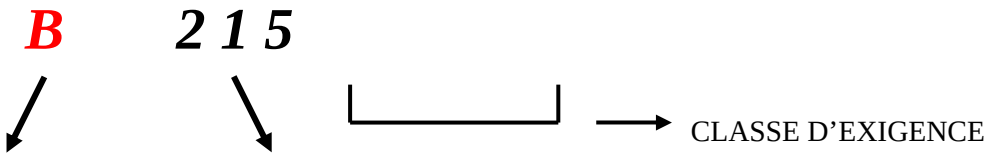
ACIERS POUR TUBES DE CONDUITES : L



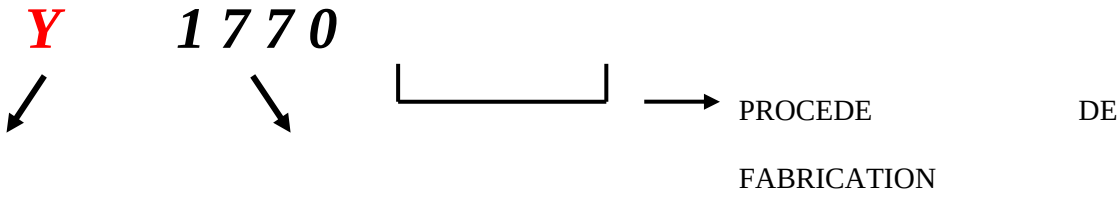
ACIERS DE CONSTRUCTION MECANIQUE : E



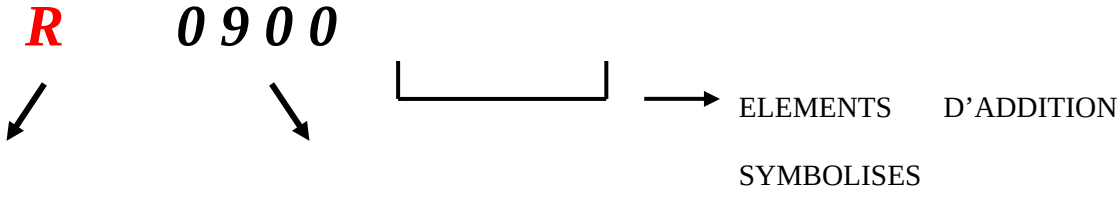
ACIERS A BETON : ***B***



ACIERS A BETON PRECONTRAINT : ***Y***

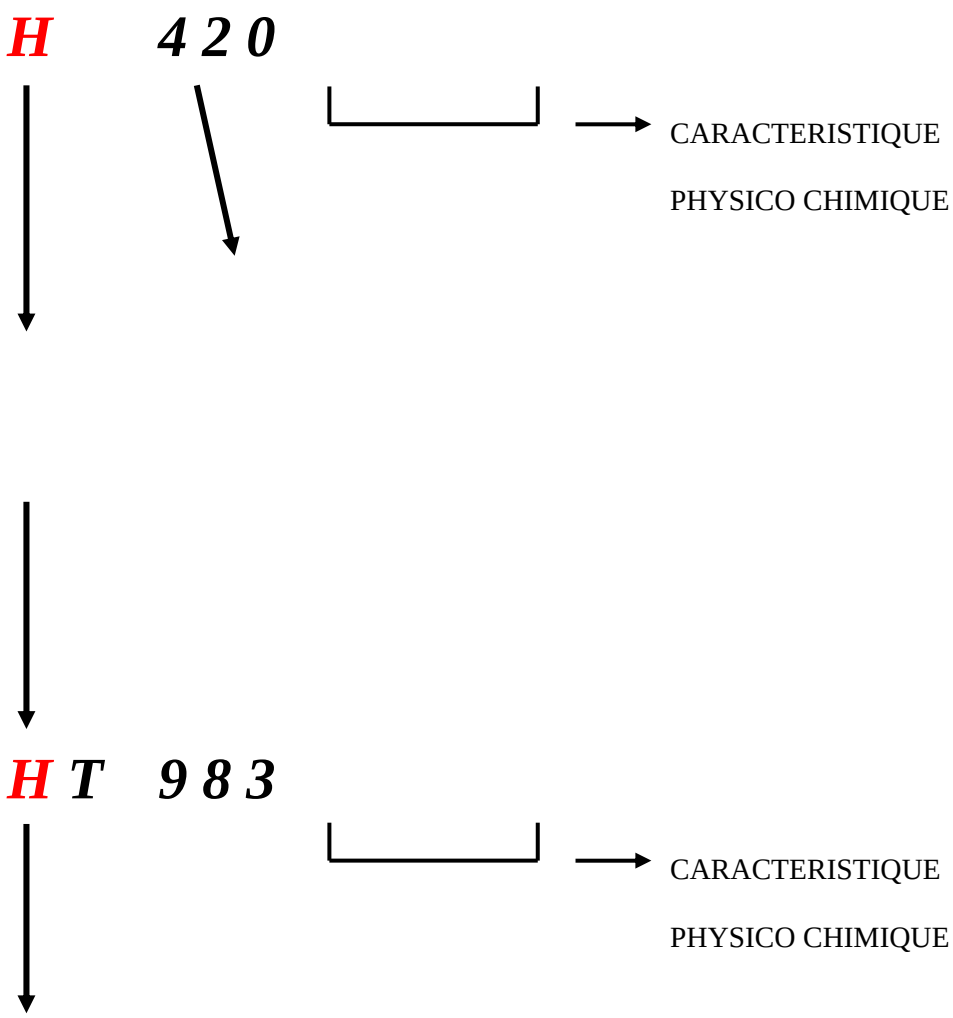


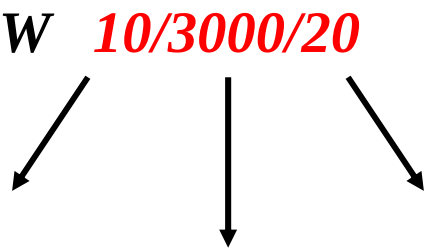
ACIERS POUR OU SOUS FORME DE RAILS : ***R***

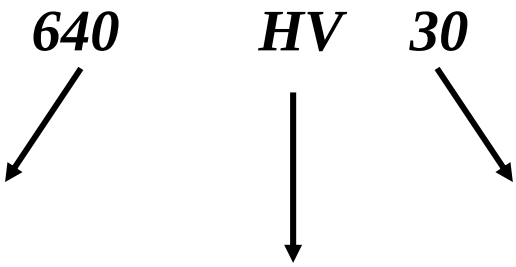


PRODUITS PLATS LAMINES A FROID EN ACIER

A HAUTE RESISTANCE POUR EMBOUTISSAGE A FROID : H




HBW 10/3000/20

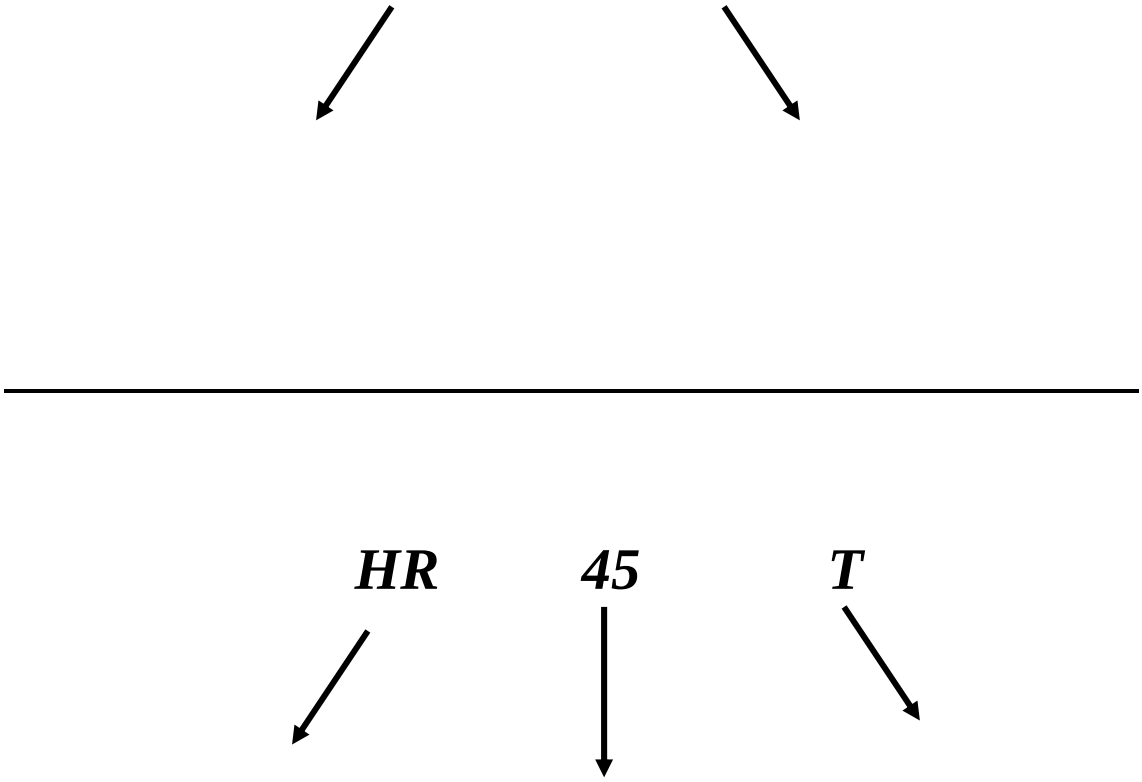

640 HV 30

---

60 HRBW

---

60 HRBWS


HR
45
T

EXERCICE 6

INSTRUCTIONS

POUR LE FORMATEUR :

- **L'ANIMATION DEVRA SE FAIRE DANS LES ATELIERS DU CENTRE.**

TRAVAIL DEMANDE AUX STAGIAIRES

- SUR UNE FEUILLE DE PAPIER, REPERER TOUTES LES PIECES DE L'ATELIER DU CENTRE ISSUES DES TECHNOLOGIES DES PROCEDES DE MISE EN ŒUVRE DE LA CONSTRUCTION METALLIQUE.

EXEMPLE :
- GAINE DE VENTILATION / PLIEUSE CINTREUSE
- HOTTE D'ASPIRATION / PLIEUSE
- GRILLE D'EVACUATION D'EAU / POINÇONNAGE

EXERCICE 7

INSTRUCTIONS

POUR LE FORMATEUR :

- EN CAS DE RAPPEL LA FORMATION OPCM LE FORMATEUR DEVRA FOURNIR AUX STAGIAIRES LE DESSIN DE L'ENSEMBLE MECANO-SOUDE REP 00709 DANS LE CDET.

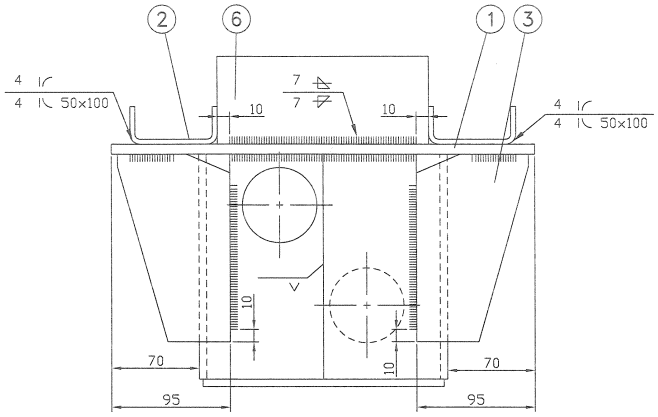
TRAVAIL DEMANDE AUX STAGIAIRES

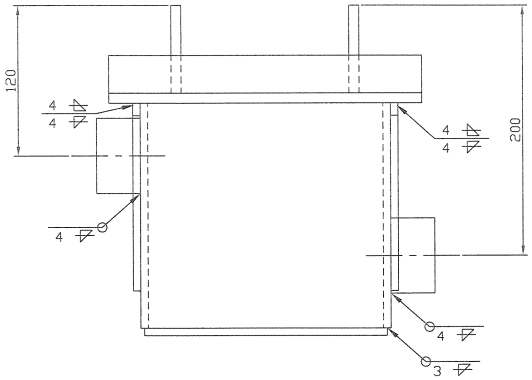
A PARTIR DES DESSINS D'ENSEMBLES MECANO-SOUDE CONSTITUES D'ELEMENTS TRES SIMPLES :

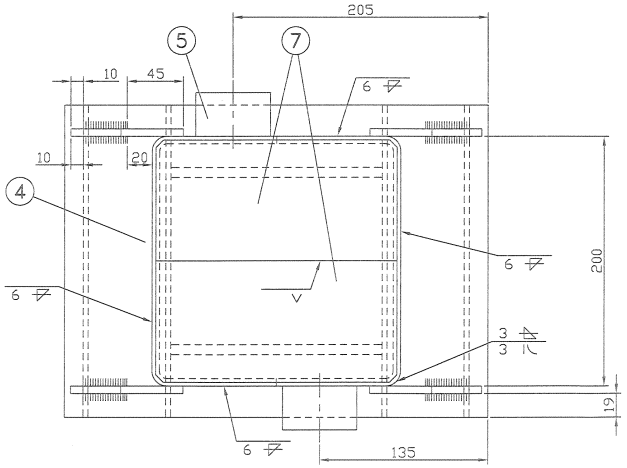
VOUS DEVEZ CONCEVOIR CES ELEMENTS A PARTIR DE TOLE EN RESSORTANT UN MINIMUM DE PIECES, SANS UTILISER DE PROFILES.

VOUS DEVREZ UTILISER TOUTES LES MOYENS DE CONFORMAGE. (PLIAGE ;EMBOUTISSAGE ;CINTRAGE ……).

- IDENTIFIEZ LES PROCEDES NECESSAIRES A LA FABRICATION DE L'ENSEMBLE.
- **INDIQUEZ LEUR MISE EN ŒUVRE AINSI QUE LEUR RÉGLAGE EN RENSEIGNANT DES GAMMES DE FABRICATION.**







NOTA : Les goussets Rep3 seront pointés et soudés après le soudage de l'ensemble.

Rep	Nb	Désignation	Matière	Observation
7	2	Tole supérieure		194x97 x6
6	2	Raidisseur		170x70 x8
5	2	Tube ø60		lg : 35mm
4	2	U en tole pliée ep:6mm		200x100 x6
3	4	Goussets		150x90 x6
2	2	U en tole pliée ep:4mm		70x30 lg:250
1	1	Socle		340x250 x8

Tolérances générales : ISO 2768 mK

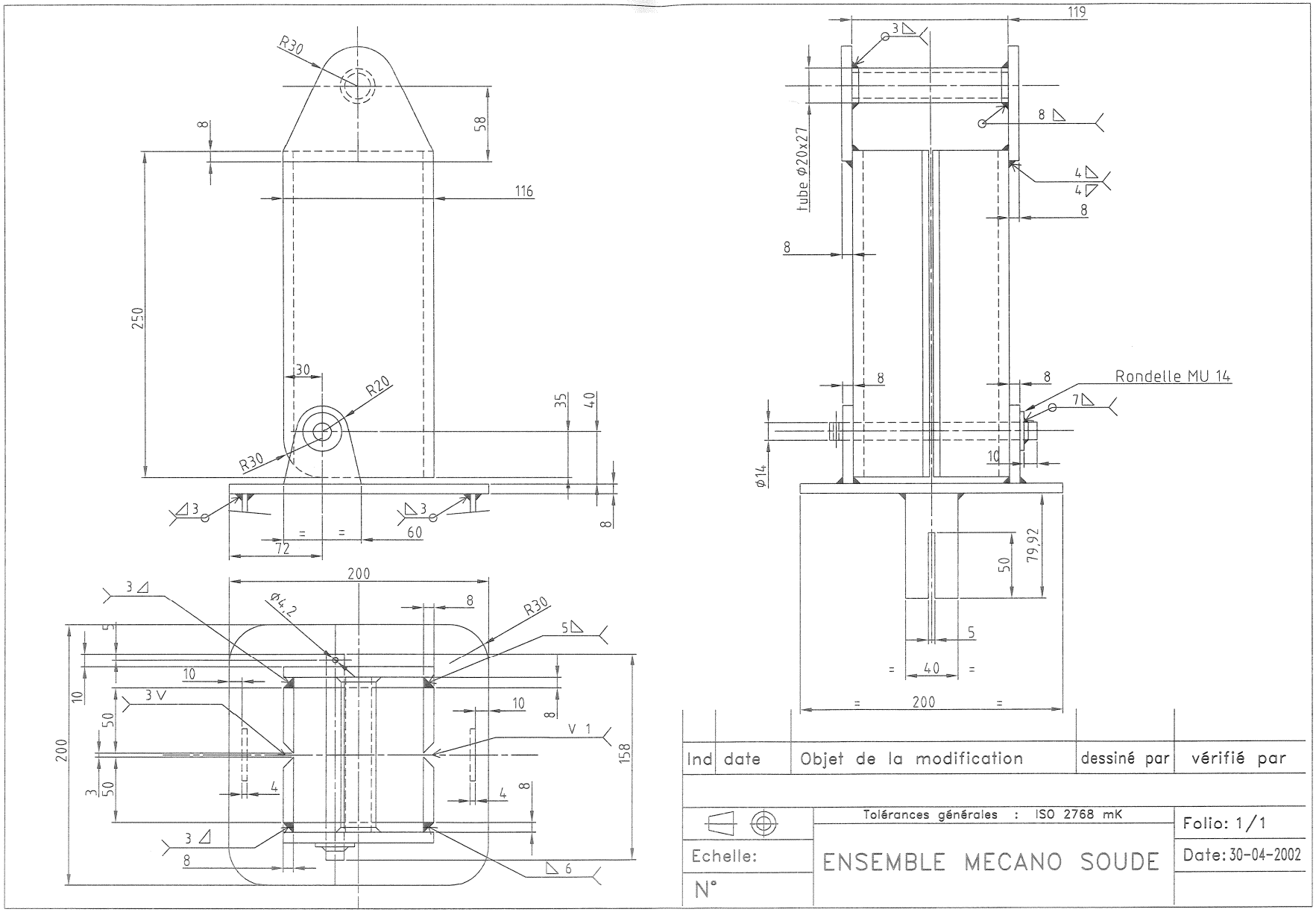
Echelle:

ASSEMBLAGE SOUDE

Document à objectifs pédagogiques

Folio:

Date:01/11/98



Ind	date	Objet de la modification	dessiné par	vérifié par

Tolérances générales : ISO 2768 mK

Folio: 1/1

Echelle:

N°

ENSEMBLE MECANO SOUDE

Date: 30-04-2002

EXERCICE 8

INSTRUCTIONS

POUR LE FORMATEUR :

- LE FORMATEUR DEVRA EFFECTUER UNE DEMONSTRATION DES REGLES D'HYGIENE ET DE SECURITE POUR CHACUN DES MOYENS DE MISE EN ŒUVRE EVOQUES DANS LE COURS.

TRAVAIL DEMANDE AUX STAGIAIRES

- COMMENTEZ LES DEMONSTRATIONS EFFECTUEES PAR VOTRE FORMATEUR.

EXERCICE 9

INSTRUCTIONS

POUR LE FORMATEUR :

- LE FORMATEUR PRESENTERA AUX APPRENANTS LE DESSIN DE DEFINITION DES ELEMENTS SOUDES.
- LA GAMME DE SOUDAGE DEVRA ETRE TRANSMISE VIERGE AUX APPRENANTS.

TRAVAIL DEMANDE AUX STAGIAIRES

A PARTIR DES DESSINS DE DEFINITION DES ELEMENTS SOUDES :

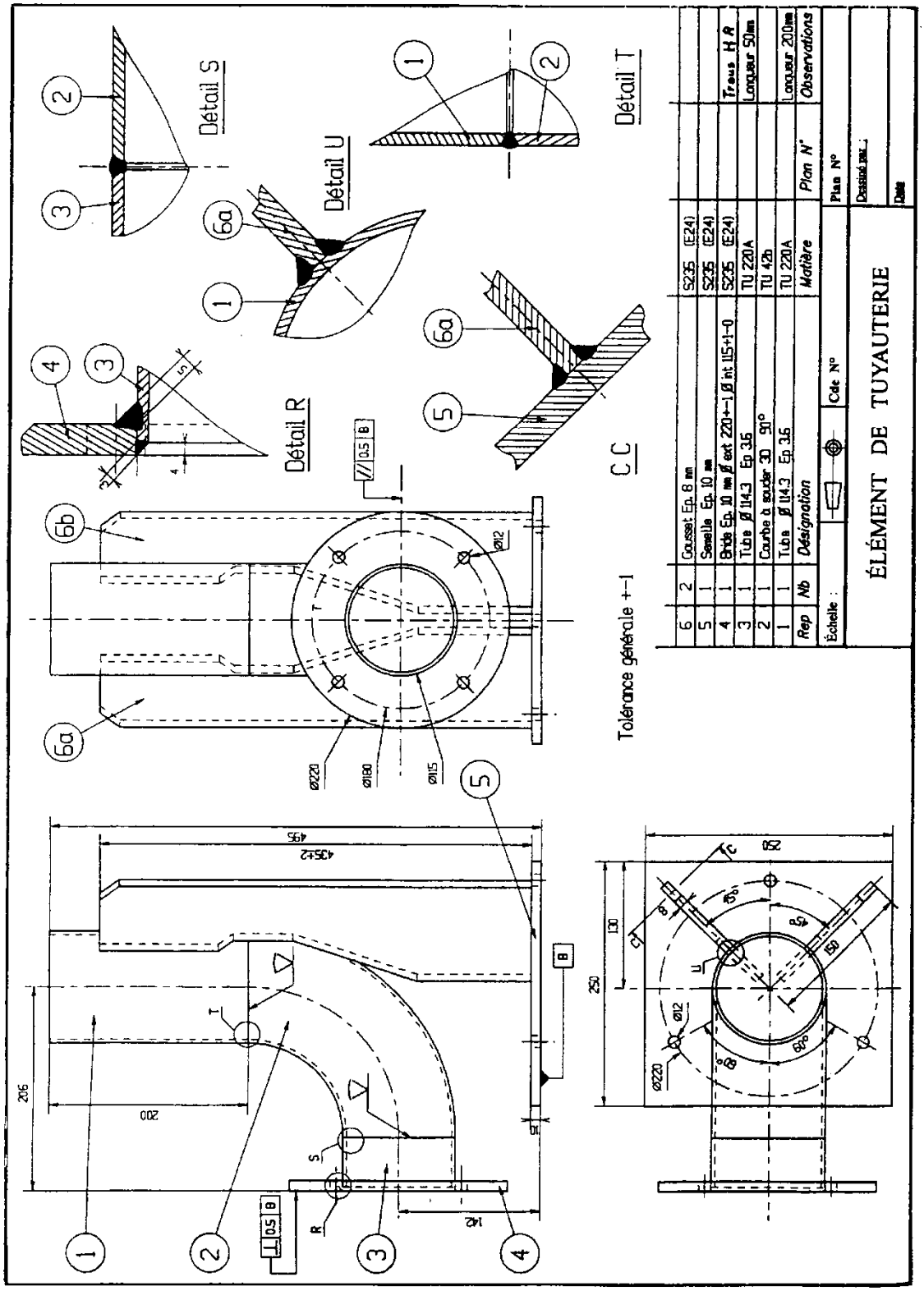
- IDENTIFIER LE OU LES PROCEDES DE SOUDAGE A EMPLOYER
- IDENTIFIER LE METAL D'APPORT NECESSAIRE
- IDENTIFIER LE GAZ A EMPLOYER
- IDENTIFIER LES PARAMETRES DE REGLAGE DU OU DES PROCEDES DE SOUDAGE
- CHOISIR LE MOYEN DE CONTROLE LE PLUS ADEQUAT
- ANALYSER LES DEFORMATIONS EVENTUELLES

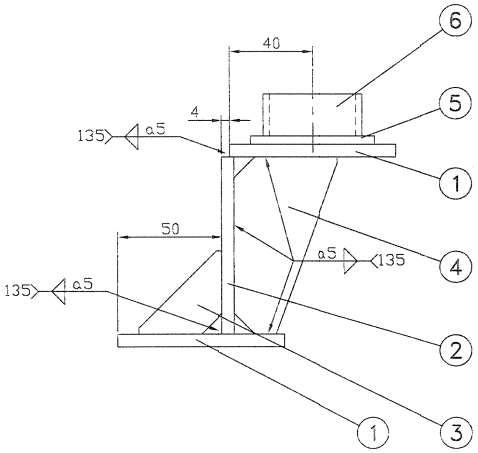
NOTA *: DOCUMENTS A CARACTERES PEDAGOGIQUES.*
CES DOCUMENTS NE PEUVENT PAS SERVIR A UNE FABRICATION INDUSTRIELLE.

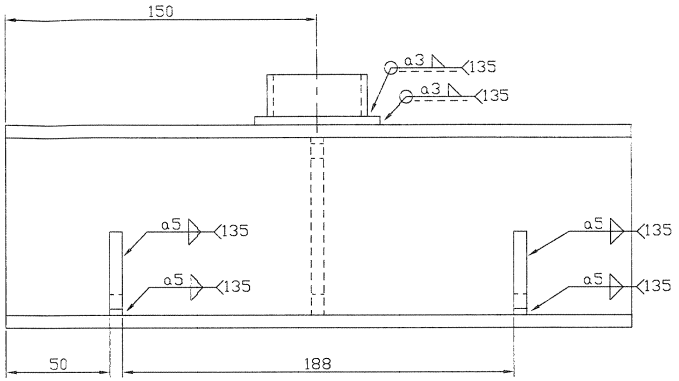
LES NORMES INDUSTRIELLES EVOLUANT CONSTAMMENT, IL APPARTIENT AU FORMATEUR DE FAIRE LES MODIFICATIONS AVEC SES APPRENANTS LORS DES SEANCES DE FORMATION.

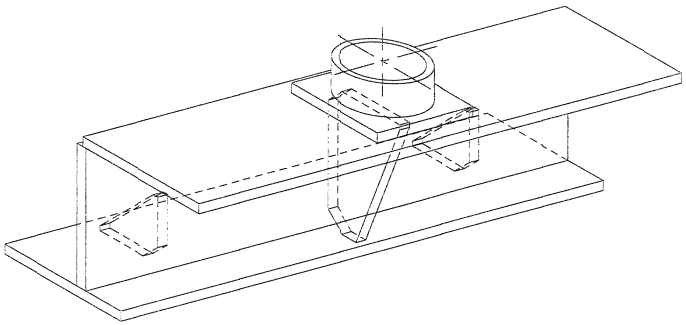
DOCUMENT DE TRAVAIL

DESSIN DE DEFINITION DES ELEMENTS SOUDES









Rep	Nb	Désignation	Matière	Observation
6	1	Centreur		ø48ext Lg:20
5	1	Doublante		60x60 x4
4	1	Raidisseur central		85x50 x6
3	2	Goussets		40x40 x6
2	1	Platine verticale		300x85 x6
1	2	Platines horizontales		300x80 x6

Tolérances générales : ISO 2768 mK

Folio:

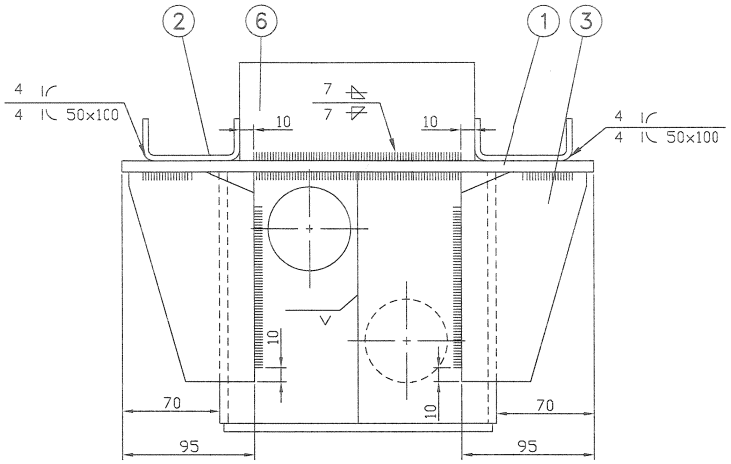
Echelle:

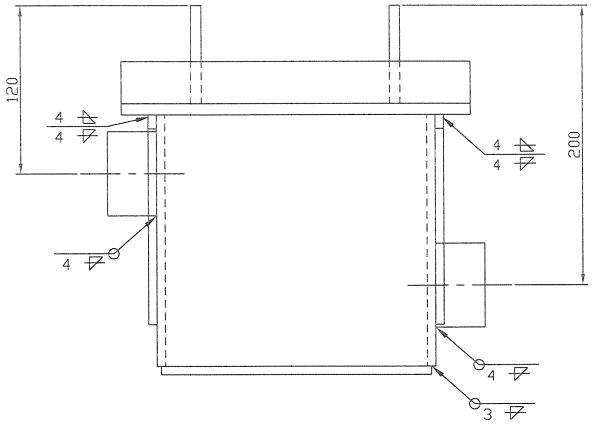
Date: 01/11/98

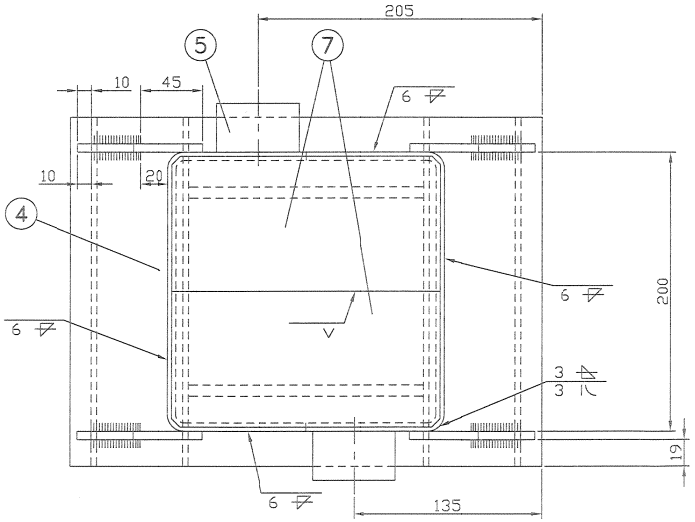
N°

ASSEMBLAGE SOUDE

Document à objectifs pédagogiques







NOTA : Les goussets Rep3 seront pointés et soudés après le soudage de l'ensemble.

Rep	Nb	Désignation	Matière	Observation
7	2	Tole supérieure		194x97 x6
6	2	Raidisseur		170x70 x8
5	2	Tube ø60		lg : 35mm
4	2	U en tole pliée ep:6mm		200x100 x6
3	4	Goussets		150x90 x6
2	2	U en tole pliée ep:4mm		70x30 lg:250
1	1	Socle		340x250 x8

Tolérances générales : ISO 2768 mK

Echelle:

ASSEMBLAGE SOUDE

Document à objectifs pédagogiques

Folio:

Date:01/11/98

DOCUMENT DE TRAVAIL

7.2 MODELE NORMALISE D'UN DESCRIPTIF DE MODE OPERATOIRE DE SOUDAGE (DMOS)

L'ANNEXE A CONSTITUE UN MODELE ISSU DE LA NORME EN 288 DESTINE A AIDER LE SOUDEUR DANS LA REDACTION D'UN DESCRIPTIF DE MODE OPERATOIRE DE SOUDAGE (DMOS) DU CONSTRUCTEUR OU DU FABRICANT (VOIR DOCUMENT CI-DESSUS ET CELUI DE L'ETABLISSEMENT COQUANT).

DOCUMENT A ETABLIR

Annexe A (Suite)

Descriptif de mode opératoire de soudage du contructeur ou du fabricant (DMOS)

Lieu : ..... EXAMINATEUR OU ORGANISME D'INSPECTION : .....

DMOS référence N° : ....

PV-QMOS N° : ..... Méthode de préparation et nettoyage : .....

Constructeur ou Fabricant : ....

Nom du soudeur : ..... Spécification matériau de base : .....

Procédé de soudage : ..... Epaisseur du matériau de base (mm) : .....

Type de joint : ..... Diamètre du matériau de base (mm) : .....

Détails de préparation de joint (Schéma)* : ..... Position de soudage de l'assemblage : .....

Schéma de préparation	Disposition des passes

Paramètres de soudage :

Passe n°	Procédé	Dimension métal d'apport	Courant A	Voltage V	Type de courant Polarité	Alimentation en fil Vitesse d'avance*	Energie de soudage *

Métal d'apport : codification : ..... Autres Informations : .....

marque et type : ....

Reprise spéciale ou séchage : ..... par ex. : balayage (largeur maximale) oscillation,: .....

Gaz de protection/flux : endroit : ....

envers : ..... * Fréquence, Temporisation : .....

Débit de gaz - endroit : ..... * Soudage pulsé détails : .....

envers : ..... * Distance de maintien : .....

Type d'électrode de tungstène/Dimension : ..... * Détail du plasma : .....

Détails de gougeage ou du support envers : ..... * Angle de torche : .....

Température de préchauffage : .....

Température entrepasses : .....

Traitement thermique après soudage ou vieillissement : .....

Temps, Température, Méthode : .....

Vitesses de montée en température et de refroidissement* : .....

L'assemblage de qualification décrit ci-dessus a été soudé en présence de : .....

Constructeur ou fabricant Nom, date et signature	Examinateur ou organisme d'inspection Nom, date et signature :
.....	.....
.....	.....

Si nécessaire

EXERCICE 10

INSTRUCTIONS

POUR LE FORMATEUR :

- LE FORMATEUR DEVRA ADAPTER LE DOCUMENT « LE PROCESSUS DE REALISATION D'ASSEMBLAGE SOUDE » A LA SEQUENCE, EN MASQUANT CERTAINS TERMES TECHNIQUES.
-- CET EXERCICE DEVRA ETRE TRAITE INDIVIDUELLEMENT.

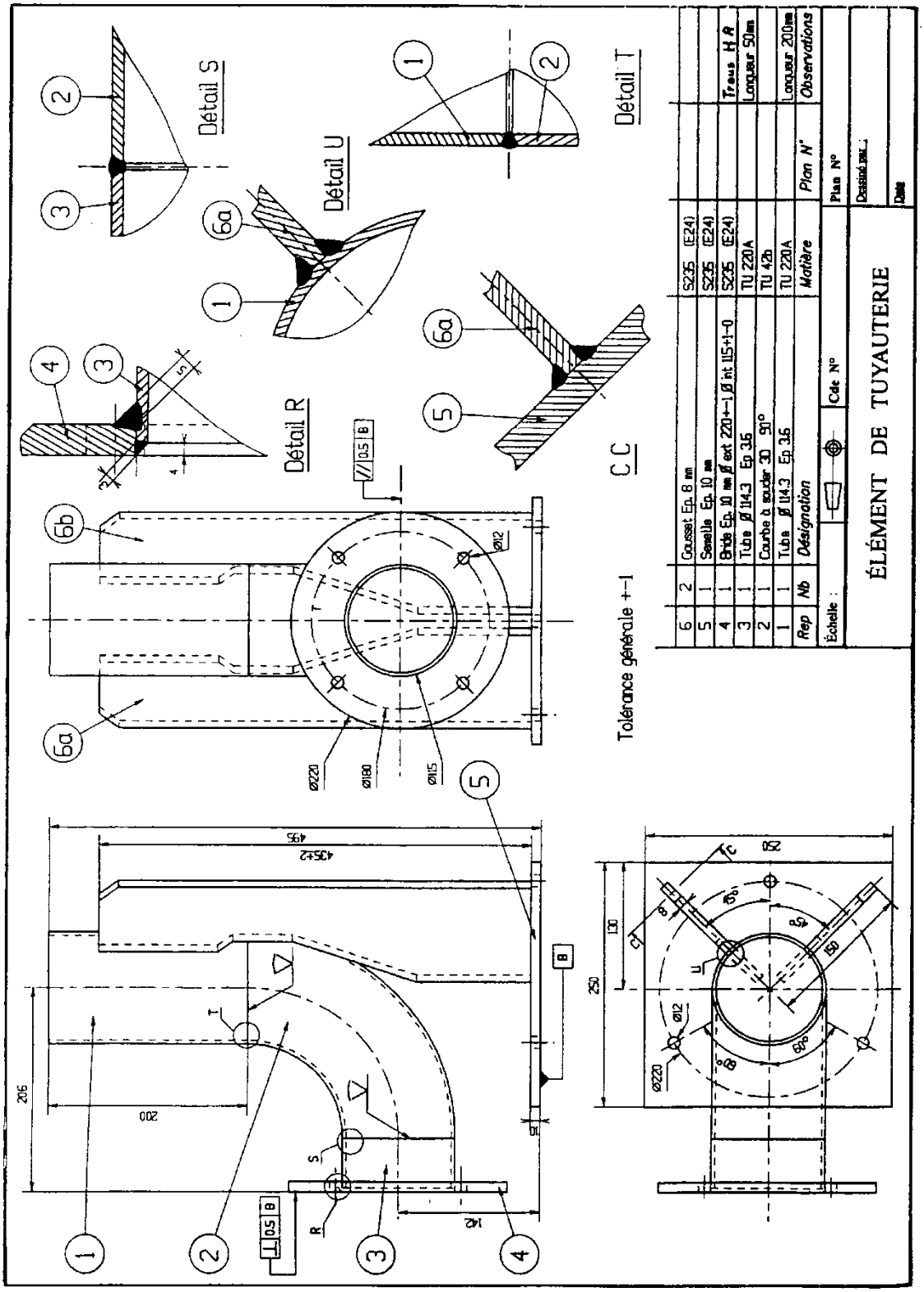
TRAVAIL DEMANDE AUX STAGIAIRES

A PARTIR DU DESSIN DE DEFINITION DES ELEMENTS SOUDES ET DU DOCUMENT « LE PROCESSUS DE REALISATION D'ASSEMBLAGE SOUDE », IDENTIFIEZ :

- LE PROCEDE DE SOUDAGE
- LE METAL D'APPORT
- LE GAZ UTILISE
- LES PARAMETRES DE REGLAGE
- LE CONTROLE ADEQUAT

DOCUMENT DE TRAVAIL

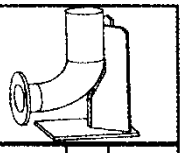
DESSIN DE DEFINITION DES ELEMENTS SOUDES

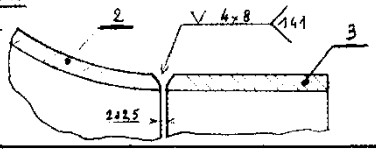
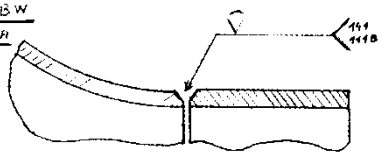
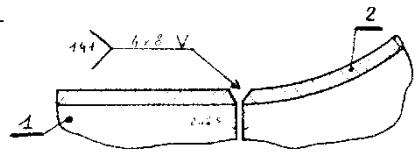
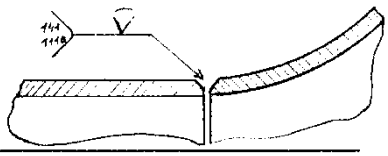
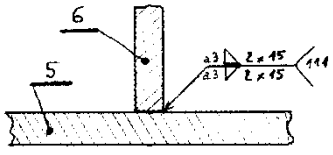
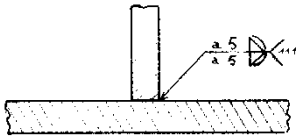


PROCESSUS DE REALISATION
D'ASSEMBLAGE SOUDÉ

ELEMENT DE TUYAUTERIE AVEC SUPPORT

Procédé 111 et 141 *Acier S 235 / Tube TU 37 B*



PHASE	ASSEMBLAGE Rep avec Rep POINTAGE	SOUDAGE	1) — Croquis 2) — Type d'assemblage 3) — Position de soudage 4) — Représentation symbolique des soudures — D'après la norme actuellement en vigueur EN 287.1	Choix de l'électrode Désignation commerciale	Ø de l'électrode	Intensité moyenne d'utilisation Polarité
			T.BW PH 	Electrode		
10				Tungstène cérium	Ø2,4	95
	3 et 2			M.R. Nertal 60		
				NF EN 440 G5.2	Ø2	
				Nertal 60	Ø2,4	90
20			T.BW PA 			
		3 et 2		Electrode basique	Ø3,15	95 +
				Sélectarc B56 E 42 4 B 32 H5		
				EN 499		
30			T.BW PA 	IDEM		
	1 et 2			Ph 10		
40			T.BW PA 	IDEM		
		1 et 2		Ph 20		
					3,15	95 +
				IDEM		
50			P.FW PB 			
	6a-6b				3,15	105 +
	et 5					
				IDEM		
60			P.FW PA 			
		6a 6b			4	130 +
		et 5				

PHASE	ASSEMBLAGE Rep avec Rep — POINTAGE	SOUDAGE	1) — Croquis 2) — Type d'assemblage 3) — Position de soudage 4) — Représentation symbolique des soudures — D'après la norme actuellement en vigueur EN 287.1	Choix de l'électrode — Désignation commerciale	Ø de l'électrode	Intensité moyenne d'utilisation. Polarité
70			P/T FW PB	Basique		
	4 et 3			Norme		
				"EN 499		
				E 42.4.B.32.H5	2,5	85 +
				"AWS"		
				7018-		
80			P/T FW PA	IDEM		
		4 et 3			4	115 +
					2,5	80 +
90			P.FW PF	IDEM		
	1 et				2,5	75 +
	6a 6b					
100			P.FW PF	IDEM		
		1 et			3,15	100 +
		6a-6b				

Contrôle visuel Pointage

Ph 10 Contrôle de la préparation des bords, chanfreinage, accostage des bords. Etuvage des électrodes.
Ph 20 — 30 — 40 idem
Ph 50 Planéité des tôles. ⊥ des deux bords soudés des Rep 6a et 6b
Ph 70 Conformité bride — repérage trous HA ⊥ entre Rep 4 et Rep 3 — cote 206
Ph 90 ⊥ 0,5 → B cote 142

Contrôle intérieur Pointage

Ph 10 Pénétration des points.
Ph 20 Pénétration, épaisseur du cordon.
Ph 30 Pénétration des points.
Ph 40 Pénétration, épaisseur du cordon.
Ph 50 ⊥ entre Rep 5 et Rep 6a et 6b.
Ph 60 Épaisseur de la gorge.
Ph 70 Répartition des points.
Ph 80 Meulage des points (4x10), après soudage extérieur bride
Ph 90 Réglage des paramètres de soudage (PF)
Ph 100 Contrôle de la gorge a4 en PF

Contrôle visuel Pointage

Cote 142 et 206
Planéité Rep 5
Planéité Rep 4 et perpendicularité
Recherche des défauts éventuels et contrôle de leur niveau d'acceptabilité
Contrôle de l'affleurement du cordon sur le plan de la bride

EXERCICE 11

INSTRUCTIONS

POUR LE FORMATEUR :

- LE FORMATEUR DEVRA EFFECTUER UNE DEMONSTRATION DES REGLES D'HYGIENE ET DE SECURITE POUR CHACUN DES PROCEDES DE SOUDAGE EVOQUES DANS LE COURS.

TRAVAIL DEMANDE AUX STAGIAIRES

- COMMENTEZ LES DEMONSTRATIONS EFFECTUEES PAR VOTRE FORMATEUR.

EXERCICE 12

INSTRUCTIONS

POUR LE FORMATEUR :

- LES EXERCICES SONT A FAIRE EN SITUATION DANS L'ATELIER AUTOUR DES MACHINES DE CONFORMAGE.

TRAVAIL DEMANDE AUX STAGIAIRES

1- RECHERCHER SUR CHAQUE MACHINE DE CONFORMAGE DE L'ATELIER COMMENT SONT MISE EN POSITION LES ELEMENTS « OUTILS » ?

2- FAIRE UN SCHEMA FONCTIONNELLE DE MONTAGE DE CES « OUTILS ».

3- POUR CHAQUE MONTAGE DE CES OUTILS QU'ELLES SONT LES COTES FONCTIONNELLES ?

4- RECHERCHER LES TOLERANCES FONCTIONNELLES (DIMENSIONS, GEOMETRIQUE, ORIENTATION POSITION) QUI SONT RECOMMANDEES PAR LE CONSTRUCTEUR DE LA MACHINE.

5- VERIFIER LES VALEURS AVEC LES INSTRUMENTS DE CONTROLES.

EXERCICE 13

INSTRUCTIONS

POUR LE FORMATEUR :

- LES EXERCICES SONT A FAIRE EN SITUATION DANS L'ATELIER AUTOUR DES MACHINES DE CONFORMAGE

- IL EST NECESSAIRE DE RECUPERER DES PIECES INDUSTRIELLES AFIN DE METTRE LE STAGIAIRE EN SITUATION.

TRAVAIL DEMANDE AUX STAGIAIRES

- RECHERCHER SUR CHAQUE MACHINE DE CONFORMAGE DE L'ATELIER EN VUE DE FABRICATION UNITAIRE ET SERIE DE PRODUIT .
    - QUELS SONT LES ELEMENTS DE LA MACHINE QUI SERVENT D'APPUIS, DE BUTEES, DE SERRAGE, SURFACE DE REFERENCES ?

- A PARTIR DES PIECES FOURNIES PAR VOTRE FORMATEUR RECHERCHER LES POSITIONS ISOSTATIQUES SUR LA MACHINE EN VUE D'UNE OPERATION DE CONFORMAGE.

EXERCICE 14

INSTRUCTIONS

POUR LE FORMATEUR :

- LES EXERCICES SONT A FAIRE EN SITUATION
  - DANS L'ATELIER AUTOUR DES MACHINES DE CONFORMAGE
  - LORS DES VISITES D'ATELIER DE PRODUCTION
  - AUTOUR DE CATALOGUES DE VOS FOURNISSEURS

TRAVAIL DEMANDE AUX STAGIAIRES

- RECHERCHER SUR CHAQUE MACHINE DE CONFORMAGE DE L'ATELIER EN VUE DE FABRICATION UNITAIRE ET SERIE DE PRODUIT

  - QUELS SONT LES OUTILLAGES ET COMPOSANTS NECESSAIRES ?

    - IDENTIFIER CEUX QUI SONT DES COMPOSANTS DU COMMERCE
    - EN DONNER LA DESIGNATION NORMALISEE
    - DETERMINER LES MATERIAUX DE CES COMPOSANTS
    - REPERER LES CONSOMMABLES