

École Polytechnique de Thies


Gm. 0433

Projet de fin d'étude

"atelier de fabrication et réparation
par procédés de soudage et oxycoupage"

sujet proposé par le professeur

Znamierowski

 école polytechnique
de thies

auteur: Mamadou Khalifa Siby 5^e Mécanique

Mai 1981

Je dédie cette thèse à mon père, ancien oudeuz
aux "Grands Moulins de Dakar" pendant
la période coloniale

Thies le 19/5/81

~~M. S. I.~~

Remerciements

Je tiens tout d'abord à remercier le professeur Janusz Znamierowski, mon directeur de projet pour la nouvelle formule d'orientation des projets de fin d'étude.

Je tiens à dire ici en toute sincérité que le souci du professeur Znamierowski a été, depuis le début de cette année, que notre projet s'ouvre dans le cadre Industriel : en effet il s'agit de confronter le jeune ingénieur aux problèmes de la vie pratique durant son séjour même à l'école.

Je tiens à remercier également toutes les personnes qui m'ont apporté de loin ou de près les informations nécessaires à la réalisation de ce projet.

Je songe surtout à :

Mr Diaye ingénieur à la SEGOA

Mr Brunel adjoint au directeur technique à la SEGOA

tout le personnel de la M.T.S (Montage, Tuyauterie Soudage) qui m'ont accordé le libre accès pour visiter leurs installations



que tout le monde trouve ici
l'expression de ma profonde gratitude !

Signé: Mamadou Khalifa Siby

Sommaire

Le sujet de cette thèse se subdivise en quatre grandes parties que l'on peut citer comme suit.

Soudage oxyacetylenique : avantage d'une distribution par canalisations (économie et sécurité) et oxycoupage

Soudage à l'arc électrique : intérêt des postes de soudage à caractéristique très tombante, intérêt des transformateurs redresseurs (compromis entre le courant continu et le courant alternatif) triphasés (équilibrage des phases) avec un bon facteur de puissance (pénalisation de la Senelec)

Soudage MIG : intérêt des postes de soudage à caractéristique presque plate ou également choix des transfo redresseurs triphasés avec un bon facteur de puissance.

Contrôle des fabrications soudées (méthodes de contrôle à la portée du soudeur ou du chef soudeur); (qualité de la main d'œuvre).

Table de matières

	Pages
I. Introduction	1
II. Soudage oxyacetylenique	5
III. Soudage à l'arc	49
IV. Soudage MIG	67
V. Contrôle des fabrications soudees	86
VI. Appareillage Soudage Arc. MIG	93
VII. Conclusion	101
VIII - Références (annexe, bibliographie)	105

I. Introduction

Le développement et l'essor de la construction par soudage n'ont commencé qu'après la première guerre mondiale, vers 1920. Auparavant, la seule technique permettant l'assemblage permanent des éléments métalliques autres que les feuilles minces était le rivetage à chaud. Le caractère essentiel de ce procédé est cependant sa limitation à l'assemblage par recouvrement, que les pièces à réunir soient simplement superposées ou bien qu'elles soient ajustées bord à bord et rivées grâce à l'adjonction de couvre-joints simples ou le plus souvent doubles. Le rivetage nécessite donc un supplément appréciable de matière : recouvrements, couvre-joints, rivets. Nous devons encore noter qu'en construction rivée la section des tôles et des barres considérée dans les calculs de résistance est leur section totale diminuée de celle des trous de rivets. En construction soudée c'est leur section pleine. Aussi peut-on souvent utiliser des éléments de section moindre, soit une économie supplémentaire de matière et de poids.

Cette économie, qui atteint couramment 15%, n'est pas le seul facteur qui ait favorisé l'extension extraordinaire de ce mode d'assemblage. Il faut encore citer l'économie de main d'œuvre et la plus grande rapidité d'exécution. Les frais de traçage et de perçage des trous de rivets, de chauffage et de pose des rivets eux-mêmes, de matage éventuel, de préparation et d'ajustage de recouvrements et de courbes joints, dépassent largement dans la quasi-totalité des cas, l'ensemble des frais de préparation et d'assemblage de la construction soudée correspondante.

D'autres considérations ont plus ou moins puissamment aidé au développement des procédés de soudage :

- du point de vue de la durée, la meilleure tenue des soudures bout à bout vis à vis de la corrosion et de la fatigue, parce que ces soudures constituent un ensemble monolithique, et qu'elles travaillent généralement à la traction et non au cisaillement comme les rivures.
- du point de vue du personnel d'exécution et de l'atmosphère de travail, l'élimination de tout ce

l'opération de rivetage à chaud a de pénible : bruit assourdissant et trepidations

enfin du point de vue esthétique, l'aspect plus net et moins chargé des assemblages.

Le champ d'application du procédé par soudage s'étend à plusieurs branches de l'industrie :

fûts et emballages métalliques ;

bouteilles soudées pour gaz liquéfiés ;

chaudières ;

chaudronnerie tous métaux ;

tuyauteries et pipe lines ;

ponts

charpentes et ossatures métalliques

appareils de levage et de manutention

construction navale

matériel de chemin de fer et de tramway

construction automobile

construction électrique

électronique

armements

construction aéronautique et spatiale

construction du matériel pour l'industrie nucléaire
Ajoutons en fin que les services d'entretien de la
plupart des entreprises de quelque importance
ainsi que les ateliers artisanaux font, eux aussi,
fréquemment appel à l'un ou l'autre des procédés
de soudage.

Dans notre projet il s'agit de concevoir une moyenne
installation de soudage en l'équipant de :

3 postes de soudage oxyacetylenique

un poste d'oxycoupage

3 postes de soudage à l'arc

un poste MIG

En dernière analyse nous parlerons des contrôles des
fabrications soudées

II Soudage oxyacétylénique

I Généralités

La chaleur nécessaire à la fusion est fournie par la combustion de l'acétylène avec de l'oxygène.

L'oxygène est un gaz incolore, inodore légèrement plus lourd que l'air : sa masse volumique est $1,38 \text{ kg/m}^3$ et celle de l'air $1,293 \text{ kg/m}^3$. Il est livré en bouteilles d'acier, le contenant sous une pression d'environ 150 kgf/cm^2 .

L'acétylène est un gaz plus léger que l'air. Sa masse volumique est $1,11 \text{ kg/m}^3$. Il est incolore et inodore. Ce gaz forme avec l'oxygène et par suite avec l'air un mélange explosif dangereux, car la zone d'inflammabilité est très large (2,8 à 93% d'acétylène dans l'oxygène). L'acétylène peut être comme l'oxygène livré en bouteilles d'acier où il est dissous dans l'acétone. Par mesure de prudence, l'acétylène étant très réactif avec l'oxygène, les bouteilles doivent être emplies d'une matière poreuse inerte

L'acétone imprégnant cette matière offre à l'acétylène une plus grande surface de contact, ce qui facilite sa dissolution. De plus le fractionnement du volume occupé par le gaz s'oppose à la propagation d'une décomposition fortuite, et explosive, du gaz en présence de l'air. Il doit rester, après remplissage, un volume libre au moins égal à 15% de la capacité totale de la bouteille. Enfin la pression finale ne doit pas dépasser 15 kg/cm². Il faudra noter que l'acétylène n'a été découvert par Davy qu'en 1836. Sa production industrielle et la mise au point du « chalumeau » ou se fait la combustion et d'où s'échappe la flamme, ont demandé un long temps. Le procédé de soudage ne date que d'une soixantaine d'années; les utilisations de la flamme oxyacétylenique sont multiples aussi bien dans l'industrie que dans l'artisanat. Les bouteilles d'acétylène et d'oxygène peuvent évidemment être mises directement à la

disposition de l'utilisateur à ses postes de travail. Mais nous estimons que cette façon de procéder présente des inconvénients sérieux : Vous conviendrez sans doute que cette façon de procéder ne garantit nullement la sécurité de l'ouvrier : risques d'accidents par encombrement des ateliers et risques de chutes des bouteilles.

En plus du problème de la sécurité il faudra ajouter celui de la maintenance : les bouteilles sont transportées depuis le lieu de déchargement jusqu'aux postes de travail, très souvent à travers les différents ateliers. Nous avons jugé qu'une distribution par canalisations amenant directement l'oxygène et l'acétylène aux postes d'utilisation supprimerait ces inconvénients.

II Avantages de la distribution par canalisations

Une distribution par canalisations consiste à installer, en un point offrant toutes facilités

pour l'accès des camions de livraison et pour le déchargement des bouteilles, une centrale de détente de gaz et de poser une canalisation fixe reliant la centrale aux lieux d'utilisation. Cette distribution par canalisations présente de nombreux avantages aussi bien sur le plan de la productivité que celui de la sécurité.

Productivité

1. Gain de place : les bouteilles de stockage des gaz sont placées en dehors des ateliers de fabrication
2. Immobilisation : moins de bouteilles, car celles-ci sont mieux utilisées et automatiquement vidées jusqu'à une pression très voisine de la pression d'utilisation prévue.
3. Gain de temps : suppression du transport et de la manipulation des bouteilles dans les ateliers

4. Souplesse d'utilisation : les chalumeaux se branchent rapidement sur les différentes prises existantes.

5. Travail continu : Il s'agit tout simplement d'équiper la centrale avec un tableau de détente automatique pour qu'il n'y ait plus de risques d'arrêt de travail lorsqu'une rampe de bouteilles est vide.

6. Avantages techniques : les pressions de détente sont constantes et contrôlées.

7. Économie : Vi dange plus complète des bouteilles ; les démontages et remontages répétés des manodétendeurs étaient l'occasion de fréquentes détériorations, les postes d'utilisation individuels éliminent ces inconvénients et ces dépenses ; la surveillance et l'entretien sont pratiquement limités à la Centrale.

Sécurité : la présence dans les locaux de travail, des récipients contenant des gaz sous

pression transforme trop souvent un incident en catastrophe; meilleure protection du matériel en particulier des détenteurs; plus de risques de chutes de bouteilles ou de ruptures de tuyaux souples encombrant le poste de travail

III. Conception de la distribution par canalisations

Nous parlerons successivement de la centrale de stockage et de détente, des canalisations et des postes d'utilisation

III. a Centrale de stockage et de détente

Type d'installation

Le projet se porte sur un petit atelier de réparation et de soudage. L'atelier sera du type Moyenne installation

En se référant aux recommandations de la SAF (Soudure autogène Française) on peut partir des données suivantes :

centrales de détente
de gaz comprimés
oxygène, hydrogène,
azote, air comprimé,
argon, hélium, atal et
acétylène dissous

11



tableau de détente

type	sources de gaz	gaz détendu			
		oxygène*		acétylène**	
		débit maxi	pression en bar	débit maxi	pression en bar
		n. M ³ /h		n. M ³ /h	
petite installation (P.I.)	bouteilles	20	5	6	1,5
noyenne installation (M.I.)	bouteilles ou cadre	30	10	8 à 10	1,5
grande installation (G.I.)	cadres	100	12		
très grande installation (T.G.I.)	cadres	200	12		
groupe de détente (G.D.)	cadres			25	1,5

* Les centrales d'Oxygène moyenne, grande et très grande installation sont équipées, facultativement, de réchauffeurs électriques contre le givrage (nous consulter).

Dans le cas de tableaux de détente Acétylène ou Hydrogène dotés d'un dispositif de signalisation le monostat et le signal lumineux sont montés dans un coffret anti-déflagrant.

** Le débit maximum d'une bouteille d'acétylène est de 1 m³/h. La pression de détente maximum de 1,5 bar ne doit en aucun cas être dépassée.

Pour l'oxygène : Débit de $30 \text{ m}^3/\text{heure}$

Pour l'acétylène : Débit de $10 \text{ m}^3/\text{heure}$

Calcul du nombre de bouteilles

oxygène

Dans les catalogues de l'air liquide on trouve pour les bouteilles d'oxygène des capacités de 7 m^3 et de 3 m^3

Pour avoir $30 \text{ m}^3/\text{heure}$ nous pouvons choisir 3 bouteilles de capacité 7 m^3 et 3 bouteilles de capacité 3 m^3 .

Nous employerons des tuyauteries genouillères qui permettent d'utiliser des bouteilles de hauteur différentes

acétylène

Dans les mêmes catalogues de l'air liquide on trouve pour les bouteilles d'acétylène des capacités de 2 m^3 et de 4 ou 6 m^3 .

Nous pouvons choisir des bouteilles de 2 m^3 au nombre de 3 et une bouteille de 4 m^3 .

domaine d'emploi du chalumeau oxyacétylénique



1. Par ses qualités chimiques et thermiques, la flamme oxyacétylénique permet de **souder, soudobraser et braser** la plupart des métaux.

2. Par ses qualités thermiques surtout, la flamme oxyacétylénique assure :

- les meilleures performances en **oxycoupage**, notamment pour les petites et les très grosses pièces (épaisseur maximum : 100 mm), ainsi que pour les techniques de découpe des voisines méritant

- les seuls bons travaux de **décapage** et de **décalaminage** qui soient réalisés très rapidement, n'importe où et avec un équipement restreint.

- les meilleurs **trempe superficiels** dans les conditions les plus simples.

- les seuls résultats valables obtenus par le procédé des **chaudes de retrait**.

3. La flamme oxyacétylénique est le moyen le plus rapide, le plus concentré, le plus simple et le plus économique de résoudre

L'AIR LIQUIDE, spécialiste des gaz industriels, met à la disposition de sa clientèle de l'oxygène et de l'acétylène d'excellente qualité (pureté garantie supérieure à 99,5 %) dans différents conditionnements adaptés aux consommations et aux conditions d'utilisation.

- Pour les petites consommations ou pour les utilisateurs ayant à se déplacer, tels que plombiers, chauffagistes, artisans, services entretien..., un conditionnement en petites bouteilles dites « pratic-gaz » dont le faible poids et l'encombrement réduit facilitent la manutention.

bouteilles	oxygène	acétylène
capacité	3 m ³	2 m ³
hauteur	1 m	56 cm
poids en charge	34 kg	24 kg

Ces bouteilles pratic-gaz peuvent être disposées sur des chariots.

- Pour les postes fixes ou pour des consommations moyennes : le conditionnement classique en bouteilles standard.

bouteilles	oxygène	acétylène
capacité	7 m ³	4 ou 6 m ³

Ces bouteilles peuvent également être placées sur un chariot ; il est possible de les grouper en centrales permettant une alimentation par canalisation.

- Pour les consommations plus importantes, on peut envisager soit un conditionnement en cadres de bouteilles, soit l'installation d'un système

Le nombre de bouteilles dans une centrale devrait occuper le concepteur au plus haut point. Nous tenons à souligner qu'il y a un délai de consignation. Si un tel délai de la bouteille est dépassé la location de la bouteille peut aller du simple au double.

Constitution de la centrale de détente

Notre centrale se compose de deux sources de gaz débitant alternativement sur un tableau ou groupe de détente, qui assure l'alimentation des canalisations de distribution de façon continue et à la pression choisie.

Nous aurons deux centrales une pour l'oxygène et une autre pour l'acétylène.

Notre conception se basera sur des postes de travail qui seront alimentés sans aucune interruption.

Pour chaque groupe de bouteilles nous installons un détenteur et les groupes de bouteilles seront reliés à la canalisation par un inverseur mettant en route la batterie de réserve lorsque la batterie en service est épuisée.

Le tableau comportera également un signal

lumineux avertissant de la mise en service automatique

Les bouteilles seront reliées entre elle par des rampes collectrices. La sécurité exige que les bouteilles ne doivent pas être couchées. C'est ainsi que nos bouteilles seront équipées de râteliers en tubes métalliques munis d'une chaîne de sécurité.

Comme nous l'avons déjà évoqué plus haut, les bouteilles n'étant pas de même hauteur il faudra équiper ces dernières de tuyauteries genouillères.

Pour l'acétylène, nous tenons à préciser que certains métaux comme le cuivre, l'argent et le mercure peuvent former avec l'acétylène, sous certaines conditions, des composés qui, même en petites quantités, peuvent exploser quand ils sont soumis au frottement ou au choc. L'acier est le matériau recommandé parce qu'elle possède une résistance adéquate pour pouvoir résister convenablement à l'action de l'acétylène et aux conditions de fonctionnement: température, pression.

Pour l'acétylène, au niveau de la centrale la pression

est de 15 bars. D'autres matériaux peuvent être autorisés sous certaines conditions mais nous optons en toute sincérité pour l'acier pour des raisons de sécurité, quitte à dépenser beaucoup plus mais non à sacrifier des vies humaines. Pour ne citer qu'un exemple certains auteurs recommandent, le cuivre jusqu'à 7% dans les alliages. Mais il suffit d'un petit procédé thermique quelque part dans l'atelier produisant un enrichissement en cuivre pour mettre tout le système en danger.

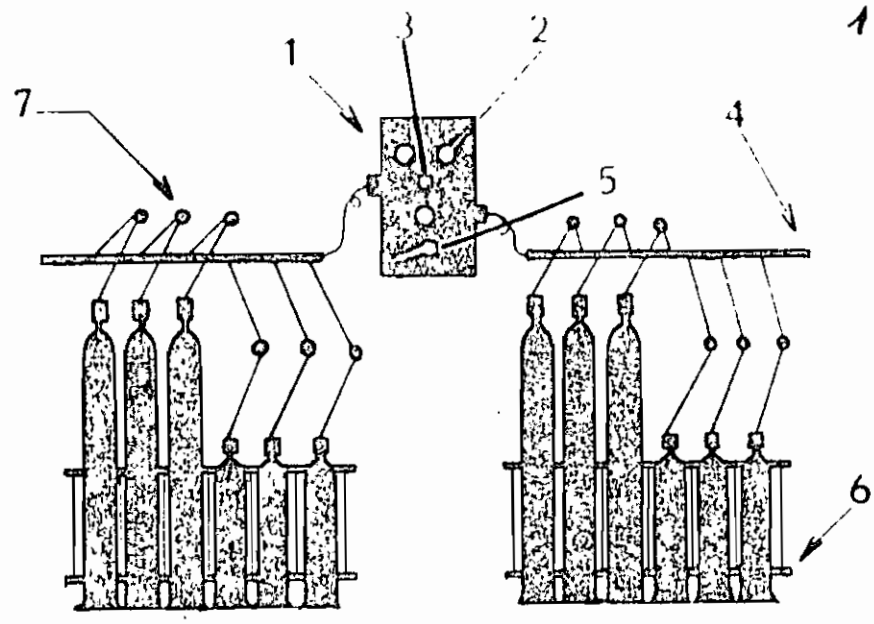
Pour l'oxygène la pression au niveau de la centrale est de 150 bars. A cause de la vitesse du gaz, le cuivre est plutôt recommandé pour la haute pression.

Schemas de deux centrales

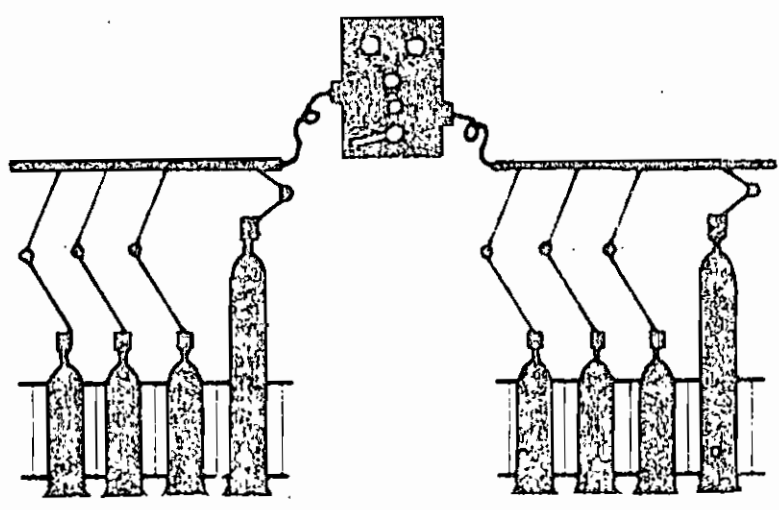
Schema de la centrale d'acetylene

(voir schema 1)

Chaque rampe est constituée de quatre bouteilles



Schema 2 : centrale d'oxygène



Schema 1 : centrale d'acetylene

Legende(schemas 1 et 2)

- 1 . Tableau groupant les appareils automatiques
- 2 . Detendeurs "Grand Debit" reglés a' des pressions egales
- 3 . Signal lumineux avertissant de la mise en service automatique
- 4 . Rampes collectrices
- 5 . Robinet inverseur
- 6 . Rateliers en tubes metalliques munis d'une chaine de securité
- 7 . Tuyauteries genouilleres permettant d'utiliser des bouteilles de hauteurs differentes

Schema de la centrale d'oxygène

(voir schema 2)

Chaque rampe est constituée de six bouteilles.

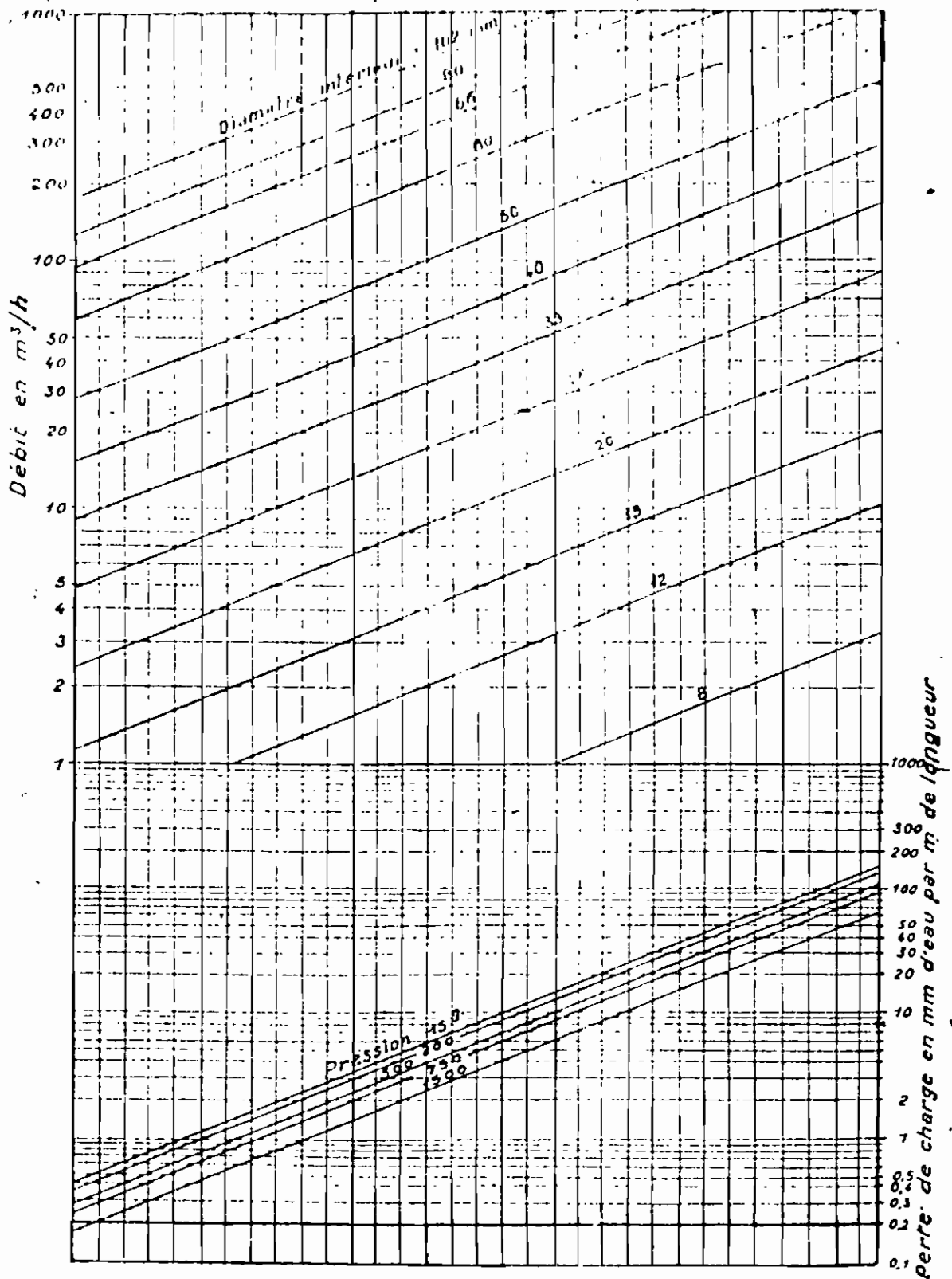
Les deux centrales seront installées à l'extérieur de l'atelier mais à proximité. Les deux centrales doivent être accessibles à tout moment, installées dans un endroit clos et aéré. L'acétylène étant très réactif avec l'oxygène comme nous l'avons évoqué plus haut, les deux centrales seront séparées par un mur en béton. Les deux centrales seront en métal déployé et la toiture en plaque ondulée.

III.b. Les canalisations

Ici également la S A F recommande pour un débit de $30 \text{ m}^3/\text{heure}$ pour l'oxygène une pression du gaz détendu de 10 bars et pour un débit de $10 \text{ m}^3/\text{heure}$ pour l'acétylène une pression du gaz détendu de 1,5 bars.

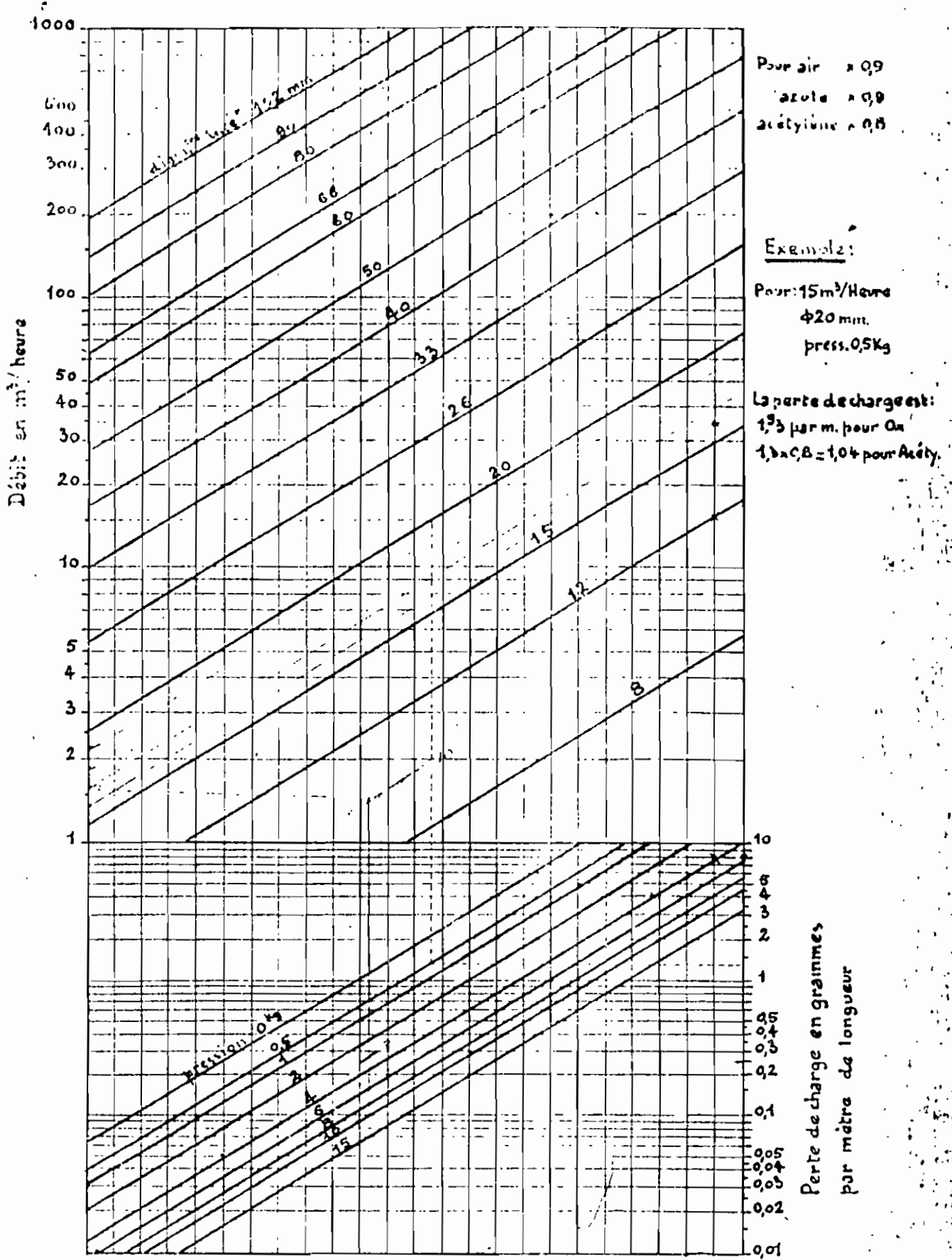
Détermination des sections intérieures des tuyauteries
d'acétylène et d'oxygène

Perte de charge des conduites acétylene



8/10

Perte de charge des canalisations d'oxygène



Tuyauterie acétylène

Nous allons déterminer la section pour chaque tronçon de tuyauterie connaissant le débit, les pressions de départ et d'arrivée et la longueur de la canalisation

Tronçon de canalisation compris entre le premier détenteur et le second (voir croquis 3)

Débit : $10 \text{ m}^3/\text{heure}$
 Pression de départ : $1,5 \text{ bars}$
 Pression d'arrivée (juste avant le second détenteur) : $1,496 \text{ bars}$
 Longueur de la canalisation 20 m .

La perte de charge totale admise est donc de :

$$1,500 - 1,496 = 0,004 \text{ bars} \Rightarrow$$

$$\frac{0,004 \times 1000 \text{ g/cm}^2}{20} = 0,2 \text{ g/cm}^2$$

par mètre correspondant à 2 mm d'eau.

NB. Pour la construction de l'abaque il a été admis d'arrondir à 1000 cm la hauteur d'une colonne d'eau de 981 cm correspondant à une pression de 1 kg/cm^2 à l'air libre

on lit sur l'abaque n° 1 un diamètre de 20mm.

Tronçon de canalisation entre le second détenteur et le dernier poste (voir croquis 3)

Debit : $10 \text{ m}^3/\text{heure}$

Pression de départ : $0,500 \text{ kg/cm}^2$

Pression d'arrivée au

dernier poste $0,200 \text{ kg/cm}^2$

Longueur de la canalisation : 15m

La perte de charge est de

$$0,500 - 0,200 = 0,300 \text{ kg/cm}^2 = 300 \text{ g/cm}^2$$

$$\text{soit } \frac{300}{15} \text{ g/cm}^2 \text{ par mètre} = 20 \text{ g/cm}^2$$

par mètre correspondant à 200 mm d'eau.

L'abaque nous donne un diamètre de 15mm.

Tuyauterie oxygène

Tronçon de canalisation compris entre le premier détenteur et le second (voir croquis 3)

Longueur de canalisation : 20m

PROCEDURE OPERABLE

24

1 - Ouvrir et régler l'oxygène.

S'assurer que la vis du détendeur est desserrée.

Ouvrir lentement la valve de la bouteille d'oxygène.

Serrer la vis du détendeur jusqu'à obtenir 1 bar (1 kg/cm²) au manomètre basse pression.

2 - Ouvrir et régler l'acétylène.

Ouvrir les robinets de la soupape de sûreté ou

Ouvrir la valve de la bouteille d'acétylène.

Serrer la vis du détendeur jusqu'à obtenir 0,1 à 0,2 bar (100 à 200 g/cm²) au manomètre basse pression.

3 - Allumer et régler le chalumeau.

Ouvrir légèrement le robinet d'oxygène.

Placer l'extrémité de la buse près d'une flamme.

Ouvrir progressivement le robinet d'acétylène.

Obtenir une flamme avec excès d'acétylène (flamme éclairante).

Augmenter progressivement le débit d'oxygène pour obtenir le dard normal.

4 - Eteindre le chalumeau.

Fermer le robinet d'acétylène (la flamme s'éteint).

Fermer le robinet d'oxygène.

5 - Mettre le poste au repos.

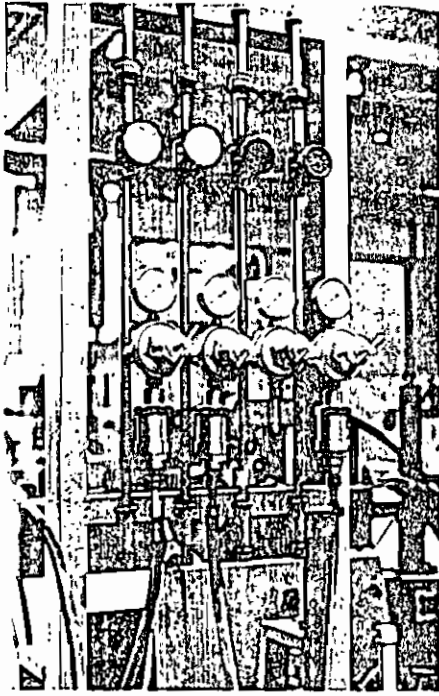
Fermer les bouteilles (ou les robinets de soupape de sûreté).

Ouvrir les robinets du chalumeau.

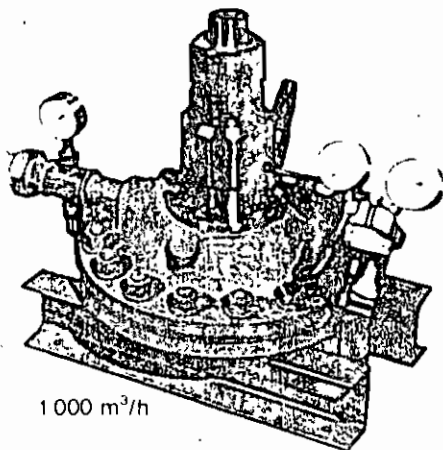
Desserrer les vis de réglage des détendeurs.



détendeurs de canalisation



détendeurs spéciaux pour gaz divers

1 000 m³/h

Les détendeurs de canalisation se montent en dérivation sur des conduites de gaz dont la pression n'excède pas 20 bar, ils sont prévus pour montage fixe ou amovible (dans le dernier cas ils sont équipés d'un bouchon obturateur de tuyau en cas de dépose). Les détendeurs de canalisation type oxygène peuvent également être utilisés pour les gaz inertes et l'air comprimé, pour les applications soudage

il est recommandé de les équiper avec un dispositif anti-retour avec pare-flamme en métal fritté.

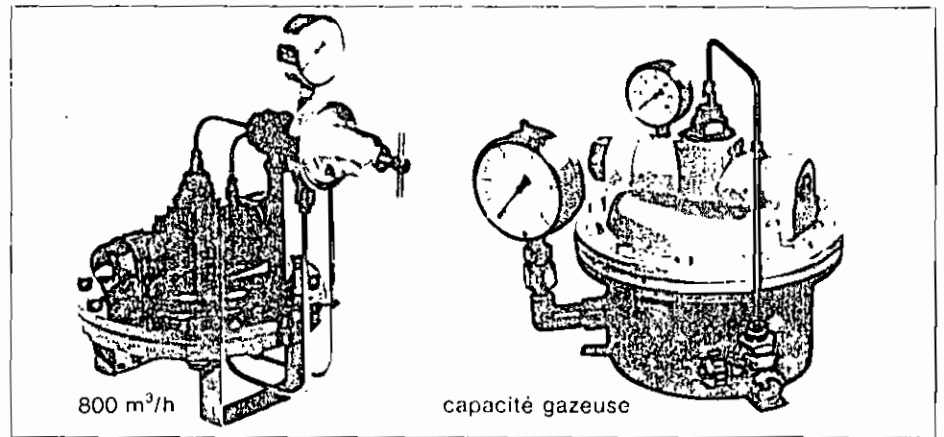
Les détendeurs de canalisation type acétylène peuvent être utilisés pour les gaz combustibles, ils sont à équiper soit avec une soupape sèche ou un anti-retour avec pare-flamme.

Pour les montages sur les postes individuels d'utilisation voir notice "Centrale de Détente NG 112".

	Graduation des mano. (bar) BP	Pression détente (bar)	Débit max. correspondant Nm ³ /h	Références
oxygène				
Oxygène type soudage fixe	0/6	0 à 1,5	10	2937-0101
Oxygène type soudage amovible	0/6	0 à 1,5	10	2937-0102
Oxygène type mixte, fixe	0/16	0 à 12	95	2935-0101
Oxygène type mixte, amovible	0/16	0 à 12	95	2935-0102
Oxygène type 250 m ³ /h	0/40	12	250	2953-0002
acétylène				
Acétylène fixe	0/2,5	0 à 1	10	2936-0101
Acétylène amovible	0/2,5	0 à 1	10	2936-0102
Type 1 000 Nm ³ /h	HP maxi	200 20	1 000	2946-0001
Type 800 Nm ³ /h	HP maxi	20 12	800	0968-5043
Type capacité gazeuse	HP maxi	15 3	200	2940-0003

Pour toutes les applications de détente de gaz où les débits et les pressions doivent pouvoir varier dans de larges proportions nous commercialisons des détendeurs du type "à commande par capacité gazeuse" pouvant être télécommandés et être alimentés en haute, moyenne ou basse pression.

A côté de ces détendeurs qui assurent une constance rigoureuse de la pression de détente nous possédons une gamme de détendeurs spéciaux pour utilisation depuis 0,002 bar en basse-pression jusqu'à 350 bar en très haute-pression. Nous consulter.

800 m³/h

capacité gazeuse

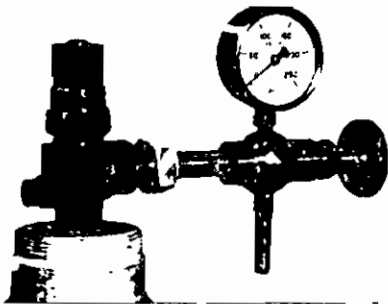


équilibres de pression GASEGO

Combinaison de deux détendeurs réglables automatiquement pour des pressions de détente égales. Les équilibreurs GASEGO sont utilisés pour les brûleurs de trempe superficielle et les chalumeaux à grand débit. Les appareils doivent être alimentés en acétylène et en oxygène à des pressions déjà voisines, c'est-à-dire après des détentes préalables.

	Type R 10 HP maxi 15	Type R 30 HP maxi 15
Pression détente (bar)	1,5	1,5
Débit max. correspondant Nm ³ /h	15	50
Références	4137-0001	4135-0002

vis micrométrique



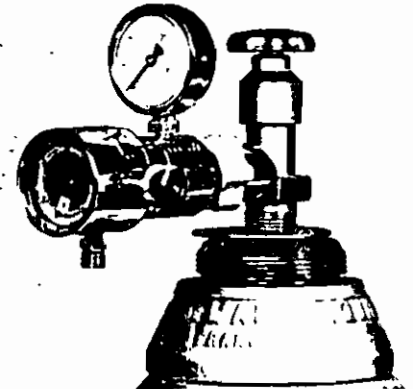
Les vis micrométriques sont des appareils qui détendent les gaz en créant une perte de charge dans un orifice réglable de petite dimension. Au

contraire des détendeurs, elles ne peuvent donner une détente, que lorsqu'elles débitent. Elles servent habituellement au transvasement des gaz.

Type oxygène avec manomètre de contrôle de la pression dans la bouteille	2680-0009
Type oxygène sans manomètre	2681-0012
Type azote ou gaz carbonique avec manomètre	0682-1001
Type hydrogène avec manomètre	0686-1001
Type air comprimé avec manomètre	0687-1001

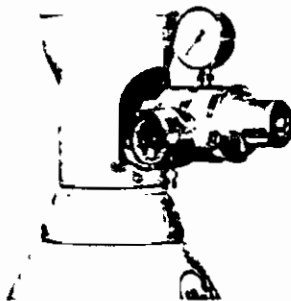
détendeurs-débitmètres MINIBLOC

Ces appareils sont utilisés principalement pour le soudage sous atmosphère et se montent directement sur les bouteilles de gaz ; ce sont des ensembles monobloc composés d'un détendeur pré-réglé et d'un débitmètre avec indicateur permettant le contrôle par lecture directe du débit à assurer. Un robinet placé sur le côté et en aval de la chambre de mesure le rend insensible aux contre-pressions dues aux appareils d'utilisation.



Type 1-15 l/mn maximum	0961-0415
Type 5-30 l/mn maximum	0961-0430

détendeurs-débitmètres pour CO² et argon



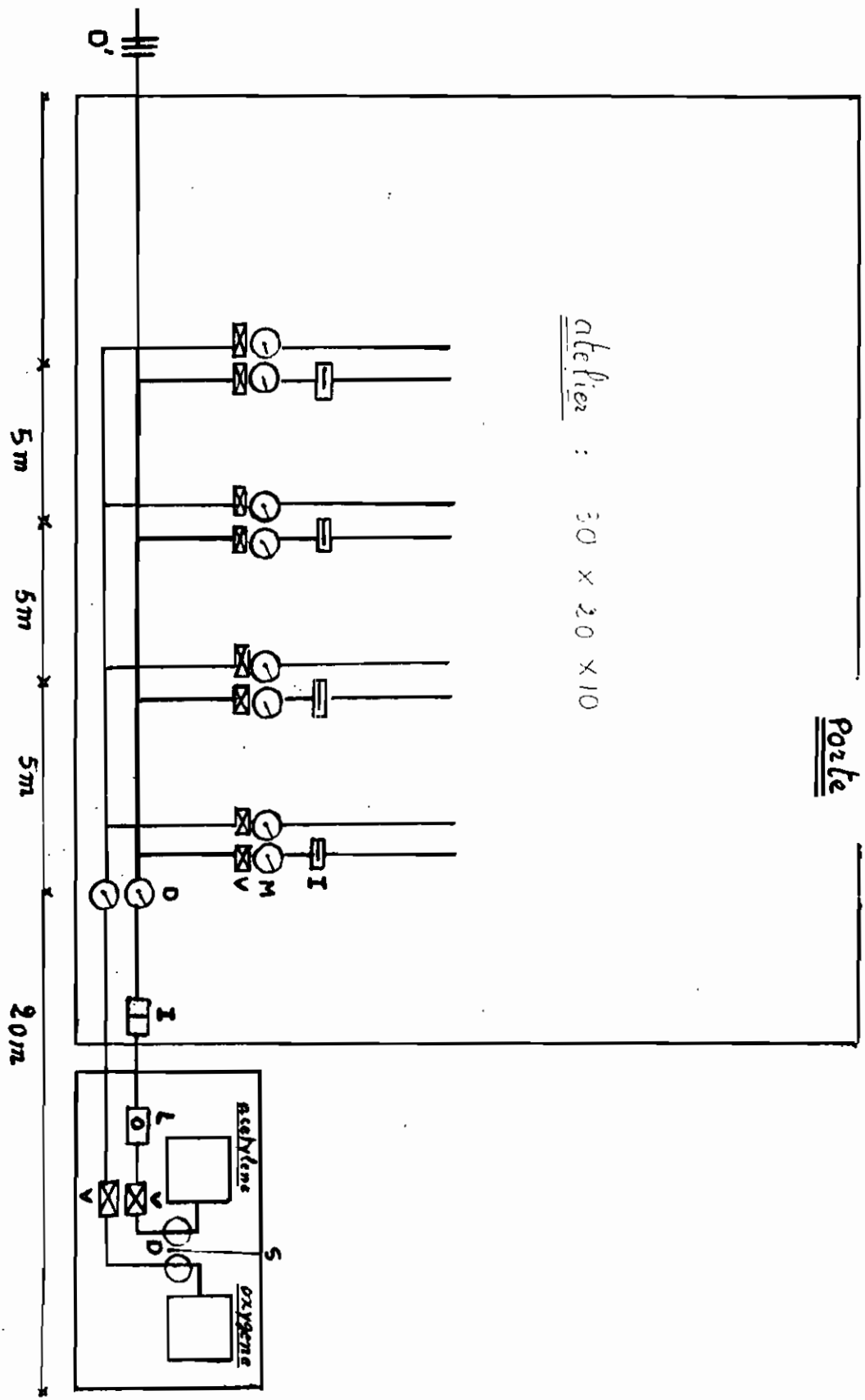
De même composition que les MINIBLOC mais spécialement étudiés pour permettre un débit régulier de CO² en évitant pratiquement tout givrage, dans certains cas extrêmes, il est quand même recommandé d'utiliser un réchauffeur ELECTROSAF.

Nota : sur le 0961-0512, il n'y a pas de manomètre HP, la pression du CO² étant pratiquement constante : 55 bars à 15 °C.

Type 5-50 l/mn	0961-0512
Type 5-30 l/mn	0961-0514

détendeurs-débitmètres et débitmètres tous gaz

Sur demande nous pouvons fournir des appareils étalonnés pour gaz et débits différents.



atelier : 30 x 20 x 10

legende
(schema de l'installation croquis 3)

V : vanne de sectionnement

D : Detendeur

L : limiteur de debit

I : intercepteur

D' : dispositif de securite a diaphragme

M : manometre

□ : centrale oxygene ou acetylene

S

| : separation par un mur en beton

Debit : $30 \text{ m}^3/\text{heure}$

Pression de départ : 10 bars

Pression d'arrivée (juste avant
le second détendeur) : 9,96 bars

La perte de charge est de :

$$10 - 9,96 \text{ bars} = 0,04 \text{ bars} = 0,04 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{soit } \frac{0,04 \times 1000}{20} = 2 \text{ g/cm}^2 \text{ par mètre}$$

L'abaque nous donne un diamètre de 20 mm.

Tronçon de canalisation entre le second détendeur
et le dernier poste (voir croquis 3)

Debit : $30 \text{ m}^3/\text{heure}$

Pression de départ 5 bars

Pression d'arrivée au

dernier poste 4,94 bars

longueur de canalisation 15 m

La perte de charge est de

$$5 - 4,94 = 0,06 \text{ bars} = 0,06 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{soit } \frac{0,06 \times 1000}{15} = 4 \text{ g/cm}^2 \text{ par mètre}$$

L'abaque donne un diamètre de 15 mm.

Détermination de l'épaisseur de paroi des canalisations

Cas de l'acétylène

L'acétylène diffère des autres gaz combustibles tels que le gaz de ville, le gaz naturel et le propane, en raison de son aptitude à se décomposer. L'action d'une source d'inflammation sur l'acétylène, même en l'absence d'air ou d'oxygène, peut donner naissance à une réaction chimique de décomposition de l'acétylène en ses éléments : carbone et hydrogène. Les travaux de HB Sargent ont abouti à une classification des installations d'acétylène suivant le type de risque auquel une installation d'acétylène est exposée. Ces travaux ont abouti à l'établissement d'un code de bonne conduite des canalisations d'acétylène. HB Sargent a établi un diagramme de la Pression de service en fonction du diamètre interne des canalisations (voir diagramme)

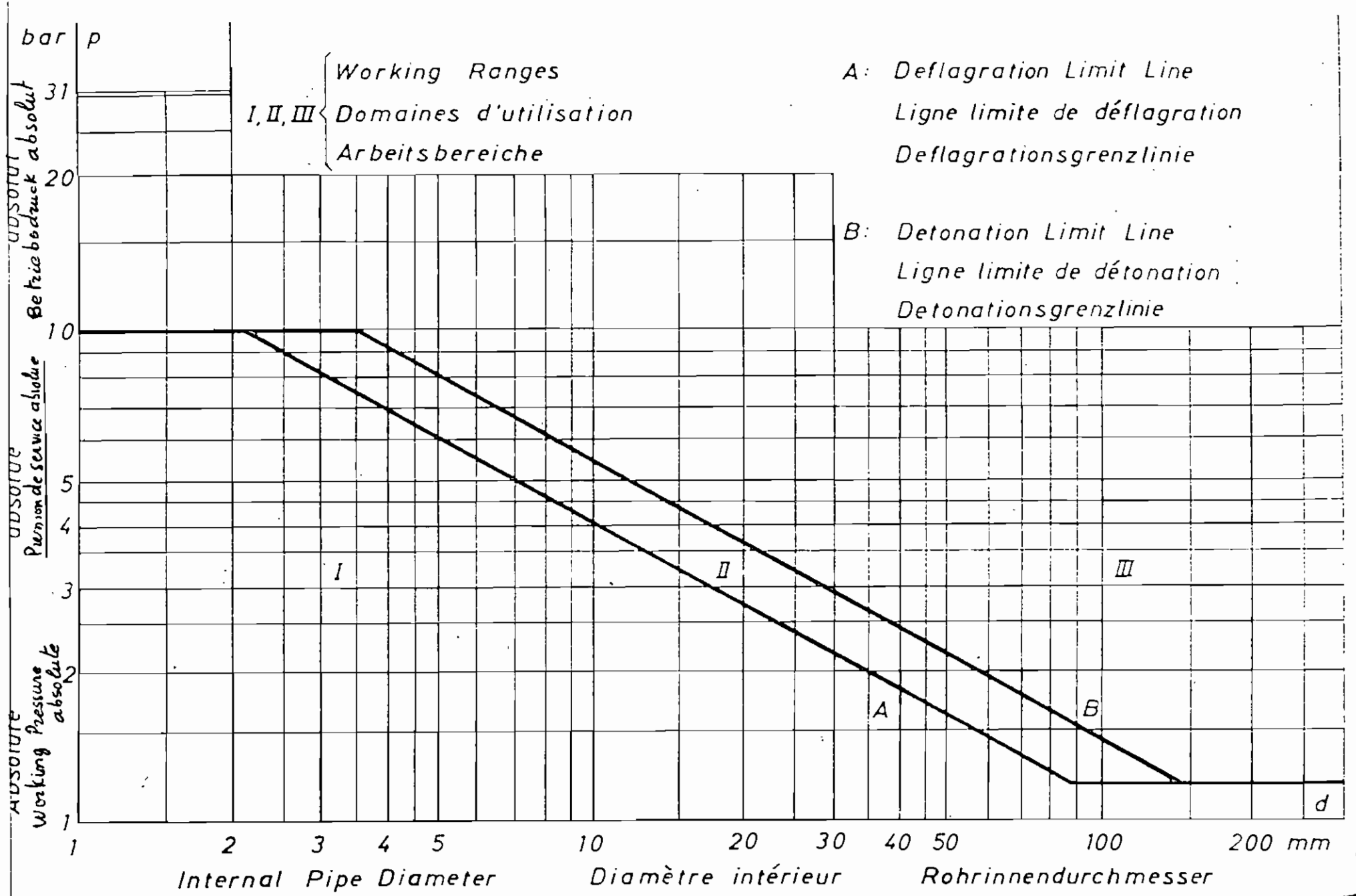
Domaine d'utilisation I : en dessous de la ligne A

Le risque de décomposition de l'acétylène est faible

Domaine d'utilisation II : sur et au dessus de la ligne A

mais en dessous de la ligne B. A la suite d'une inflammation, la décomposition de l'acétylène peut se produire sous forme de déflagration. La déflagration est la flamme produite par décomposition ou combustion, qui se propage dans le gaz n'ayant pas encore réagi, à une vitesse inférieure à celle du son. Cette vitesse augmente avec la densité, la température et la turbulence du gaz n'ayant pas encore réagi. Comme ses trois paramètres tendent à augmenter au feu et à mesure que la déflagration progresse, la vitesse de propagation n'est généralement pas uniforme, mais tend à augmenter continuellement, aboutissant parfois à la détonation.

Domaine d'utilisation III : sur et au-dessus de la ligne B. A la suite d'une inflammation, la décomposition de l'acétylène démarrera comme une déflagration; dans les tuyauteries suffisamment longues, la transformation en détonation peut se produire. La détonation se propage à une vitesse supersonique, généralement à plusieurs fois la vitesse du son.



Diagram

Diagramme

Diagramm

La detonation entraine une difference importante de pression entre le gaz decompose et le gaz intact. Le passage de la basse pression du gaz intact a la haute pression du gaz decompose se traduit par une onde de choc situee au front de la flamme.

Canalisations classees dans le domaine I

L'epaisseur de paroi se calcule de la meme maniere que dans le cas des canalisations pour autres gaz combustibles tel que le gaz de ville.

Nous avons d'apres la resistance des materiaux :

$$\sigma = \frac{P \times r}{e} \quad (\text{equation 1})$$

e = epaisseur du tube

P = pression du gaz a l'interieur du tube

σ = contrainte ou resistance du materiau

r = rayon interieur

Canalisations classees dans le domaine II

L'epaisseur de paroi des tubes utilises doit etre calculee pour permettre a la canalisation de resister a une decomposition de l'acetylene evoluant sous forme de deflagration

La formule suivante doit être utilisée pour calculer l'épaisseur de paroi nécessaire

$$e = \frac{P \cdot D}{20f + P} \quad (\text{equation 2})$$

dans laquelle

e = épaisseur de la paroi en mm

P : pression de calcul en bar

D : diamètre extérieur du tube

f : contrainte admissible du matériau

avec

$$P = 11 (P_w + 1) - 1$$

$$f = \sigma_y / 1,1$$

P_w : pression de service maximale en bar

σ_y : contrainte à la limite élastique du matériau
en N/mm^2

Canalisations classées dans le domaine III

La tuyauterie doit pouvoir résister à la détonation et aux ondes de choc.

La formule utilisée est identique à l'équation 2 mais l'expression de P diffère

Nous avons la formule suivante :

$$e = \frac{P \cdot D}{20f + P} \quad (\text{equation 3})$$

où

e = épaisseur nécessaire de la paroi (mm)

P = pression de calcul (bar)

D = diamètre extérieur du tube (mm)

f = contrainte admissible du matériau

avec

$$P = 35 (P_w + 1) - 1$$

$$f = f_y / 1,1$$

P_w : pression de service maximale

f_y : contrainte à la limite élastique

Il est également conseillé d'accroître l'épaisseur de la paroi aux endroits où l'on prévoit une réflexion de l'onde de choc car en ces endroits les contraintes sont particulièrement élevées.

Ces endroits de réflexion peuvent être les coudes brusques, les vannes.

Dans ce cas également l'équation de calcul est identique à l'équation 2 (ou équation 3) mais la pression de calcul est déterminée comme suit :

$$P = 20 (P_w + 1) - 1$$

P_w : pression de service maximale

Dans notre cas pour le tronçon de canalisation entre le premier détendeur et le second détendeur avec une pression de service 1,5 bars on a un diamètre de 20 mm et pour le tronçon de canalisation entre le second détendeur et le dernier poste avec une pression de 0,5 bars on a un diamètre de 15 mm. En se référant au diagramme de HB Sargent nous sommes à l'intérieur de la zone I pour les deux tronçons de canalisations. Dans ce cas comme nous l'avons évoqué plus haut le risque de décomposition de l'acétylène est faible. Nous pourrions partir de l'équation et élaborer les calculs pour la détermination de l'épaisseur mais nous préférons partir des recommandations de la SAF qui propose pour un diamètre intérieur de 15 mm un diamètre extérieur de 21 mm soit une épaisseur de 6 mm et pour un diamètre intérieur de 20 mm un diamètre extérieur de 27 mm soit une épaisseur de 7 mm.

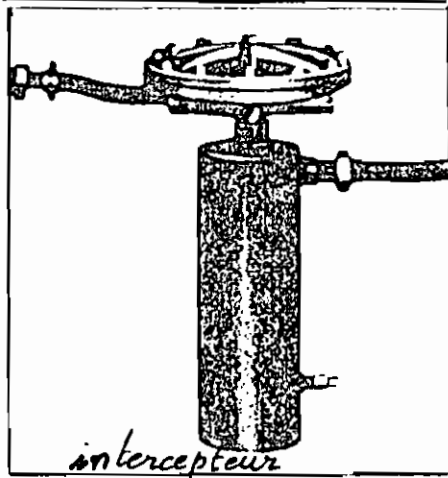
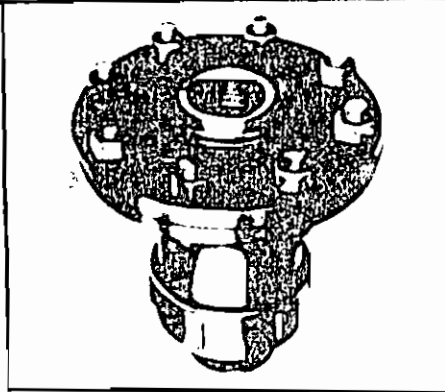
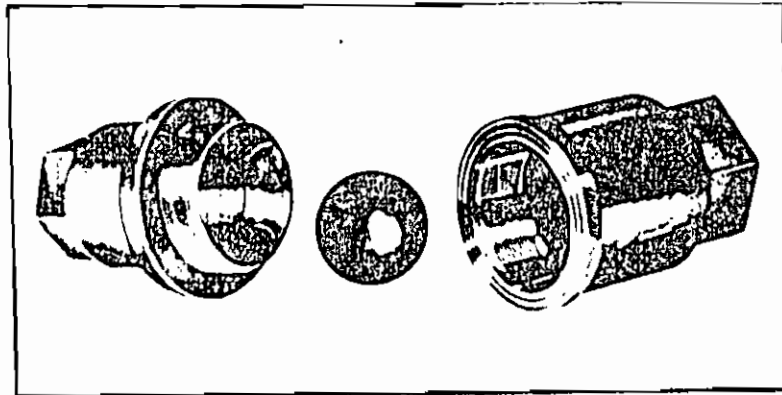
Cas de l'oxygène

Pour le cas de l'oxygène l'épaisseur de la paroi se calcule de la même manière que dans le cas des canalisations pour autres gaz combustibles tel que le gaz de ville par l'équation 1. Nous préférons partir des recommandations de la SAF qui recommande un diamètre extérieur de 21 mm pour un diamètre de 15 mm (diamètre intérieur) et un diamètre extérieur de 27 mm pour un diamètre intérieur de 27 mm.

III: c Les postes d'utilisation

Des piquages seront prévus sur la canalisation principale pour chacun des postes d'utilisation. Les postes individuels sont raccordés à la canalisation principale en tubes 12 x 17 (12 = diamètre intérieur, 17 diamètre extérieur). Nous avons 3 postes de soudage oxyacétylénique et un poste d'oxycoupage. Le poste viendra tout juste après le second détendeur placé à l'avant de 3 postes de soudage oxyacétylénique car un tel poste demande beaucoup plus de pression. Les épaisseurs de tôle de 5 à 15 mm, sont les plus courantes.

En se referant au tableau Bareme d'oxycoupage une pression d'oxygene de coupe de 3 bars est suffisante. Nous l'avons volontairement fixee a 5 bars en vue des besoins futurs (extension de l'atelier). L'oxycoupage est un procede de sectionnement des metaux par combustion localisee sous l'action d'un jet d'oxygene, la combustion etant amorcee et entretenee par une source de chaleur elle aussi localisee. En ce qui concerne notre atelier nous optons pour le coupage au chalumeau car encore une fois notre projet consiste en une moyenne installation de reparation. Vouloir l'equiper de machines speciales d'oxycoupage tels que les Oxytome, novitome megatome suppose, que l'on a affaire a des travaux de haute productivite en moyennes et grandes series. (Le lecteur trouvera en Annexe une certaine documentation sur ces machines speciales) Ce qui n'est pas encore le cas ici au Senegal Notre source de chaleur sera donc la flamme de chauffe alimentee avec de l'acetylene, avec comme gaz comburant l'oxygene



intercepteur

obligatoirement installé. Il a pour rôle d'interdire toute inversion de sens du courant gazeux et de s'opposer rigoureusement à la propagation d'une onde explosive en direction de la centrale.

L'intercepteur est constitué par un clapet à membrane doublé d'une garde hydraulique. Tout changement du sens du courant gazeux déplace une colonne d'eau qui vient appliquer la membrane sur son siège.

Pour l'oxygène : aucun organe de sécurité n'est nécessaire sur la canalisation

Dispositif à diaphragme - Limiteur de débit

En différents points de la canalisation d'acétylène, il est nécessaire de prévoir un dispositif de sécurité constitué par un diaphragme dont la rupture est provoquée par l'excès de pression ou par l'explosion. Pour le petit nombre de postes dans notre cas un seul dispositif à diaphragme placé à la fin du dernier poste est suffisant. Les gaz ainsi libérés sont automatiquement évacués à l'air libre par une tuyauterie qui prolonge jusqu'à l'extérieur de l'atelier, le dispositif de sécurité. Mais en cas de rupture du diaphragme la canali-

Emplacement des vannes et appareillage de sécurité

(voir schéma de l'installation croquis 3)

Comme nous l'avons déjà évoqué, chaque poste d'utilisation est constitué par une tuyauterie de dérivation (12 x 17) raccordée à la canalisation principale et portant une vanne d'isolement en amont d'une prise fixe sur laquelle se monte un détendeur de canalisation. Ce détendeur pourvu d'un manomètre permet d'ajuster la pression à la valeur convenant exactement au travail à étudier. Pour l'acétylène, chaque détendeur de canalisation est, réglementairement équipé d'un intercepteur qui s'oppose au reflux de l'oxygène dans la canalisation d'acétylène. Les tuyaux du chalumeau seront branchés à la sortie des intercepteurs. Nous tenons à signaler qu'on utilise des raccords 12 x 17 car tous les détendeurs de basse pression sont conçus pour des raccords d'un tel dimensionnement.

Intercepteur général.

Pour l'acétylène :

au départ de la centrale un intercepteur doit être

sation en relation directe avec l'air extérieur atteindra le débit maximum de la centrale, il est alors indispensable de fermer l'alimentation. C'est la fonction du limiteur de débit comportant une bille de caoutchouc que le gaz applique énergiquement sur un siège conique lorsque le débit dépasse une certaine limite.

On peut prévoir un ou deux ventilateurs muraux qui aspiront de temps à autre l'air vicié de l'atelier et aspireront une nouvelle quantité d'air frais dans la salle.

III. Soudage à l'arc

A. Historique

L'arc électrique décrit pour la première fois vers 1810 par Davy, présente quelques analogies avec la lampe diode : dans les deux cas, un courant électrique passe, dans le vide ou dans un gaz, sans le secours d'un conducteur ; il passe parce que, en sens inverse, des électrons émis par un corps chauffé traversent un milieu généralement isolant. Mais dans la lampe diode, ces électrons se déplacent dans le vide ou dans un gaz extrêmement raréfié. L'arc électrique, au contraire se produit dans l'atmosphère ou, tout au moins sous pression atmosphérique

Deux tiges, dites électrodes, et qui dans les premières expériences étaient en graphite, sont portées à un potentiel différent puis mises en contact ; le courant passe, mais ce contact, formé par le simple rapprochement de deux morceaux

de charbon, est évidemment mauvais : sa résistance est grande et la chaleur dégagée par effet joule porte les électrodes à l'incandescence. Si on les écarte alors de quelques millimètres, il apparaît entre elle une lumière éblouissante et l'on constate, à l'aide d'un ampèremètre, le passage d'un courant.

Les électrodes de charbon s'usent en raison de leur combustion dans l'oxygène de l'air et lorsque leur distance atteint une certaine valeur, l'arc s'éteint.

Si au contraire on maintient la distance constante, l'arc se maintient jusqu'à usure complète des électrodes.

Le phénomène peut, au départ, s'expliquer comme dans les lampes diodes : les électrodes incandescentes émettent des électrons. Les électrons cathodiques, attirés par l'anode positive, se précipitent vers elle; mais ces électrons rencontrent et « bousculent » les atomes qu'ils traversent (air, gaz produit par la combustion des électrodes) Comme l'électron

est très petit relativement à l'atome, le choc de la petite bille. électron contre la grosse sphère-atome ne commence à produire de l'effet que si l'électron est animé d'une énergie suffisante ; il faut pour cela que le potentiel anodique atteigne un seuil critique. Alors l'électron s'excite » l'atome qu'il rencontre, c'est à dire qu'un ou plusieurs électrons périphériques de cet atome changent de niveau et se rapprochent du noyau. Très rapidement, l'électron excité regagne son niveau initial, son énergie se dissipant sous forme de lumière (émission d'un photon) le phénomène intéressant au point de vue soudage est la haute température de l'arc permettant la fusion du métal.

Le soudage à l'arc remonte à 1881 quand Auguste de Meritens utilisa l'arc d'électrodes en carbone. Mais aujourd'hui il faut noter que ce procédé est presque tombé en désuétude à cause de l'usure des charbons due à leur combustion dans l'air.

4

La tendance moderne de soudage à l'arc est surtout orientée vers les électrodes métalliques. Mais le soudage à l'arc avec électrodes métalliques ne date pas d'aujourd'hui. Peu après le soudage à l'arc, avec électrodes au carbone avec Auguste de Meritens le russe Slavianoff se servit d'une tige d'acier nue comme électrode fusible. Le soudage manuel avec électrode nue a été employé pendant presque un demi siècle mais est de nos jours abandonné. Une grande dextérité était nécessaire pour faire jaillir et entretenir l'arc et comme l'opération se passait dans l'air, le métal déposé était contaminé par l'oxygène et l'azote. La résistance au choc (résilience) s'en trouvait amoindrie. Des tentatives d'amélioration consistant à enrober les électrodes ont eu lieu peu de temps après l'introduction du procédé. En effet c'est Kjellberg qui fabriqua les premières électrodes enrobées de flux en 1907 et il comprit déjà que l'enrobage pourrait avoir

d'autres rôles que la stabilisation de l'arc.

B. L'enrobage de l'électrode

L'arc à électrode métallique présente des inconvénients :

a) Le métal étant bon conducteur de la chaleur se refroidit vite. Il est donc difficile de maintenir un arc stable avec émission constante d'électrons, puisque cette émission est justement conditionnée par la température de l'électrode. Cet inconvénient est encore plus net lorsque le courant de chauffe est alternatif; à chaque alternance, la cathode, trop refroidie, gêne le réamorçage de l'arc.

b) Les gaz de l'air, oxygène et azote en particulier, attaquent violemment le métal incandescent; l'oxydation le rend poreux la nitruration diminue sa résilience

Un remède à ces difficultés a été trouvé par l'emploi d'électrodes enrobées. Elles sont formées d'une âme métallique, en général

identique au métal constituant la pièce à souder, entouré d'une gaine d'une autre substance.

Suivant sa nature l'embage peut être :

Oxydant

Il est à base d'oxydes et de silicates de fer. Son nom vient de ce que le carbone s'oxyde par son intermédiaire mais, décarburé, les qualités mécaniques de l'acier sont faibles. Il se solidifie en effervescence et contient donc des porosités dues aux bulles de gaz (azote et hydrogène) restées captives. Ces électrodes, les plus courantes, sont utilisées pour souder des aciers doux qui ne doivent pas subir de grands efforts mécaniques mais qui, par contre, doivent avoir un bel aspect car les soudures, dans ce cas, sont parfaitement lisses.

Acide

Il contient les mêmes oxydes que précédemment mais aussi des ferro-alliages (ferro-manga

nèse, ferro silicium, ferro titane) qui font perdre à l'enrobage ses propriétés oxydantes et améliorent les qualités mécaniques de la soudure. Avec ce type d'enrobage, le transfert de métal se fait par minuscules gouttelettes, de diamètres souvent inférieurs à 0,1 mm, chacune entourée d'une fine pellicule de laitier. L'arc est très stable et la soudure bien lisse.

A base de rutile ou oxyde de titane TiO_2
 Ces électrodes donnent un métal de soudure non oxydé, tout à fait calmé (il n'y a pas de dégagement gazeux pendant le refroidissement). Les soudures ont à la fois de très bonnes qualités mécaniques et un bel aspect lisse car le transfert se fait par gouttes fines.

Basique

Il est à base de carbonate de calcium ou de magnésium, enrobé d'un fondant (cryolithe par exemple) pour abaisser le point de fusion des carbonates,

très réfractaires. La qualité essentielle de ces électrodes est de fournir un très bon métal d'apport, sans hydrogène, et avec d'excellentes qualités mécaniques de résistance aux chocs et aux déformations

Cellulosique

Il contient une forte proportion de cellulose, substance naturelle et constituant de base des végétaux; il contient du carbone, de l'oxygène et surtout beaucoup d'hydrogène. C'est un produit volatil, aussi l'opération de soudage s'accompagne-t-elle d'un abondant dégagement de fumée.

L'inconvénient de cet enrobage est que le métal contient des inclusions d'hydrogène, ce qui favorise son « vieillissement » c'est-à-dire un affaiblissement progressif de sa résistance. Par contre, la présence de l'hydrogène augmente la chaleur dégagée par l'arc et permet une forte pénétration de la soudure.

Avec adjonction de poudre métallique

Le rendement d'une électrode est le rapport du poids de métal déposé au poids de métal constituant son âme ; ce rendement varie de 0,8 à 0,98. On peut le rendre supérieur à un en noyant dans l'énrobage de la poudre de fer qui se dépose dans la soudure. La quantité de métal déposé par minute étant plus forte la vitesse de soudage augmente. D'autre part, la présence du métal dans l'énrobage rend l'électrode plus conductrice, ce qui permet le passage d'un courant plus intense ; c'est un second facteur d'augmentation de la vitesse de soudage. Il est possible de mêler à l'énrobage des poudres métalliques autres que le fer comme le chrome, le nickel, le molybdène.

C. Le rôle de l'énrobage

L'objet initial de l'invention de l'énrobage qui était de stabiliser l'arc, a été rapidement complété par l'aspect métallurgique de son rôle : en effet, en fondant en même temps que l'âme de l'électrode l'énrobage, par les gaz et la phase liquide qu'il

produit, protège le métal fondu au cours de son transfert dans l'arc électrique, fournit un laitier qui réagit avec le métal fondu pour l'améliorer et qui, en se solidifiant, fournit une couche protectrice, plus ou moins épaisse, qui surmarge au-dessus du bain de fusion et le protège au cours de sa solidification

D - Implantation de postes de soudage à l'arc.

Le projet consiste à équiper également nos postes de soudage oxyacétylenique, d'un matériel adéquat pour le soudage à l'arc. Les postes seront au nombre de trois (3) comme pour le cas du chalumeau oxyacétylenique

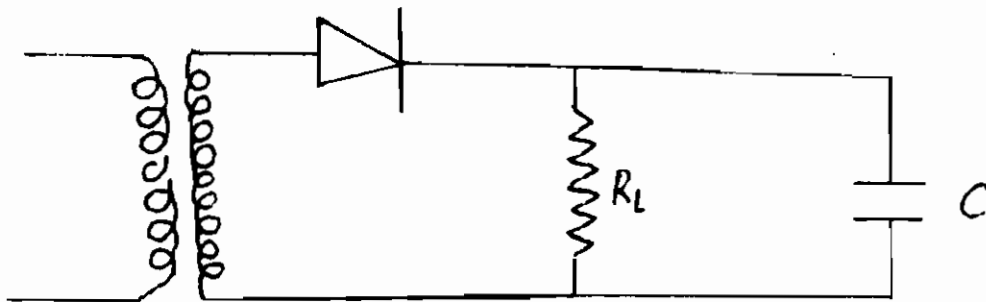
D.1. Caractéristiques d'un poste de soudage

option entre le courant continu et le courant alternatif

Comme tout concepteur en face d'un projet, notre souci majeur est un problème de coût. Les postes à courant alternatif sont moins coûteux que les postes à courant continu : en effet le réseau de distribution étant alternatif il suffit

de posséder un transformateur pour abaisser la tension
 Le transformateur étant statique car ne comportant aucun
 organe tournant il s'ensuit que le coût est beaucoup
 moindre, comparativement aux postes rotatifs utilisés en
 courant continu. Mais en courant continu on a un très
 grand choix d'électrodes et d'intensités de soudage, et un
 arc très stable. Pour notre cas nous combinons ces
 deux avantages (coût moindre et stabilité de l'arc)
 pour opter pour un transfo. redresseur

Schématiquement le circuit électrique peut se présenter
 ainsi avec R_L la résistance et C la capacité



- Le condensateur en dérivation aux bornes de la résistance:
- augmente la valeur moyenne du courant redressé
 - rend ce courant moins variable

Courbe tension intensité' (caractéristiques du poste)

- tension à vide U_0 (voir graphe a)

La tension à vide U_0 est la tension en volts mesurée au secondaire, lorsque le poste ne débite aucun courant car c'est elle qui permet l'amorçage et la stabilité de l'arc.

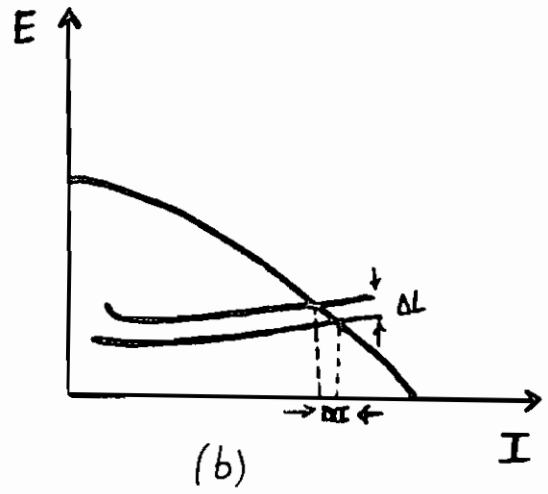
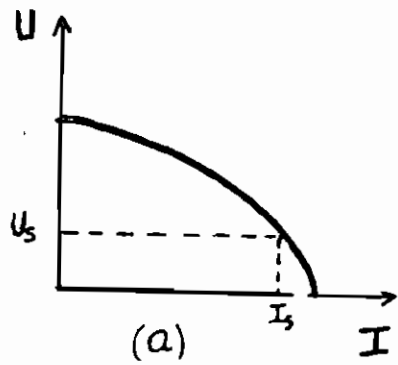
- courant de court-circuit I_{cc}

C'est l'intensité du courant lorsque l'électrode et la pièce sont en contact : la tension est alors nulle.

- courant de soudage I_s

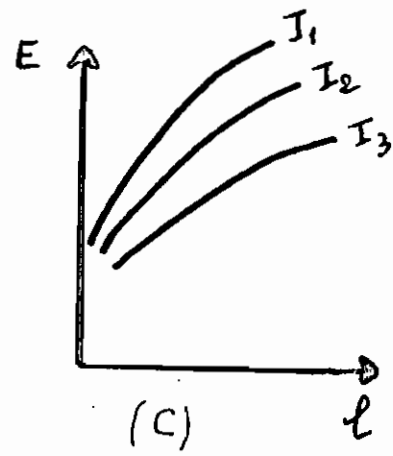
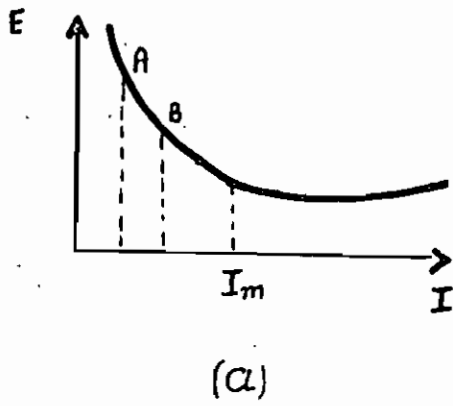
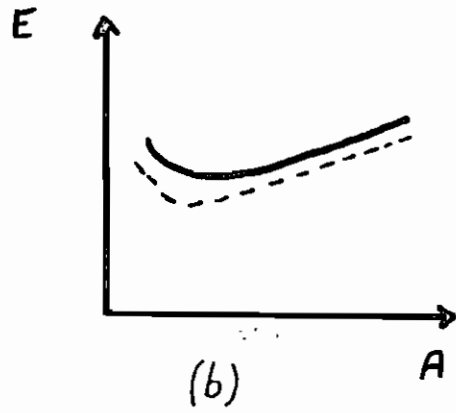
Entre les deux extrêmes se trouvent l'intensité I_s du courant de soudage et la différence de potentiel U_s lorsque l'arc fonctionne

Comme il est nécessaire à la fois que l'intensité I_{cc} du courant de court-circuit ne soit pas trop intense pour ne pas détériorer l'appareillage et que la tension à vide soit suffisamment élevée pour être supérieure à la tension d'amorçage, la caractéristique du poste sera une courbe inclinée. Nous dirons pour cette raison que les postes de soudage à l'arc doivent avoir une caractéristique tombante



Caracteristiques d'un poste de soudage

{ — 4 mm
 { - - - 2 mm



Caracteristiques d'un arc

Graphes relatifs aux caractéristiques d'un arc

Le graphe (a) donne la variation de la tension d'un arc électrique en fonction de l'intensité

Pour des faibles valeurs de I , c'est une courbe descendante analogue à une hyperbole, qui se prolonge par une droite parallèle à l'axe des abscisses ou légèrement montante

Nous pouvons expliquer cette forme en remarquant que, pour de faibles intensités, les électrodes ne sont pas chauffées au maximum. Une augmentation d'intensité I (du point A au point B) correspond à une plus forte température et par suite une émission d'électrons cathodiques plus intense; puisqu'il y a plus d'électrons, un plus faible voltage est nécessaire au passage du courant. Tout se passe comme si de A à B il y avait entre E et I la relation classique $E = I \times R$ (E est le voltage, I l'intensité, R la résistance) mais avec une résistance R fortement décroissante en raison de l'augmentation du nombre d'électrons

La forte diminution de R non compensée par l'augmentation de I , donne finalement un voltage décroissant

Au contraire à partir d'une valeur I_m de l'intensité l'émission d'électrons et l'ionisation des gaz ne peut guère augmenter davantage et le voltage ne varie plus ou peu.

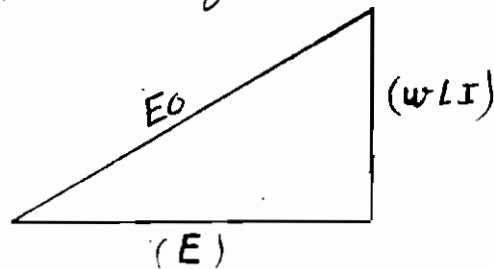
En faisant varier la longueur de l'arc nous obtenons la configuration représentée par le graphe (b). En effet pour un arc donné et une intensité donnée, la tension est une fonction croissante de la longueur de l'arc, les deux grandeurs étant approximativement proportionnelles.

Pour avoir U_s et I_s les valeurs du voltage et du courant de soudage, il faut chercher l'intersection des caractéristiques de l'arc et du poste

Le graphe (b), des configurations des caractéristiques d'un poste de soudage nous donne une idée assez claire pourquoi les postes de soudage à l'arc doivent avoir une caractéristique tombante: en effet la configuration (b) représente deux caractéristiques d'arc pour deux longueurs différentes et il est visible, qu'une variation de

longueur DL entraîne une variation d'intensité ΔI d'autant plus faible que la caractéristique du poste est plus plongeante. Or il est souhaitable que l'intensité du courant soit pratiquement constante afin que la fonte de l'électrode et par suite, le dépôt du cordon de soudure, se fasse aussi régulièrement que possible. Donc en soudage à l'arc électrique doivent être utilisés des postes à caractéristiques très tombantes.

Soit donc un tel poste ; un transformateur lui fournit aux bornes du secondaire une tension E_0 . On peut trouver la tension aux bornes de l'arc par la formule de Pythagore.



$$E_0^2 = E^2 + w^2 L^2 I^2$$

E_0 = tension aux bornes du secondaire

E = tension aux bornes de l'arc

w = la fréquence du réseau

L = l'inductance du self dans le circuit de soudage

I = le courant qui circule

Dans le cas particulier du court circuit entre les bornes de l'arc E E est égale à 0 et le courant prend une valeur I_{cc} dit *s* courant de circuit \Rightarrow

$$E_0^2 = \omega^2 L^2 I_{cc}^2$$

et la relation entre E et I peut s'écrire

$$\frac{E^2}{E_0^2} + \frac{I^2}{I_{cc}^2} = 1$$

La caractéristique est donc une ellipse c'est à dire une courbe tombante

Option pour les transfo triphasés

Non seulement pour les transfo monophasés le facteur de puissance est mauvais mais également l'équilibre des phases n'est pas réalisé : les courants circulant dans les trois fils de ligne et les quantités d'énergie consommées dans les trois fils ne sont pas les mêmes. Un petit exemple à l'appui nous prouvera que la Senelec a intérêt d'ailleurs, à n'avoir que des clients possédant des appareils ayant un bon facteur de puissance.

Considérons deux consommateurs alimentés en courant alternatif 220V et dont les installations possèdent toutes deux la même puissance effective (par exemple 24 kW). Supposons que l'installation du premier consommateur A, possède un facteur de puissance $\cos \phi = 0,8$ et celle du second B, $\cos \phi = 0,6$.

D'après l'électricité

$$P_{app} = E \times I$$

ou P_{app} = puissance apparente en Volt Ampères

E = tension et I = intensité (E en Volt et I en A)

$$\text{et } P_{eff} = P_{app} \times \cos \phi$$

ou P_{eff} = puissance effective en W

$\cos \phi =$ facteur de puissance

Puissance apparente pour A

$$\frac{24000}{0,8} = 30000 \text{ VA}$$

Puissance apparente pour B

$$\frac{24000}{0,6} = 40000 \text{ VA}$$

Les câbles alimentant l'installation de A devaient être prévus pour

$$\frac{30000}{220} = 136 \text{ A}$$

et ceux alimentant l'installation de B, pour

$$\frac{40000}{220} = 182 \text{ A}$$

Pour une consommation en watt. heures, égale chez ces deux clients, la compagnie productrice d'énergie électrique devra donc envoyer un courant plus intense chez le second et par suite, disposer des machines plus puissantes, de câbles plus forts.

Il en résulte que les compagnies ont intérêt à n'avoir que des clients de A. Elles pénalisent les clients qui ont un mauvais facteur de puissance et souvent les obligent même à prendre des dispositions pour relever ce facteur de puissance.

Schema de l'installation et sa composition

(voir schema).

Pour amorcer toutes les electodes y compris les electodes basiques une tension à vide de l'ordre de 60 à 80V est necessaire. (les electodes basiques sont surtout utilisées pour le soudage de fortes epaisseurs.

Calcul du courant de soudage

Une formule empirique relie l'intensité au diamètre D de l'âme métallique

$$I = 50 (D - 1) \quad \text{equation 1}$$

I = courant de soudage en ampères

D = diamètre de l'âme métallique en mm.

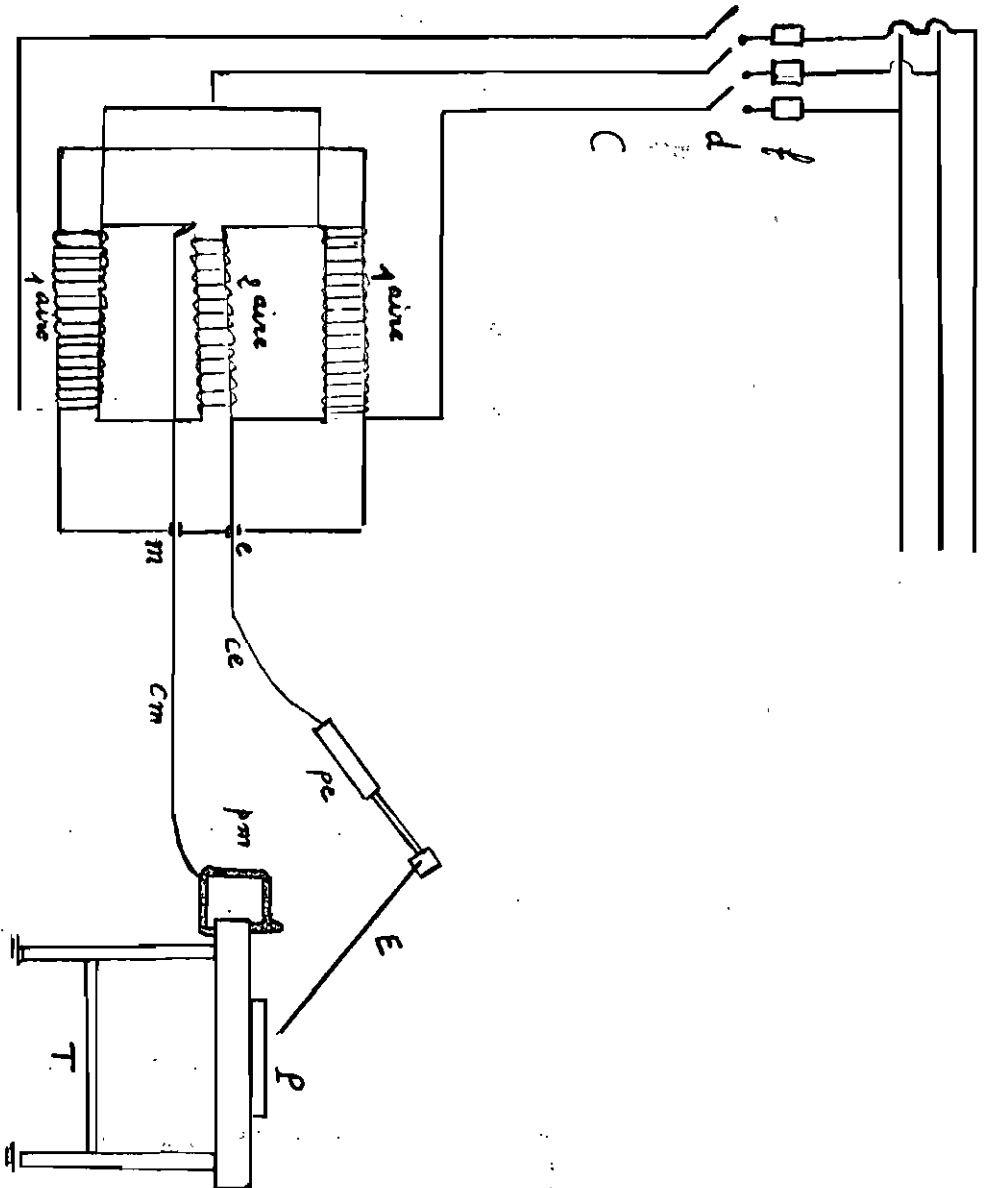
Les diamètres normalisés des electodes étant : 1; 1,5; 2; 2,5; 3,25; 4; 5; 6,3; 8.

Notre poste devra être capable d'utiliser toutes les electodes

Ave un diamètre de 8 on a :

$$I = 50 (D - 1) = 50 (8 - 1) = 350A.$$

Nous optons pour le SAFEX D₃ dans le catalogue de l'Air liquide : transformateur triphasé de soudage avec un ensemble de cellules redresseuses.



Constitution Schematique d'un poste de soudage a l'arc

623

legende(poste de soudage à l'arc)

- f : fusibles
 d : disjoncteurs
 e : fiche ou broche "electrode"
 m : fiche ou broche "masse"
 ce : câble porte electrode
 cm : cable de masse
 pe : pince porte electrode
 pm : pince de masse
 P : pièce à souder
 E : electrode
 T : table de soudage.
 C : câbles d'alimentation

NB: Le but des transformateurs triphasés de soudage est de transformer le courant triphasé du réseau en un courant monophasé approprié au soudage.

Leur différence avec les transfo monophasés est que ceux-ci comportent un enroulement primaire simple, tandis que les transfo triphasés possèdent, au primaire une combinaison d'enroulements raccordés par 3 câbles d'alimentation au réseau

Caractéristiques :

Tension à vide 79V

Intensité du courant de soudage

Mini 80 A sous 23V

Maxi 500A sous 40V

Encombrement: Longueur x largeur x Hauteur : 900x625x900

(les dimensions sont en mm)

Le poste est équipé de câbles du côté primaire, de fusibles. Nous nous limiterons aux dimensionnements des câbles du côté secondaire (câble pince, câble de masse)

Nos câbles ne devront pas être trop longs. Des câbles de plus de 15. provoqueraient des chutes de tension.

En se référant au document des câbles section cuivre nous avons

Jusque $I = 250A$ câble de 50mm^2

Jusque $I = 400A$ câble de 70mm^2

Jusque $I = 550A$ câble de 95mm^2

Accessoires et sécurité

Il faudra prévoir :

- une pince porte-electrode
- une prise de masse

- une brosse métallique
- un marteau à piquer
- des raccords de câbles, des cosse

côté Protection du soudeur

- Un masque ou casque
- Des verres de protection
- une paire de gants
- un tablier
- Des guêtres
- Des manchettes

IV : Soudage MIG

A. Historique

Pendant la dernière guerre, le développement de la construction aéronautique en Amérique a posé des problèmes de soudage sur alliages légers, à base de magnésium. C'est ainsi que les méthodes de soudage sous protection gazeuse ont vu le jour. A l'origine il s'agissait simplement de l'emploi d'un arc électrique jaillissant entre une électrode en tungstène et la pièce à souder; cet arc étant entouré d'un jet de gaz inerte très pur tel que l'hélium. Bien que par ce procédé on peut souder tous les métaux, elle est cependant coûteuse car l'utilisation de l'électrode en tungstène nécessite l'emploi exclusif d'un gaz inerte : en effet l'utilisation de tout gaz non inerte contaminerait l'électrode en tungstène. Des recherches se poursuivirent et de nouveaux procédés de soudage se développèrent parmi lesquels le procédé MIG (Metal Inert Gas).

B. Le Procédé MIG

Dans ce procédé l'arc jaillit entre un fil de métal d'apport continu et ramené automatiquement et la pièce à souder. C'est un procédé dit semi automatique. L'opérateur tient à la main la lance de soudage dont il guide les mouvements.

Au fur et à mesure de l'avancement du travail le fil est devicé, automatiquement à vitesse convenable, afin de compenser sa fusion et de maintenir la longueur d'arc optimale. Le procédé MIG apparaît comme une simplification du procédé TIG (tungsten inert gas) avec métal d'apport puisqu'il n'y a plus d'électrodes en tungstène et de métal d'apport séparé mais que le métal d'apport, lui-même, comme en soudage classique, constitue l'électrode. Le rendement de chauffage du bain de fusion et la pénétration se trouvent améliorés, ce qui permet l'emploi d'intensités et par suite de vitesses d'avancement plus élevées ainsi que l'extension économique du procédé de soudage, d'épaisseurs plus fortes. La suppression de l'électrode en tungstène permet une plus grande souplesse dans le choix du gaz protecteur. Les gaz ou mélanges gazeux utilisés sont assez variés. On peut citer

- l'argon pur (pour les alliages légers, les métaux non ferreux)
- l'argon additionné d'oxygène (1 à 2% de O_2) pour les aciers non alliés
- l'argon impur (pour les aciers non alliés ou faiblement alliés)
- l'argon additionné de gaz carbonique (environ 25% de CO_2)
- le gaz carbonique additionné d'argon (environ 25% d'argon)
- le gaz carbonique pur

© 2015 Tous droits réservés
 www.dunod.com

Les trois derniers gaz qui conviennent pour le soudage des aciers non alliés ne sont pas réellement inertes (décomposition de CO_2 , réaction avec le fer de telle sorte qu'on parle parfois de procédé MAG (Metal Active Gas). Le rôle de ces gaz est de former autour de l'arc une enveloppe protectrice continue qui empêche l'accès de l'air au bain de fusion et l'action nocive de l'oxygène et de l'azote constituant cet air.

C. Conception d'un poste de soudage MIG et composition de l'installation

Choix du courant de soudage et courbes caractéristiques
L'utilisation du courant continu peut être généralement considérée comme préférable en raison de la parfaite stabilité de l'arc en continu. Les ateliers étant à l'heure actuelle de plus en plus alimentés en alternatif et en plus, les investissements engagés pour les génératrices de courant continu (groupes électrogènes par exemple) étant élevés (coût d'achat de la machine, frais d'entretien, nous optons ici également comme le soudage à l'arc pour les transfo. redresseurs. Le courant redressé sera en polarité inverse c'est à dire

que le fil est relié au pôle positif de la source de courant. On sait que dans un arc électrique le courant circule du pôle négatif vers le pôle positif et que les électrons émis par la cathode bombardent l'anode. En soudage avec fil-électrode fusible c'est l'extrémité du fil, de faible surface, qui reçoit l'abondant flux d'électrons ; cette surface est le siège d'une très forte concentration de chaleur qui provoque la fusion du métal de l'électrode. La polarité inverse assure la meilleure stabilité de l'arc et une bonne pénétration. La polarité directe (- à l'électrode) conduit, au contraire à un moindre échauffement de l'extrémité du fil, les gouttes de métal sont plus grosses, leur nombre diminue, elles se détachent moins nettement.

Courbes caractéristiques

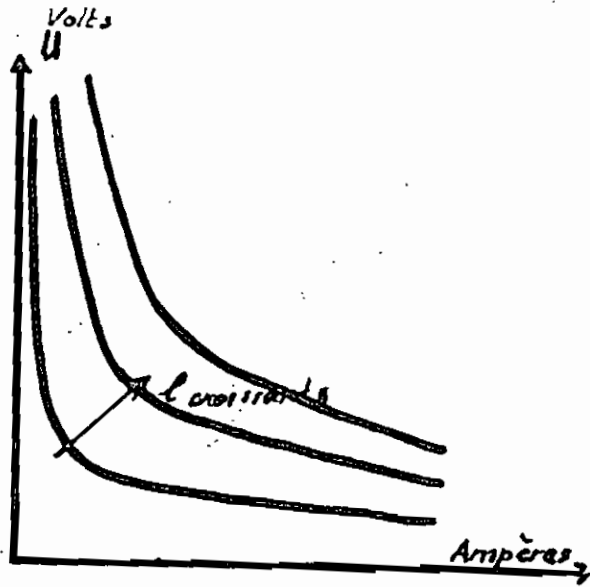
(voir graphes I à IV)

Les éléments caractéristiques de l'arc sont l'intensité I , la tension totale U , longueur de l'arc l . Ces éléments sont liés et leurs variations respectives apparaissent dans les graphes I et II. La allure de la caractéristique U, I montre qu'avec des électrodes réfractaires ou lentement fusibles on ne

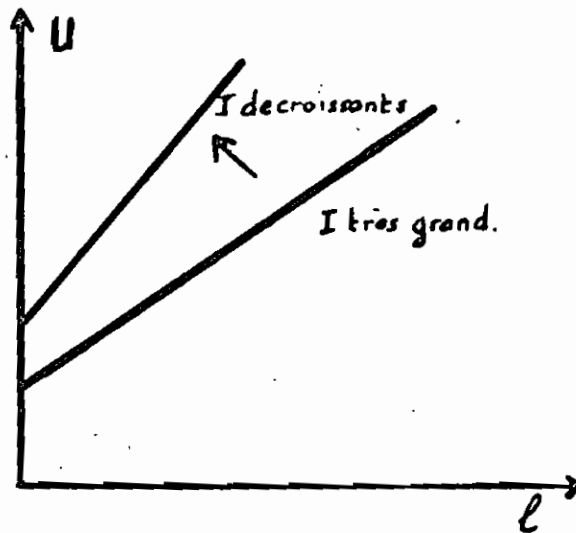
saurait maintenir un arc stable sur une source de potentiel constant : une variation de la longueur de l'arc nécessiterait une variation d'intensité considérable. Aussi utilise-t-on une source dont la tension aux bornes décroît quand l'intensité croît : on obtient ainsi un point de fonctionnement stable. En outre la caractéristique plongeante limite la valeur du courant de court-circuit nécessaire à l'amorçage et procure une tension à vide plus élevée que la tension à l'arc et par conséquent favorable au reamorsage immédiat en cas de coupure d'arc fortuite. (graphe III)

Avec un fil électrode fusible rapidement, on est conduit à des conclusions différentes : on peut obtenir la stabilité par auto régulation sur une source à potentiel constant : l'intensité du courant de soudage, variable dépendante de la vitesse de dévidage, est constamment déterminée par le réglage adopté pour la vitesse du fil. Le phénomène d'auto régulation est d'autant plus énergique que $\frac{\Delta I}{\Delta l}$ est plus grand c'est à dire pour un poste à caractéristique plate (graphe IV)

Nous optons donc en définitive pour un poste redresseur triphasé (équilibre des phases et facteur de puissance)



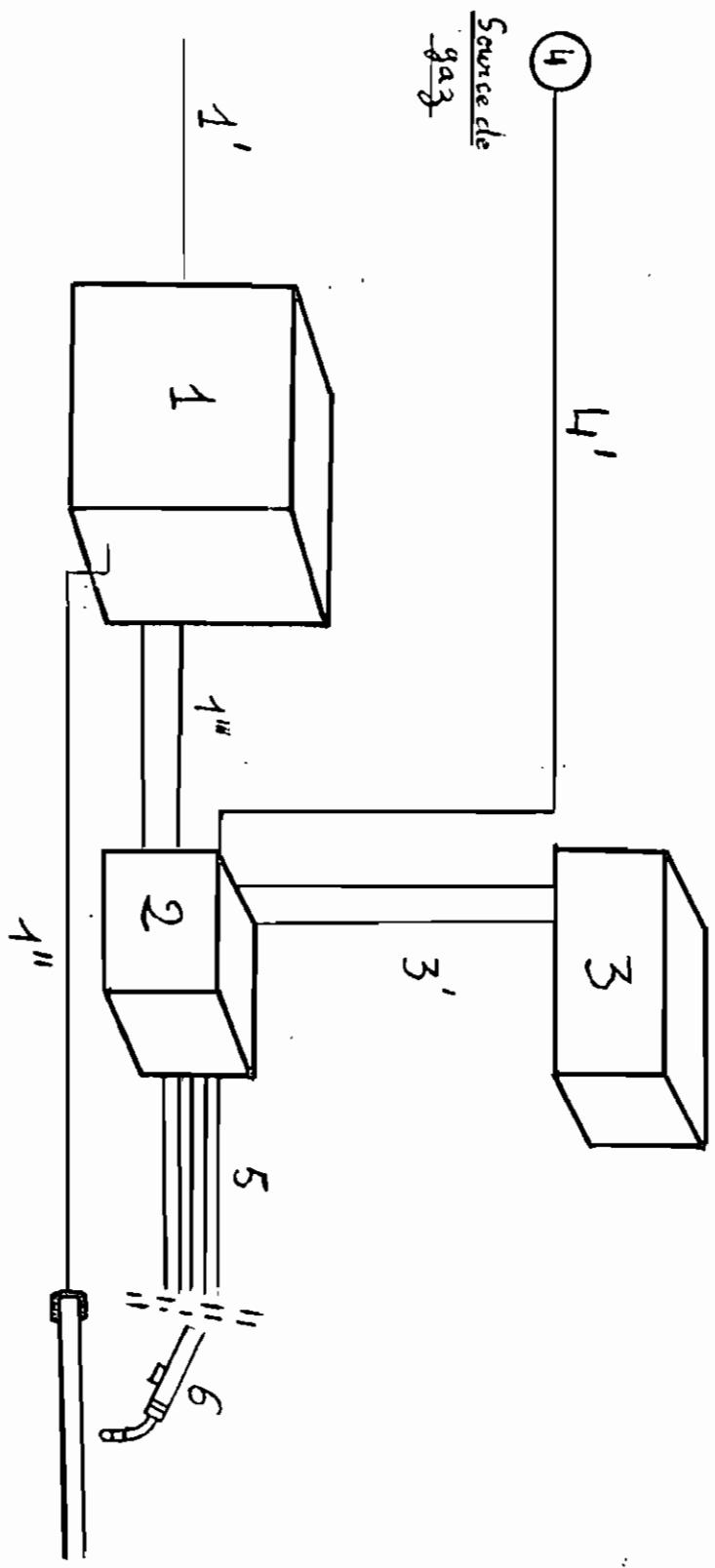
Graph I



Graph II

a^c , caractéristique plate. En effet une électrode fusible (sous forme de ruban qui se déroule) est automatiquement entraînée le long du joint.

Supposons un accroissement de la vitesse de déroulement, le fil n'a pas le temps de fondre suffisamment et l'arc raccourcit; il est souhaitable pour maintenir constante sa longueur, que l'accroissement de la vitesse de déroulement entraîne un accroissement d'intensité de courant afin que, la fusion se faisant plus rapidement, la longueur de l'arc reste pratiquement invariable. Pour obtenir cette forte variation d'intensité la caractéristique du poste, contrairement au poste de soudage a^c l'arc, doit être presque plate



Schema installation : soudage MIG

legende(installation MIG ou MAG)

- 1 : Transfo Redresseur triphasé
- 2 : Devidoir de fil
- 3 : groupe de refroidissement
- 4 : Source de gaz
(ici dans le cadre du projet cette source de gaz est réduite à une seule bouteille)
- 3' : tuyauterie aller et retour du circuit de refroidissement
- 4' : arrivée de gaz
- 1' : arrivée de courant (alimentation triphasé)
- 1" : cable de masse
- 1" : liaison transfo . Devidoir
- 5 : faisceau de canalisations
- 6 : torche

NB. le faisceau de canalisations comporte le circuit de refroidissement d'eau aller et retour, le fil electrode, la canalisation d'arrivee de gaz de protection, l'arrivee du courant...

Composition de l'installation

(voir schéma de l'installation).

Dans notre poste de soudage MIG nous devons être capable de souder des moyennes et fortes épaisseurs si nous voulons être compétitifs. Notre poste doit permettre également l'emploi des fils de toutes nuances et de tous diamètres. Pour cela, les tableaux donnant les plages d'intensité en fonction des diamètres pour les diverses nuances de fil recommandent des intensités de 500 à 600 A pour des tensions d'arc de 25 à 35 volts. Nous avons choisi dans le catalogue de L'Air Liquide le SAFMIG 601 : Transfo redresseur à potentiel constant.

Primaire 220 V / 66 A

Puissance absorbée 21,7 kW

Secondaire : 100 A sous 18 V

600 A sous 45 V

520 A sous 46 V

} 3 positions

encombrement : Longueur \times largeur \times hauteur = 900 \times 625 \times 902
(dimensions en mm).

L'appareil est muni de fusibles de protection et équipé des

câbles du côté primaire.

Les intensités indiquées sur les postes de soudage ne sont obtenues que si la tension de régime est normale. Nous devons éviter toute chute de tension provoquée par des résistances inutiles, comme l'emploi de câbles exagérément longs. (plus de 15m) ou de section trop faible.

Nous optons donc pour des câbles de moins de 15m et en se référant aux câbles électriques section cuivre on a :

Jusque $I = 250 A$ câble de 50 mm^2 .

Jusque $I = 550 A$ câble de 70 mm^2 .

Jusque $I = 600 A$ câble de 100 mm^2 .

Il s'agit des câbles du côté secondaire car le poste est déjà des câbles du côté primaire.

Choix des torches et pistolets

Plusieurs modèles de torches MIG existent sur le marché. Les unes comportent un manche pourvu d'un interrupteur de commande, les autres une poignée et une gâchette qui leur valent la dénomination de pistolet. On parle souvent de "lance de soudage" pour désigner collectivement torche et pistolet. Cette lance constitue un point important dans les installations semi automatiques.

Le composant essentiel qui ne doit être ni volumineux ni lourd, pour rester maniable reçoit par un faisceau de canalisations le courant, le fil électrode, le gaz de protection, au besoin l'eau de refroidissement.

Selon la terminologie la plus courante une torche est une lance de soudage légère souvent à refroidissement naturel et caractérisé par un porte buse.

Elle convient mieux du fait de sa courbure au passage de fils raides tels les fils d'acier plutôt qu'à l'emploi des fils plus "mous" en aluminium ou en alliages légers. Un pistolet est une lance à fût rectiligne avec une crosse perpendiculaire au fût. Il offre au fil la trajectoire de circulation la plus favorable et facilite de ce fait, le dévidage correct des fils d'alliages légers.

En se référant au catalogue de l'air liquide les pistolets et torches recommandés sont:

T 325 , T 53 , T 25 P 13 , P 14 , T 15 R.

ou T = Torche et P = pistolet

Choix du moto dévideur

Notre choix se porte sur un moto diviseur capable de dérouler tous les fils. Dans le catalogue de l'Air liquide le Devisaf remplit cet objectif.

Choix du groupe de Refroidissement.

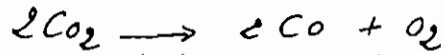
Certaines torches et certains pistolets nécessitent un refroidissement efficace. Or il n'est pas toujours possible de disposer dans nos ateliers d'une prise d'eau à pression et débit convenables, suffisamment rapprochée de l'installation de soudage; par ailleurs les eaux industrielles contiennent fréquemment des impuretés en quantité telles que les tuyauteries de refroidissement sont rapidement encrassées voire totalement obstruées. C'est ainsi que notre choix s'est porté sur un groupe autonome permettant un refroidissement efficace. Dans le catalogue de l'air liquide le Refrisa remplit cette fonction.

Source de gaz.

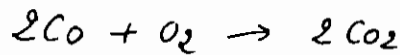
Si notre atelier comportait plusieurs postes de soudage nous aurons opté pour une distribution par canalisations comme nous l'avons fait pour le soudage oxyacétylénique. Notre soudeur choisira le gaz ou mélange de gaz qui lui convient selon les besoins du moment.

Le gaz de protection peut être de l'argon pur. On lui adjoint parfois de l'oxygène ce qui stabilise le bain et empêche la formation de caniveaux le long de la soudure. La quantité d'oxygène dans l'argon ne doit cependant dépasser 5% car les oxydes formés modifieraient les qualités métallurgiques de la soudure. Par économie on peut utiliser le bioxyde de carbone CO_2 bien moins que l'argon. Ce procédé de soudage est parfois désigné MAG (métal actif gaz) comme nous l'avons évoqué plus haut. En atmosphère de CO_2 quelle que soit l'intensité du courant, la fusion du fil se fait toujours par grosses gouttes, se détachant difficilement d'une section en biseau. Le bain est agité et il se produit de nombreuses projections sur les bords du joint et même sur la buse du pistolet qui doit être fréquemment nettoyée, sinon ces dépôts métalliques pourraient obstruer le passage du gaz. On réduit ces projections sur la pièce en utilisant un arc très court : il se forme alors un cratère sous le fil. Outre son bon marché, le bioxyde de carbone présente d'autres avantages : plus lourd que l'air (densité 1,5) il protège efficacement le bain. Ayant une chaleur volumique élevée, il le refroidit rapidement et rend inutile l'emploi d'eau de refroidissement,

ce qui allège l'appareillage. Mais à l'encontre de l'argon le bioxyde est un gaz actif : à très haute température, au voisinage de l'arc il se décompose selon la réaction endothermique :

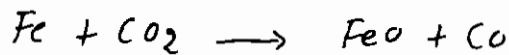


puis au voisinage de la pièce plus froide le bioxyde se reconstitue :

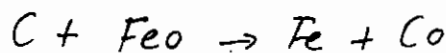


la réaction est exothermique et cet apport de chaleur favorise la pénétration de la soudure. Quand au dégagement de CO il rend nécessaire une bonne ventilation de l'atelier

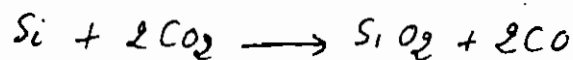
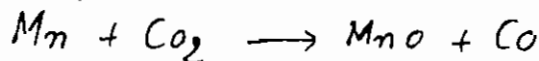
Malheureusement, les réactions chimiques déclenchées par la présence du bioxyde peuvent atteindre le métal lui-même. le fer s'oxyde



Le carbone de l'acier réagit :



mais l'acier est alors decarbure. Il perd aussi du manganèse et du silicium, précieux des oxydants



Le remède à cet appauvrissement consiste à utiliser un fil

d'apport particulièrement riche en manganèse et silicium
 les oxydes formés MnO et SiO_2 forment à la surface
 de la soudure un mince laitier qu'il est facile d'éliminer.
 on peut faire un compromis entre le bon marché du
 bioxyde et les qualités de l'argon en utilisant comme
 gaz protecteur un mélange des deux, par exemple
 15 à 25% de CO_2 dans l'argon ou l'inverse

Accessoires

Les accessoires doivent donner les meilleurs rendements techni-
 ques et économiques, tout en assurant la sécurité des soudeurs.

On peut citer:

- les prises de masse
- marteaux à piquer et brosses métalliques
- masques et casques
- verres filtrants : seront choisis en tenant compte des intensités
 mises en jeu : 100 A, 520 A, 600 A

tabliers, verres de protections, gants cuir
 mouffles, manchettes, guêtres blousons.

Nous prévoyons pour notre atelier, un chariot sur lequel
 viennent se grouper, tous les éléments de l'installation y
 compris la bouteille de gaz. en effet, le chariot facilite

le déplacement de l'ensemble lorsque les travaux l'exigent. Nous prévoyons également des écrans mobiles : ces écrans sont constitués de cadres métalliques tendus de toile ignifugée, ils offrent le double avantage d'arrêter les rayonnements nuisibles et de s'opposer aux courants d'air susceptibles de déplacer les flux gazeux.

Le Soudage MIG comme tous les procédés de soudage sous protection gazeuse présente par rapport au soudage manuel aux électrodes enrobées des avantages majeurs qui reposent sur l'absence de flux solide et par conséquent de laitier :

- le bain de fusion est clairement visible, ce qui rend sa conduite plus facile et améliore le contrôle de la pénétration;
- l'opération d'enlèvement de laitier étant éliminée il en résulte un gain de temps important.
- La suppression de cette opération discontinue rend possible et généralement facile l'automatisation du procédé.

V. Contrôle des fabrications soudées

- Les méthodes de contrôle de la qualité d'exécution des soudures sont à l'heure actuelle très nombreuses. Elles peuvent être :
- Destructives : c'est à dire exigeant la destruction de la pièce soudée a fin de permettre l'examen de sa structure interne et éventuellement, la détermination, sur des éprouvettes prélevés dans la soudure, des propriétés mécaniques du joint ou de ses différentes parties
 - Semi-destructives : c'est à dire nécessitant le prélèvement, dans les cordons de soudure, de petites portions qui sont soumises à un contrôle destructif puis remplacés par soudage ou par tout autre moyen.
 - Non destructives c'est à dire s'effectuant sur les pièces terminées sans aucune alteration de celles-ci.

Notre atelier étant une moyenne installation de réparation il ne serait question pour nous de méthodes de contrôle exigeant l'intervention d'un personnel et d'un matériel spéciaux. Nous suggérons surtout les méthodes de contrôle qui sont à la portée du soudeur ou du chef soudeur.

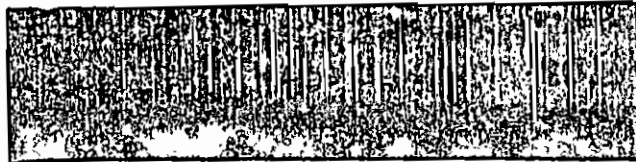
Les défauts de soudure

Les défauts peuvent avoir pour cause une mauvaise préparation de la soudure, un métal de mauvaise soudabilité, une intensité de courant mal choisie et surtout un manque d'habileté de l'opérateur.

Les défauts de soudure les plus courants sont: (voir schémas)

- Manque de pénétration (schema 1)
- Collage (schema 2)
- Inclusion d'oxydes (schema 3)
- Denivellation des bords (schema 5)
- Manque de métal (schema 6)
- Excès de métal (schema 7)
- Caniveau (schema 8)
- Soufflures (schema 4)

Un simple examen superficiel à l'vue met en évidence plusieurs défauts comme les caniveaux (inégalité de chauffage entre les deux bords), excès ou manque de métal.



DEFAUTS ET CONTROLES DES SOUDURES

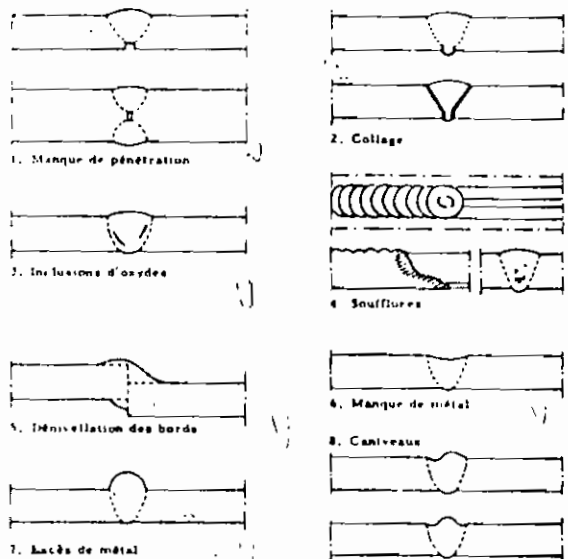


Fig. 243. — Principaux défauts d'exécution des soudures.

Cependant un contrôle plus précis est nécessaire pour connaître les qualités et la structure intime d'une soudure.

Comme méthodes de contrôle nous suggérons :

La Macrographie

Elle se fait à l'œil nu ou à la rigueur avec une loupe

L'ordre de grandeur des structures ainsi discernables est le mm.

Ce procédé de contrôle consiste à attaquer par un réactif chimique approprié la surface, préalablement polie avec soin, d'une soudure sectionnée. L'attaque fait ressortir les différentes zones du joint (métal de base, métal déposé, la profondeur de la pénétration, l'ordre de dépôt des couches successives, la forme de celles-ci et les défauts de liaison.

Les deux réactifs les plus couramment utilisés sont les suivants :

— Eau : 100 cm^3 ; iodure de potassium : 20g ; iode : 10g.

— Eau : 100 cm^3 ; persulfate ammonique : 10 à 20g.

Ce procédé n'est intéressant qu'à partir de 5-6 mm d'épaisseur.

Il peut être destructif ou semi destructif

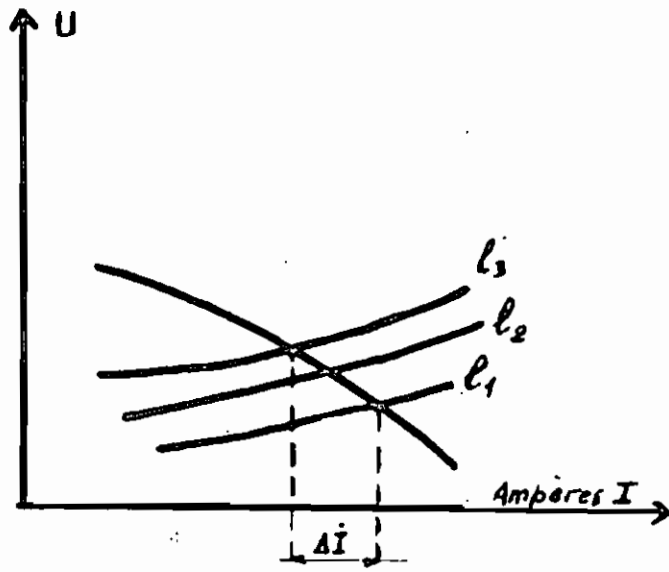
Essais d'étanchéité

Pour des appareils ouverts ou pour des appareils fermés et de grandes dimensions, on procède par simple remplissage d'eau et examen de soudure du côté extérieur. Ce procédé ne révèle pas toujours de petites fissures pouvant être colmatées par de la rouille.

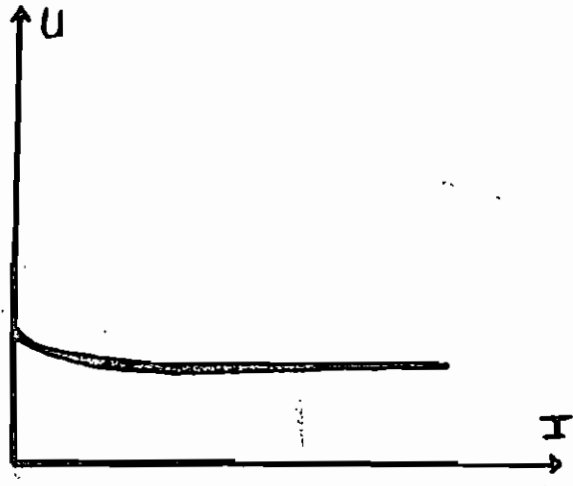
Pour des appareils fermés ou pouvant être fermés et dont les dimensions ne sont pas trop grandes, on opère par remplissage d'air sous très faible pression (1 bar), l'appareil étant complètement dans l'eau d'une cuve ou d'un bassin quelconque.

Nous devons noter que cette méthode a des limites lorsque les pièces ou appareils comportent des cloisonnements, une double enveloppe ; en effet il serait très difficile sinon impossible de reprendre les soudures aux endroits reconnus defectueux et même parfois de reconnaître ces endroits.

L'essai d'étanchéité, résoud ce problème, que voici : après avoir nettoyé à la brosse métallique les deux faces de la soudure, on badigeonne le cordon du côté qui sera la face extérieure dans l'appareil terminé, au moyen d'un lait de chaux (chaux de carbure) ;



Graph III



Graph IV

on laisse sécher ce revêtement, puis on badigeonne l'autre face du cordon au moyen de pétrole ou d'un autre agent pénétrant. Par la moindre fissure, ce dernier s'infiltre et vient former des taches dans la couche de chaux, ce qui permet de localiser les défauts d'étanchéité. Pour les réservoirs de stockage de pétrole d'essence, cette méthode de contrôle, en évitant le remplissage d'eau, évite aussi la rouille qui en serait la conséquence.

Essais à la pression hydraulique

Ils consistent à remplir d'eau le récipient et à comprimer celle-ci au moyen d'une pompe appropriée, à une pression supérieure à la pression de service (généralement une fois et demie celle-ci). On recommande de soumettre les soudures et leurs abords, pendant que l'appareil est sous pression hydraulique, à un martelage rapide et énergique au moyen d'un marteau léger.

Nous signalons qu'il existe des méthodes de contrôle comme la Radiographie et la Gamma-graphie :

examen et le plus souvent photographie à travers le cordon de soudure au moyen des rayons X ou des rayons γ émis par les substances radioactives. Ces méthodes de contrôle reposent sur le fait que tout manque de matière dans la section du cordon, ainsi que la présence de toute matière non métallique (oxydes, laitier) provoquent une plus grande transparence vis-à-vis de ces rayons et se traduisent sur le film photographique par une tâche dont l'aspect et les dimensions correspondent à ceux du défaut. Leur mise en application nécessite l'emploi d'un matériel d'un prix élevé qui exige certaines précautions en raison du danger du rayonnement, et l'intervention d'un personnel spécialement entraîné à l'interprétation des radiogrammes ou des gammagrammes.

Équipement minimal du laboratoire de contrôle

Macrographie :

1e) les réactifs :

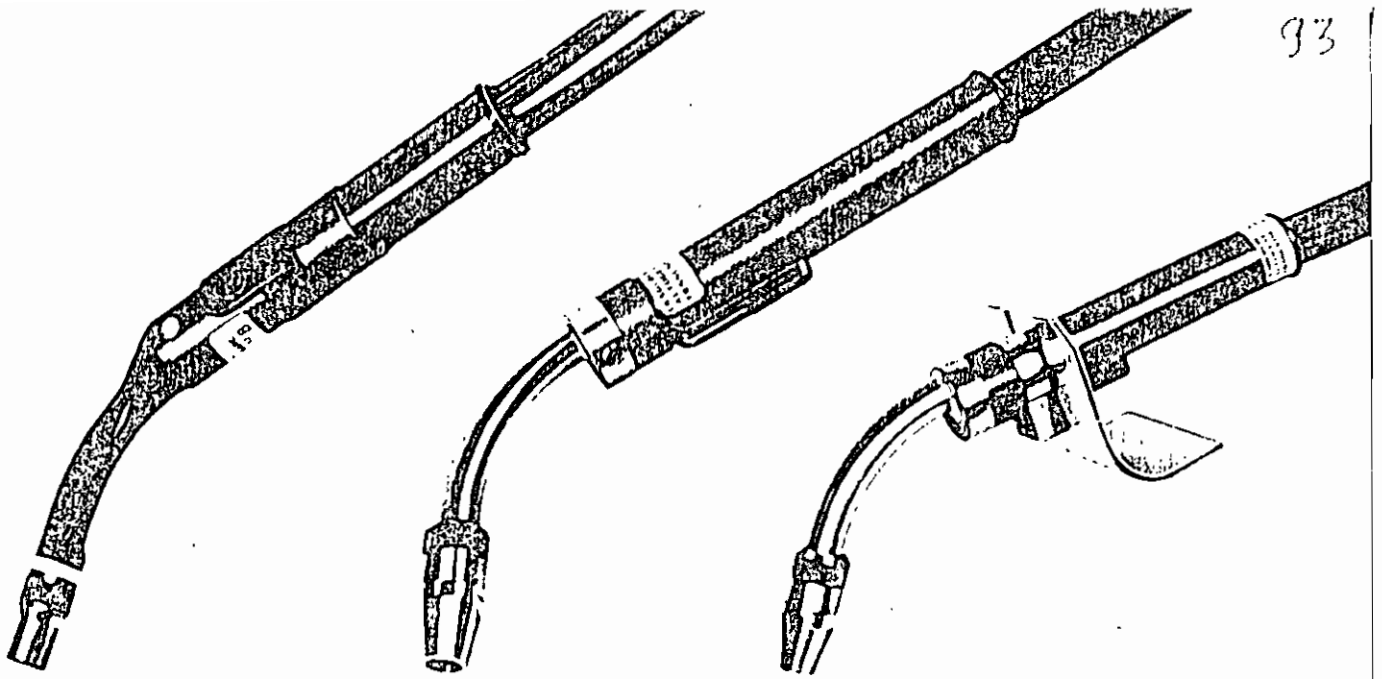
- eau ; iodure de potassium ; iode.
- eau ; persulfate ammonique

2e) scie cylindrique (pour le découpage) ; loupe

Essais d'étanchéité et essais à la pression hydraulique

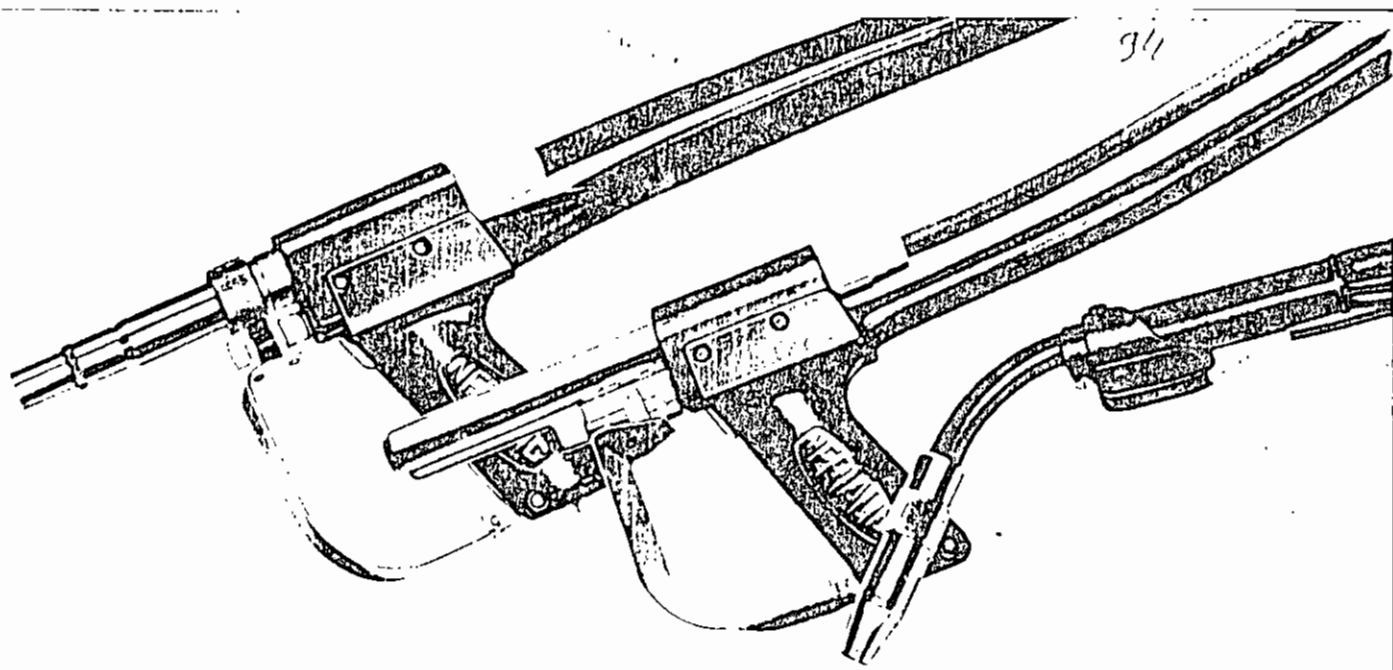
- Compresseur d'air, tuyauteries d'air, manomètres
- cuve remplie d'eau ou bassin quelconque
- brosse métallique
- lait de chaux
- liquides pénétrants (péhole par exemple)
- source d'eau
- pompe (pour la compression)
- marteau.

Nous avons parlé des défauts d'exécution et les moyens de contrôle. Nous devons préciser qu'à l'heure actuelle on rattache avec raison la plus grande importance à la qualité de la main d'œuvre et on exige que cette qualité soit contrôlée. S'il est impossible de faire une bonne soudure avec une mauvaise électrode, il est par contre possible de faire une mauvaise soudure avec une bonne électrode, surtout lorsqu'il s'agit de souder dans un plan vertical, cas très fréquent.



	TORCHE T 32 S				TORCHE T 53		TORCHE T 25	
references	9159-0127	9159-0124	9159-0123	9159-0135	9159-0092	9159-0093	9159-0094	9159-0095
long du faisceau	1,50 m	3 m	5 m	3 m	5 m	3 m	5 m	
gaine	à embout démontable	à embout démontable	à embout démontable	monobloc	monobloc	monobloc	monobloc	monobloc
domaine d'emploi	NERTALIC-PULSARC NERTALIC-POINT				NERTALIC-PULSARC NERTALIC-FORTE INTENSITE NERTALIC-POINT		SAFDIAL (possibilité de Nertalic-Forte intensité et Nertalic-Point)	
intensité	250 A				300 A		500 A	
refroidissement	naturel				naturel		naturel	
fil utilisables	fils aciers et inoxydables : 0,6 à 1,2 mm fils alliages légers et cuivreux : 1,0 à 1,2 mm				fils aciers et inoxydables : 0,8 à 1,2 mm fils alliages légers et cuivreux : 1,0 à 1,6 mm		fils fourrés : 2,4 mm	
livré pour utilisation	fils aciers et inoxydables : 1,0 et 1,2 mm				fils aciers et inoxydables : 1,0 et 1,2 mm		fils fourrés : 2,0 et 2,4 mm	
voir spécifications	numéro 311-1522				numéro 311-153		numéro 311-154	
principales applications	<ul style="list-style-type: none"> ● maniable et très légère. ● recommandée pour tous travaux fins, notamment sur faibles et moyennes épaisseurs. 				<ul style="list-style-type: none"> ● légère et robuste. ● recommandée pour travaux intensifs sur moyennes et fortes épaisseurs. 		<ul style="list-style-type: none"> ● robuste et puissante. ● recommandée pour gros travaux avec fils fourrés dans les plus dures conditions 	

311



PISTOLET P 13	PISTOLET P 14	TORCHE T 15 R	
9159-0121	9159-0120	9159-0134	referencés
3 m	3 m	3 m	long. du faisceau
monobloc	monobloc	à embouts démontables	gaine
NERTALIC-PULSARC NERTALIC FORTE INTENSITE NERTALIC-POINT	NERTALIC PULSARC NERTALIC FORTE INTENSITE NERTALIC-POINT	NERTALIC-PULSARC NERTALIC FORTE INTENSITE NERTALIC-POINT	domaine d'emploi
300 A	500 A	550 A	intensité
naturel	par eau	par eau	refroidissement
filis aciers et inoxydables 0,8 à 1,2 mm filis alliages légers et cuivreux 1,0 à 1,6 mm	filis aciers et inox, filis pleins ou fourrés 0,8 à 2,4 mm filis alliages légers et cuivreux 1,0 à 2,4 mm	filis aciers et inox, filis pleins ou fourrés 0,8 à 2,4 mm filis alliages légers et cuivreux 1,0 à 2,4 mm	filis utilisables
filis alliages légers et cuivreux 1,0 et 1,2 mm	filis aciers et inoxydables 1,2 et 1,6 mm	filis aciers et inoxydables 1,0 et 1,2 mm	livre pour utilisation
numéro 311-142	numéro 311-141	numéro 311-157	voir spécifications
<ul style="list-style-type: none"> recommandé notamment pour le soudage des alliages légers et cuivreux sur moyennes et fortes épaisseurs 	<ul style="list-style-type: none"> recommandé pour soudage sous fortes intensités, à coefficient d'utilisation élevé, en toute position sur moyennes et fortes épaisseurs 	<ul style="list-style-type: none"> recommandé pour soudage sous fortes intensités, à coefficient d'utilisation élevé, en toutes positions sur moyennes et fortes épaisseurs. 	principales applications

groupe de refroidissement produits anti-projections et lubrifiant

refrisaf
N° 9157-0100

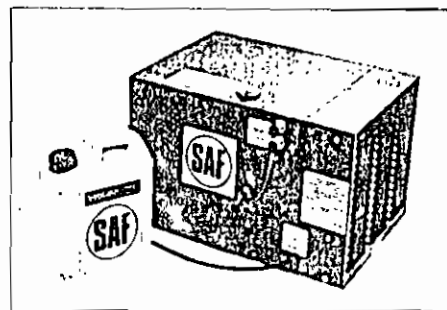
- pistolet MIG
- torche MIG
- torches TIG
- torches PLASMA

95

Le REFRISAF assure un refroidissement efficace des équipements de soudage manuels, semi-automatiques et automatiques TIG et MIG, ainsi que des installations de soudage et de coupage par plasma d'arc. Le REFRISAF est essentiellement constitué par :

- Un réservoir en plastique d'une contenance de 4 litres.
- Un groupe motopompe ventilateur monobloc, alimenté en courant triphasé.
- Un radiateur de réfrigération.

L'ensemble est présenté sous un capot en tôle de forme parallélépipédique. Le REFRISAF, indispensable sur les chantiers dépourvus de distribution d'eau, supprime en outre les risques d'encrassement des circuits de refroidissement par les eaux industrielles.



Livré avec un jerrican contenant 5 litres de mélange spécial de refroidissement pour les appareils refroidis par eau :

produits anti-projections

Le SILISAF se présente sous la forme d'une bombe aérosol.

N° 9159-0020

Le ZIP-CLEAN est un produit pâteux qui fond localement et momentanément lorsque l'extrémité de la torche

chaude est plongée dans le pot. Il ne contient pas de silicone et peut donc être employé près d'un atelier de peinture.

N° 9159-0110 - (pot de 230 gr).

N° 9159-0118 - (boîte de 16 kg).

Ils sont spécialement conçus pour éviter le collage des projections de sou-

dage sur les pièces proches de l'arc (torches, pistolets, positionneurs, outillage de fixation, etc.).

De plus, il n'entre dans leur composition aucun sel métallique susceptible de créer un pont électrique entre le tube contact et la buse de gaz des torches et pistolets.

lubrifiant

N° 3376-1004

Le bisulfure de molybdène sous forme de poudre facilite le passage et améliore le dévidage des fils élec-

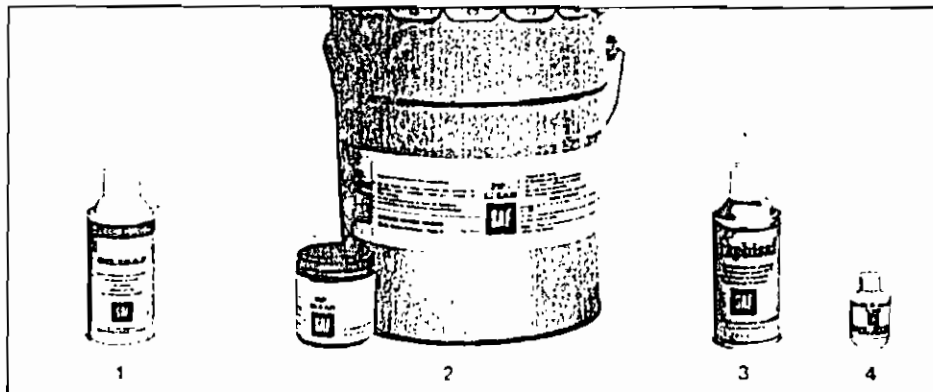
trés dans les gaines des torches et pistolets de soudage semi-automatique et automatique.

anti-projection et lubrifiant

N° 9159-0084

Le GRAPHISAF est une bombe aérosol (poids 450 g) pulvérisant un produit anti-projection et lubrifiant à base de graphite colloïdal. Il ne contient pas de silicone et peut donc être uti-

lisé près d'un atelier de peinture. Il permet plus spécialement d'éviter l'adhérence de projections de soudage sur les outillages de fixation de pièces, etc.



- 1 silisaf
- 2 zip-clean
- 3 lubrifiant
- 4 graphisaf

Generateur 1.5.

DE COURANT ET COFFRET CF 2 POUR LE SOUDAGE SEMI-AUTOMATIQUE



safmig

(Generateurs de courant 96
et coffret CF2 pour le
soudage semi automatique

Les procédés de soudage à l'arc qui utilisent un fil électrode se déroulant de façon continue exigent des générateurs de courant tout à fait originaux. Les transformateurs-redresseurs à « potentiel constant » composant la

gamme très complète des postes SAFMIG sont dotés de caractéristiques communes qui les adaptent parfaitement aux procédés NERTALIC, (MIG ou MAG), SAFDUAL et SAFUNI (1).

L'expression « potentiel constant » qualifie un générateur dont les variations de la tension en charge, en fonction de l'intensité, sont très faibles dans la zone d'utilisation normale. Cela se traduit par une caractéristique externe statique voisine de l'horizontale.

provoque une variation importante de l'intensité qui accélère ou retarde la fusion du fil électrode; ainsi, se trouve réalisée une véritable autorégulation de la longueur d'arc.

En régime NERTALIC FORTE INTENSITE (transfert du métal en fines gouttelettes) toute modification de la longueur de l'arc, liée à sa tension,

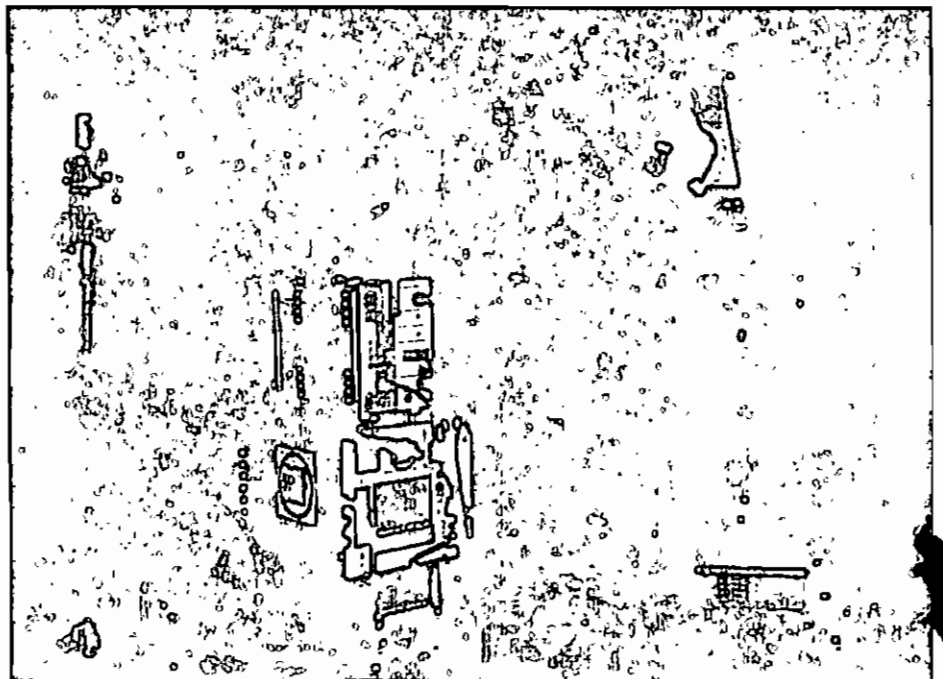
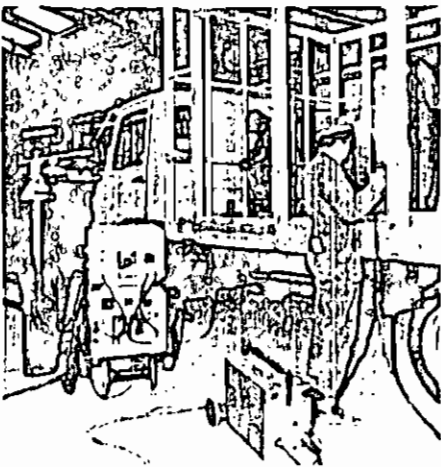
En régime NERTALIC - PULSARC (transfert du métal en gouttes, par courts-circuits successifs) l'aptitude du générateur à atteindre des débits élevés dans des temps réduits assure (du fait des réamorçages instantanés) la fusion de l'extrémité du fil lors de chaque court-circuit.

soudage pulsarc
à fréquence contrôlée

de nouvelles possibilités en soudage MIG

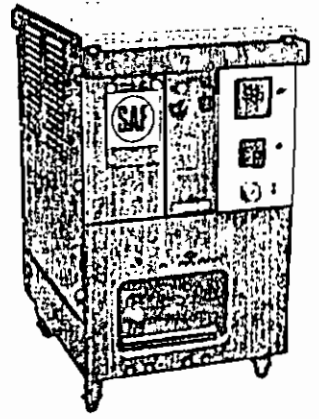
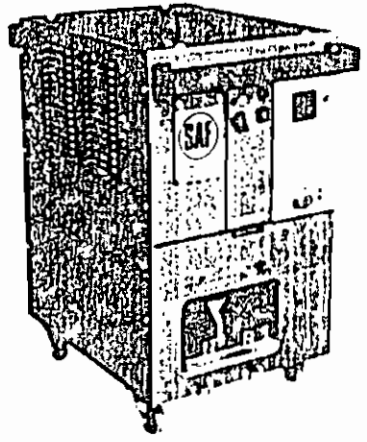
PULSARC et en soudage NERTALIC à forte intensité, le coffret CF2 qui lui superpose un courant impulsionnel à fréquence régulière permet d'élargir le champ d'application du soudage MIG.

Par adjonction à un transformateur-redresseur à potentiel constant, déjà utilisable en soudage NERTALIC-

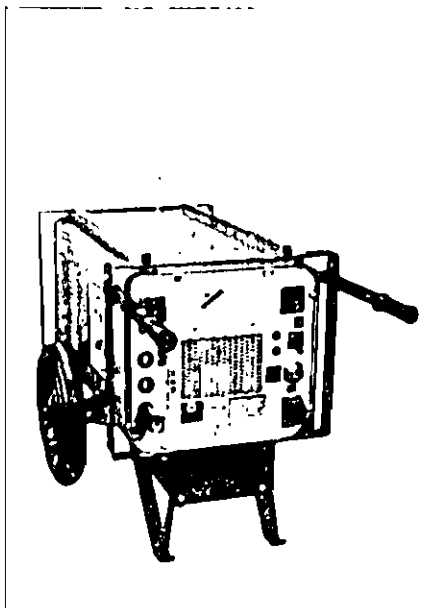


1 - Les générateurs présentés dans cette notice sont destinés à l'alimentation des installations automatiques et semi-automatiques à moto-dévidoir de fil séparé. Il existe des générateurs à moto-dévidoir de fil incorporé (Safmig BL). Voir notice NG 371-211/231 A.

Alimentation par courant triphasé
 50 et 60 Hz sous 220 et 380 V.
 Courant de soudage continu.
 Soudage à potentiel constant.
 Plage de réglage étendue.
 Variation progressive de la tension
 insertion, dans le circuit secondaire,
 inductances appropriées.
 Contacteur de soudage incorporé.
 Pour d'autres alimentations primaires
 240-415 V, 250-440 V et d'autres)
 consulter



Type	SAFMIG 181	9160-0307	SAFMIG 281	9160-0204
Primaire P absorbée à 100% 220 V 380 V Secondaire P absorbée à 100% mini maxi à 100%	9 A 5,2 A 3,0 KW 40 A sous 15 V 180 A sous 24 V 125 A sous 25 V		22 A 12,7 A 7,8 KW 50 A sous 16 V 280 A sous 31 V 220 A sous 33 V	
Longueur x largeur x hauteur Poids	710 x 455 x 775 mm 133 kg		710 x 455 x 775 mm 160 kg	
Epaisseur utilisable : mm	Aciers fils pleins 0,6 à 1 Alliages légers. 0,8 à 1,2		Aciers fils pleins 0,6 à 1,2 Alliages légers. 0,8 à 1,6	
Particularités	<ul style="list-style-type: none"> ● Self secondaire de stabilisation à 2 positions. ● Commutateur primaire permettant 12 réglages de la tension. ● Refroidissement naturel. ● Châssis équipés de 4 roulettes, 2 fixes, 2 pivotantes. 		<ul style="list-style-type: none"> ● Self secondaire de stabilisation à 3 positions. ● Commutateurs primaire et secondaire permettant 24 réglages de la tension. ● Refroidissement : un ventilateur entre en action à la température utile. ● Châssis, équipé de 4 roulettes 	
Conditions d'emploi	<ul style="list-style-type: none"> ● Toutes positions sur tôles minces (épaisseurs de 0,8 à 4 mm) avec déformations insignifiantes. ● Passes de fond ou pointage sur toutes épaisseurs. ● Soudage vertical toutes épaisseurs. TOUS TRAVAUX FINS EN MIG ET MAG ET SOUDAGE POINT.		<ul style="list-style-type: none"> ● Toutes positions sur tôles minces ou moyennes (épaisseurs de 0,8 à 6 mm) avec déformations insignifiantes. ● Passes de fond ou pointage sur toutes épaisseurs ● Soudage vertical toutes épaisseurs. SOUDAGE-POINT. TOUS TRAVAUX FINS ET TRAVAUX INTENSIFS EN MIG ET MAG SUR EPAISSEURS MOYENNES.	
Matériel complémentaire	Appareils de mesure : 9160-3288 Chariot de regroup. : 9160-0008		Appareils de mesure : 9160-3288 Chariot de regroup. : 9160-0008	



SAFMIG 355 standard 9155-0115
SAFMIG 355 gerbable 9155-0116

31,4 A
18,2 A
11,3 KW
45 A sous 14 V
425 A sous 36 V
300 A sous 39 V

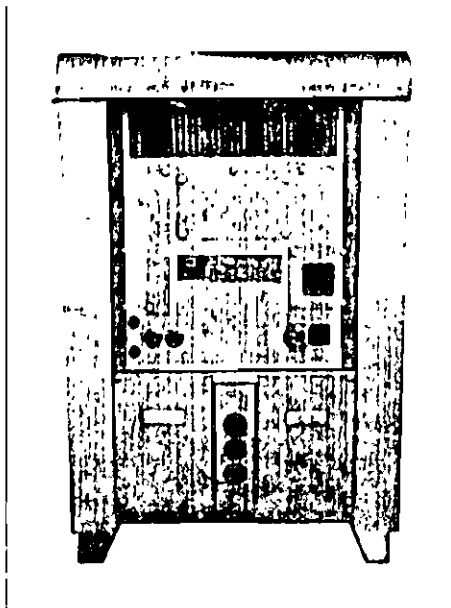
900 x 750 x 650 mm
210 kg

Aciers fils pleins 0,6 à 1,6
Alliages légers 0,8 à 2,4
Alliages cuivreux 1,2 à 1,6

- Self secondaire de stabilisation à 3 positions.
- Commutateurs primaires permettant 36 réglages de la tension.
- Refroidissement forcé.
- Châssis équipé de 2 roues et de 2 brancards amovibles

- Toutes positions sur toutes épaisseurs avec des déformations insignifiantes.
- Passes de fond ou pointage sur toutes épaisseurs.
- Tous métaux : aciers doux, aciers inoxydables, alliages légers, alliages cuivreux
- SOUDAGE-POINT.
- TOUS TRAVAUX INTENSIFS EN MIG ET MAG SUR TOUTES ÉPAISSEURS.

Appareils de mesure 9160-3155
Chariot de regroup. pour version gerbable: 9160-0007



SAFMIG 580 9155-0011

67 A
39 A
23 KW
300 A sous 27 V
580 A sous 41 V
450 A sous 43 V

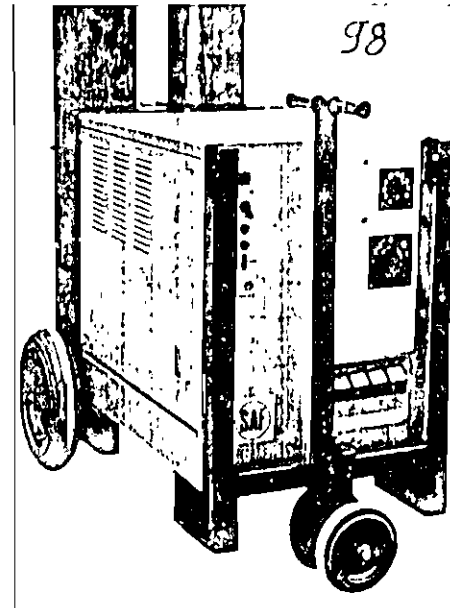
760 x 750 x 1 110 mm
283 kg

Aciers - fils pleins 1,2 à 1,6
Aciers - fils fourrés 2 à 3,2

- Commutateur primaire permettant 12 réglages de la tension.
- Refroidissement forcé
- Poste surélevé sur patins, anneaux d'écimage

- Spécialement étudié pour fils « fourrés »
- Fortes épaisseurs avec fils pleins.
- SOUDAGE-POINT.
- TOUS TRAVAUX FORTES ÉPAISSEURS; FILS PLEINS ET FOURRÉS

Appareils de mesure 9155-3348



SAFMIG 601 9155-0016

66 A
38 A
21,7 KW
100 A sous 18 V
600 A sous 45 V
520 A sous 46 V

900 x 625 x 902 mm
275 kg

Acier - fils pleins 0,8 à 1,6
Alliages légers 0,8 à 2,4
Alliages cuivreux 1,2 à 2,4
Acier - fils fourrés 1,6 à 3,2

- Self secondaire de stabilisation à 3 positions
- Commutateurs primaires et secondaires permettant 24 réglages de la tension.
- Refroidissement forcé
- Poste surélevé sur patins, possibilité d'écimage.

- Toutes positions.
- Toutes épaisseurs.
- Tous métaux.
- Tous types et nuances de fils fourrés ou pleins, y compris UMO 3,2
- SOUDAGE POINT
- TOUS TRAVAUX FINES ET FORTES ÉPAISSEURS FILS PLEINS ET FOURRÉS.
- GENERATEUR UNIVERSEL

Appareils de mesure 9155-3521
Chariot avec porte-bouteille 9155-0017
Chariot sans porte-bouteille 0310-0014

POSTES A REDRESSEURS POUR LE SOUDAGE EN COURANT CONTINU



safex d0-d1-d2-d3

Utilisation

Ces générateurs produisent un courant de soudage continu nécessaire pour la fusion de toutes les électrodes et pour le soudage NERTAL/TIG

sous argon des aciers inoxydables. Compte-tenu de leur puissance ils trouvent leur place dans la moyenne et la grosse industrie.

Présentation

Elle est entièrement nouvelle. A l'avant et à l'arrière de l'appareil des «pare-chocs» verticaux :

- protègent le poste.

- servent à son élingage.

Le déplacement du poste est réalisé, si on le désire, par le montage d'un train de roulement.

Principe

Ces dernières sont obtenues par un éloignement relatif des bobinages primaires et secondaires. Le réglage de l'écartement des bobinages permet un réglage continu du courant de soudage.

Ce principe procure également d'excellentes caractéristiques dynamiques de soudage facilitant le mode opératoire grâce à une grande douceur de fusion des électrodes.

La conception des SAFEX D0 - D1 - D2 et D3 fait :

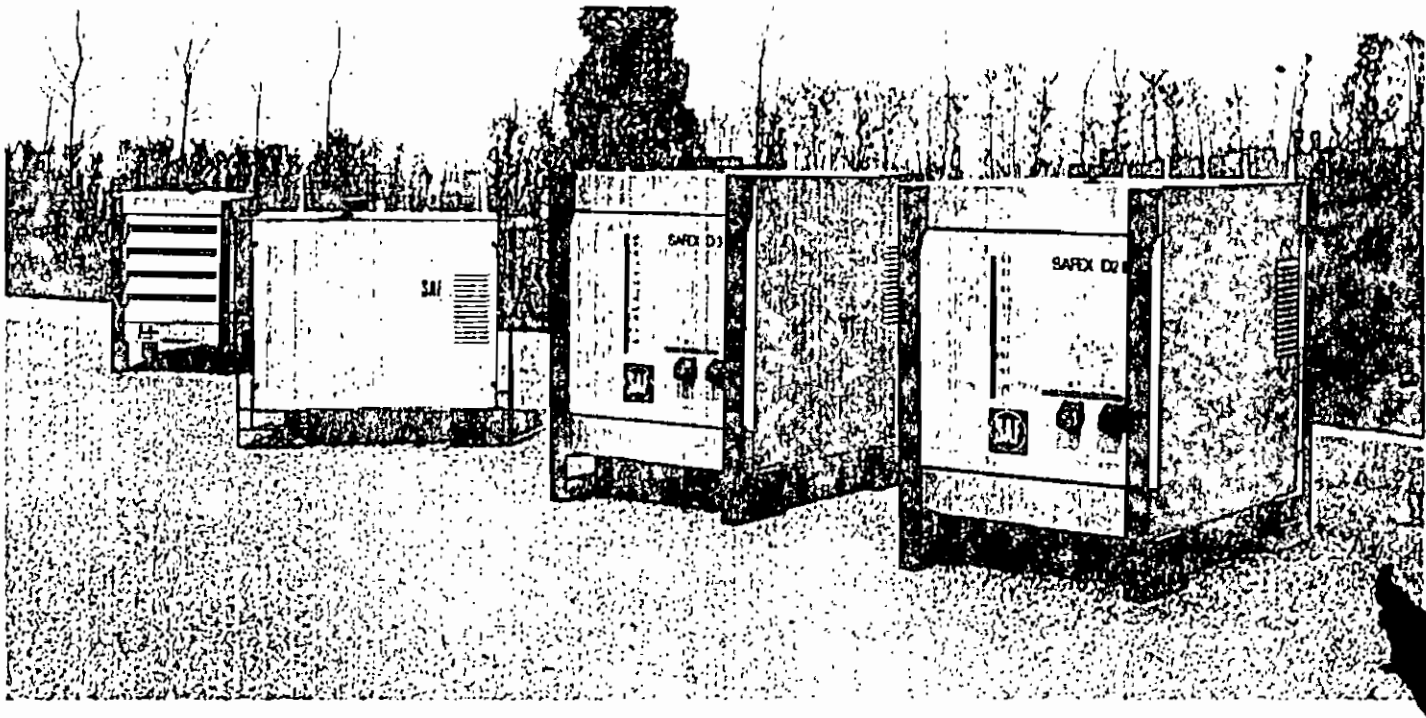
- qu'ils équilibrent rigoureusement les trois phases du réseau

- que l'appel de courant sur le réseau est inférieur à celui d'un groupe rotatif lorsque celui-ci débite une intensité de soudage identique

- qu'ils sont particulièrement économiques à l'achat et en utilisation.

Ils débitent du courant continu de soudage permettant de fondre toutes les électrodes du marché, y compris les électrodes spéciales, type basique, pour soudage des fontes, du monel, des alliages cuivreux, des aciers inoxydables, etc.

L'originalité de ces nouveaux postes de soudage électrique à l'arc, qui sont du type transformateur triphasé statique, complété de diodes redresseuses au Silicium, consiste en leur réglage par fuites magnétiques dans l'air.





Caractéristiques

Ils sont essentiellement constitués par :

- un transformateur triphasé de soudage
- un ensemble de cellules redresseuses au Silicium
- un volant de réglage continu du

courant de soudage

- un voyant lumineux d'indication de mise sous tension
- des bornes de raccordement isolées
- un moteur de ventilation robuste et

silencieux.
Les postes SAFEX D0 - D1 - D2 et D3 sont conformes à la Norme Française A 85-011 et à la recommandation internationale ISO R 700.

Type	SAFEX D0	SAFEX D1	SAFEX D2	SAFEX D2 30-300	SAFEX D3	
Alimentation : courant alternatif triphasé						
Tensions (alimentation spéciale sur demande)	220/380 V	220/380 V	220/380 V	220/380 V	220/380 V	
Intensité primaire absorbée au réglage maximum	25 A en 220 V soit 15 A en 380 V	42 A en 220 V soit 25 A en 380 V	60 A en 220 V soit 40 A en 380 V	63 A en 220 V soit 37 A en 380 V	110 A en 220 V soit 63 A en 380 V	
Secondaire : courant continu de soudage						
Tension à vide	52 V	59 V	69 V	65 V	79 V	
Réglage continu de	Mini Maxi	30 A sous 21 V 170 A sous 26,5	45 A sous 21,5 V 270 A sous 30,5 V	60 A sous 22,5 V 375 A sous 35 V	30 A sous 22 V 350 A sous 32 V	80 A sous 23 V 500 A sous 40 V
Débit au facteur de marche 60 %	125 A	200 A	300 A	250 A	400 A	
Encombrement (mm)	Longueur Largeur Hauteur	850 470 730	850 470 730	900 625 900	900 625 900	900 625 900
Poids (kg)		105	119	182	185	217
Numéros de Nomenclature						
Version standard	0310-0001	0310-0002	0310-0003	0310-0005	0310-0004	
Version avec interrupteur	0310-0100	0310-0200	0310-0300	0310-0500	0310-0400	
Train de roulement	0310-0016	0310-0016	0310-0014	0310-0014	0310-0014	

Pour constituer une installation complète de soudage à l'arc, il faut prévoir en plus :

- . Un câble primaire
- . Un câble de pince
- . Un câble de masse
- . Une pince porte-électrode
- . Une prise de masse
- . Une brosse métallique
- . Un marteau à piquer
- . Des raccords de câbles, des cosses

en admettant une intensité de 5 à 6 A par mm² de section.

Côté protection du soudeur

- . Un masque ou casque
- . Des verres de protection
- . Une paire de gants
- . Un tablier
- . Des guêtres
- . Des manchettes, etc.

Se reporter à la Notice NG N°

L'assistance technique et la vente sont assurées par une organisation qualifiée :

en France : 28 agences
et sous-agences régionales SAF
100 distributeurs et revendeurs.
à l'étranger :
réseau mondial de L'Air Liquide.

Les Safex D0 - D1 - D2 et D3 sont des productions de la Division Arc de :

La Soudure Autogène Française

13-17, rue d'Epluches
95310 St-Ouen l'Aumône - B.P. 24
Téléphone : 464.92.80 et 464.44.44
Télex : SAF 60 473 F
R.C. PONTOISE 71 B 659

Le soudage occupe une place prépondérante dans l'industrie moderne. En effet, l'évolution des procédés de soudage, les perfectionnements apportés aux matériels, les progrès réalisés dans les méthodes ont abouti à des résultats tels que le soudage a remplacé aujourd'hui en grande partie dans la construction métallique les autres moyens d'assemblage (agrafage, rivetage...). Nous avons conçu un atelier moderne de soudage sous l'aspect de la réparation et de la rénovation des pièces. Notre position de pays sous-développés justifie, aujourd'hui le caractère combien économique de l'implantation d'un tel atelier: il faut avouer qu'il est plus avantageux de réparer des pièces volumineuses, telles que châssis de camion, ou éléments de carrosserie, qui sont grevés de frais de transport ou très coûteuses comme les moteurs, boîtes de vitesse, que d'en faire l'échange.

Nous avons jugé également qu'il fallait équiper notre atelier d'un équipement minimal de contrôle des fabrications soudées. Nous avons insisté sur la qualité de la main d'œuvre et exigé que cette qualité soit contrôlée

Nous avons noté que la conscience professionnelle était également un facteur important dans l'exécution des travaux de soudage.

Nous avons montré dans ce projet l'avantage, d'une distribution par canalisation, dans le cas du soudage oxyacetylenique (économie, sécurité). Ceci est général: la distribution par canalisation se révèle plus économique pour n'importe quel gaz dès qu'un problème de maintenance s'impose: en effet l'installation d'une distribution de gaz par canalisation facilite le travail et son organisation. Nous avons montré également l'avantage d'installer un poste MIG par rapport au poste TIG: en effet la suppression de l'électrode en tungstène permet une plus grande souplesse dans le choix du gaz protecteur.

Dans le soudage à l'arc, comme le soudage MIG nous avons montré combien il était important pour l'ingénieur la conception de l'appareil de soudage: caractéristique plongeante de l'appareil de soudage pour le cas du soudage à l'arc électrique et caractéristique plate pour le soudage MIG.

Il serait bon d'évaluer le coût d'implantation de

notre atelier de soudage mais nous n'avons pu le faire à cause des contraintes du calendrier scolaire. le seul jour qu'on pouvait faire des démarches à Dakar, est le samedi pendant presque tout le deuxième semestre et à la SEGOA le personnel ne travaille pas ce jour. Il est vrai qu'il faut savoir le coût réel d'une certaine implantation avant d'en arriver à la réalisation pratique mais il ne faut pas perdre de vue, que notre souci dans ce projet est de convaincre de l'avantage qu'on peut tirer d'un procédé par rapport à un autre. Dans le cas du soudage oxyacétylénique les bouteilles peuvent évidemment être mises directement à la disposition de l'utilisateur à ses postes de travail; mais cette façon de faire présente des inconvénients sérieux (frais de maintenance élevés, risque d'accidents). C'est ce qui nous a emmené à concevoir une distribution par canalisation

Comme nous l'avons évoqué au début de cette thèse, le souci du professeur du professeur Znamierowski était d'orienter ce projet de fin d'étude dans le cadre industriel. Dans cette nouvelle orientation

du projet de fin d'étude il s'agit de confronter l'élève ingénieur aux problèmes de la vie pratique. Beaucoup d'efforts ont été déployés mais le but n'a pas été atteint. Les industriels nous ont fait comprendre qu'ils n'avaient pas de cas à nous présenter. Nous ne voulons pour preuve que le cas de la M.T.S (Usine s'occupant des travaux de Montage, Tuyauterie, Soudage) qui nous avait même promis un cas à savoir l'installation d'un atelier de soudage des containers mais qui a desisté en fin de compte.

Nous souhaitons que cette nouvelle formule d'orientation des projets de fin d'étude soit poursuivie dans les années à venir ./.

Fort d'une expérience inégalée dans le domaine des gaz, L'AIR LIQUIDE a créé des matériels de mise en œuvre originaux de très haute qualité. Les performances élevées et la grande fiabilité de ces matériels en font la réputation dans les laboratoires et l'industrie de nombreux pays.

Ce catalogue vous présente une gamme étendue d'appareils permettant de résoudre tous les problèmes de mise en œuvre des gaz dans les laboratoires. Nos spécialistes sont à votre disposition pour vous aider dans le choix des appareils et réaliser vos installations ; n'hésitez pas à nous consulter, nous étudierons gratuitement votre problème.

choisir des matériels de mise en œuvre bien adaptés

L'importance d'un tel choix est souvent sous-estimée, ce qui entraîne des difficultés parfois considérables lors de l'utilisation du gaz.

C'est pourquoi pour chaque gaz cité dans ce catalogue nous indiquons les matériels recommandés, les mieux adaptés sont en caractères gras.

éviter les pollutions

La pollution du gaz par l'air est redoutable et difficile à éviter. Les purges insuffisantes des installations lors de leur mise en service ou du remplacement de la source de gaz provoquent des **pollutions occasionnelles**. Les défauts d'étanchéité des appareils utilisés, des raccords ou des canalisations entraînent des **pollutions permanentes**.

Les défauts d'étanchéité ne peuvent être évités qu'en employant des matériels spécialement conçus et des tuyauteries en matériaux sélectionnés. C'est pourquoi la division Scientifique peut prendre en charge la distribution des gaz jusqu'aux postes d'utilisation et réalise à la demande, des installations présentant toutes garanties techniques.

pollutions permanentes sont la conséquence d'un manque d'étanchéité ou de propreté d'une installation. Elles proviennent soit :
 - de l'emploi d'un matériau perméable au gaz : membrane, caoutchouc, etc.
 - du manque d'étanchéité des détendeurs, vannes, robinetteries et accessoires.
 - du défaut de propreté des matériaux en contact avec le gaz.

Le fait qu'une canalisation contienne un gaz sous pression n'empêche pas l'air ambiant de diffuser à l'intérieur de celle-ci.

La diffusion de molécules d'un milieu à faible pression vers un autre à pression supérieure est appelée "RÉTRODIFFUSION". Elle s'explique en comparant les pressions partielles des différents gaz situés de part et d'autre d'une paroi.

Les pollutions permanentes se traduisent pour l'utilisateur par une dégradation de la qualité du gaz. Elles sont d'autant plus importantes que les débits de gaz sont faibles.

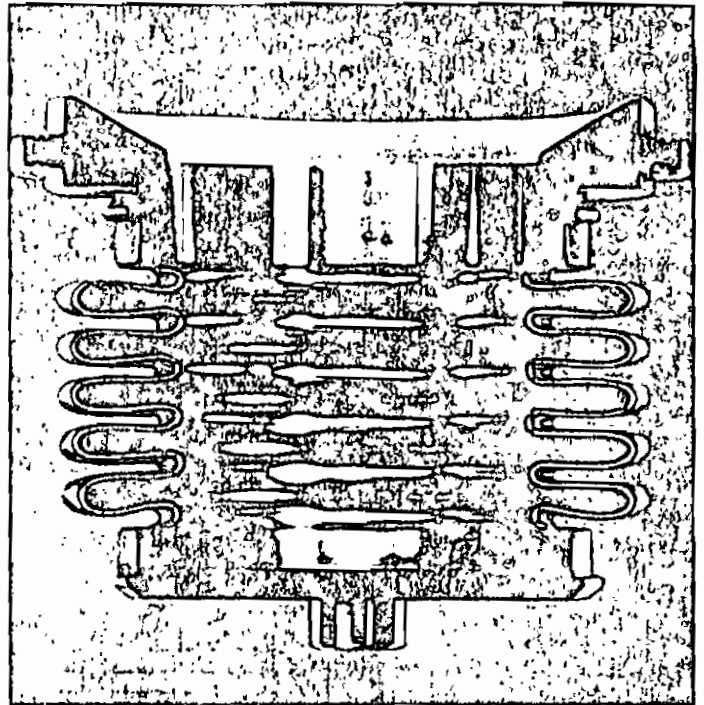
Le tableau ci-dessous donne les quantités d'oxygène introduites par rétrodiffusion dans différents tuyaux contenant de l'azote sous une pression de 10 bars.

Matériau	Pollution par l'oxygène de l'air d'argon pur circulant dans un tube (longueur 1 m, diamètre 6,3 mm) à un débit de 5 litres/minute
	valeurs indicatives en ppm
caoutchouc	0,02
ionol	0,05
PE	0,6
caoutchouc	5,3
styrène	6,9
polyéthylène	11
nylon (PTFE)	13
polyvinyle	27
caoutchouc naturel	40
acier inoxydable	0
cuivre	0
acier métallique avec un pore de 20 microns	20

Pour la réalisation des détendeurs et vannes les plus performants, L'AIR LIQUIDE a remplacé les membranes en caoutchouc et presse-étoupes classiques par des soufflets en acier inoxydable.

L'étanchéité vis-à-vis de l'extérieur est en outre assurée par l'emploi de joints en argent ou en Kel-F permettant de garantir un taux de fuite égal ou inférieur à 10^{-9} atm. cm³/sec. d'hélium, soit moins de 3,5 cm³ par siècle !

L'assemblage des différentes pièces parfaitement propres se fait dans des locaux pressurisés et spécialement adaptés à cette opération.



photographie d'un soufflet équipant nos détendeurs

Les pollutions occasionnelles proviennent de la présence d'air dans les appareils soit avant leur mise en service soit lors d'un changement de la source de gaz. Pour évacuer cet air, on peut procéder de deux façons différentes :

1. purge par mise en pression et vidanges successives

Ce procédé consiste à mettre en contact le gaz à utiliser avec l'air contenu initialement dans les appareils et, après quelques instants, à évacuer le mélange air-gaz.

Ce procédé est plus efficace que le simple balayage en raison des espaces morts constitués notamment par les tubes de Bourdon des manomètres.

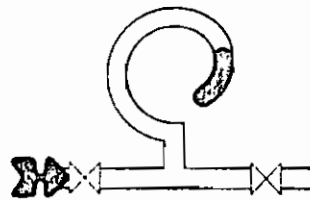
Les fig. 1 et 2 illustrent les deux techniques.

Purge par mise en pression et vidanges successives

1. Manomètre contenant de l'air à la pression atmosphérique



2. L'air est refoulé au fond du tube comme par un piston



3. L'air diffusé dans le gaz pendant 1 mn et le mélange gaz-air s'écoule hors de l'espace mort

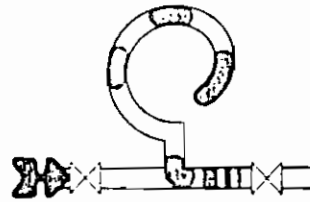
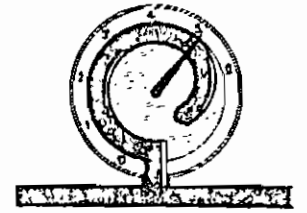


fig 1

Purge par simple balayage

1. Manomètre contenant de l'air à la pression atmosphérique



2. Le gaz utilisé s'écoule devant l'espace mort. Le mélange gaz-air n'est entraîné que très lentement par le courant gazeux

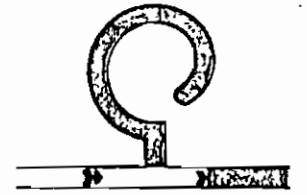
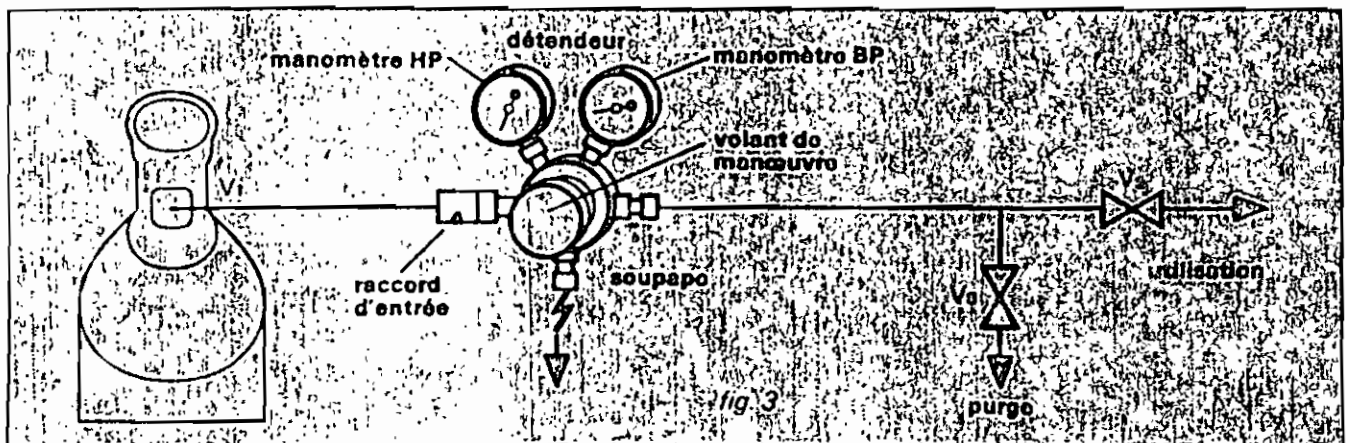


fig 2

mode opératoire

1. Fermer le détendeur en tournant le volant de manœuvre vers la gauche.
 2. Serrer le raccord d'entrée du détendeur sur le robinet de la bouteille.
 3. Fermer les vannes V_2 et V_3 .
 4. Ouvrir le robinet de la bouteille V_1 et le refermer presque aussitôt afin que l'air inclus dans le détendeur ne pollue par rétrodiffusion le gaz contenu dans la bouteille.
 5. Tourner le volant de manœuvre du détendeur de quelques tours vers la droite.
 6. Attendre environ une minute.
 7. Ouvrir V_3 pour chasser le mélange gaz-air.
 8. Refermer V_3 .
 9. Renouveler 2 à 3 fois le cycle décrit ci-dessus.
 10. Ouvrir le robinet de la bouteille V_1 et la vanne V_2 .
- Remarque : pour l'utilisation de gaz corrosif ou inflammable, il est vivement recommandé d'effectuer les opérations en utilisant un gaz inerte et sec introduit dans le détendeur par un té de purge placé en amont.



purge par mise sous vide des appareils

La façon de procéder est la plus rapide compte tenu de l'étanchéité poussée de nos matériels.

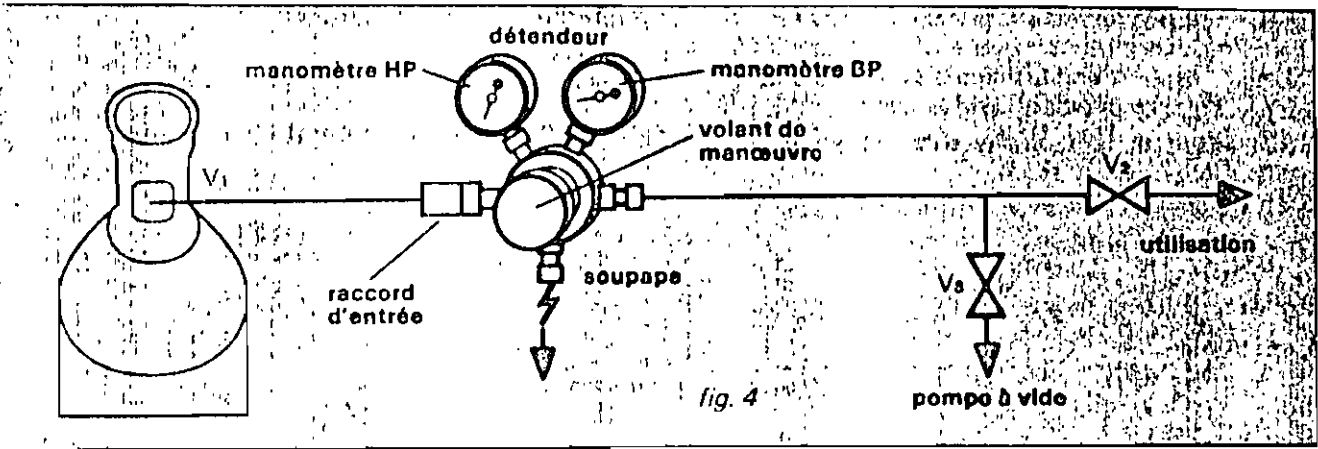


fig. 4

Mode opératoire

- Serrer le raccord d'entrée du détendeur sur le robinet de la bouteille V1.
- Tourner le volant de manoeuvre du détendeur quelques tours vers la droite.
- Fermer la vanne V2.
- Ouvrir la vanne V1 et faire le vide pendant 10 minutes environ.

Exemple illustrant le nombre de purges nécessaires

La teneur en oxygène sert de référence; l'analyseur associé à un enregistreur, fournit des indications désirées.

gaz de test : azote N 48
 pression amont : 15 bars
 pression aval : 5 bars
 débit de gaz : 10 l/h
 durée de chaque purge : 1 minute

La purge est considérée comme terminée lorsque la teneur en oxygène (élément de référence) est égale ou inférieure à une partie par million (1 ppm).

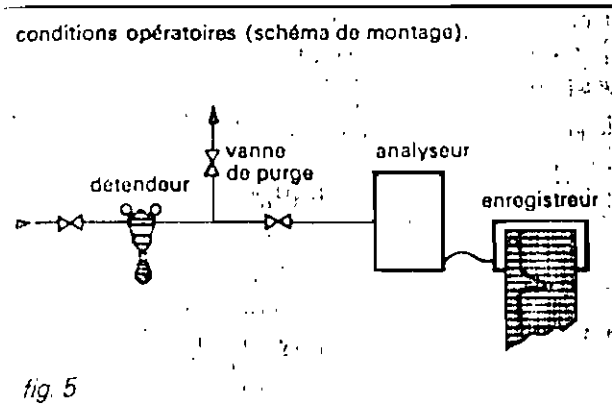


fig. 5

Afin de mettre en évidence les phénomènes évoqués ci-dessus, notre Centre de Recherche a procédé aux tests suivants

1^{er} test : purge par simple balayage

La concentration maximale en oxygène lors de la mise en circuit du détendeur est très supérieure à 1 000 ppm.

Il faut attendre 4 h 40 pour que la teneur en oxygène atteigne le niveau souhaité de 1 ppm par simple balayage du détendeur à un débit de 10 l/h.

2^e test :
purge par mise en pression et vidanges successives

Le graphique ci-dessous indique les teneurs en oxygène et les temps de balayage nécessaires à un débit de 10 l/h pour obtenir une purge correcte après 1, 3 et 5 opérations de mises en pression à 15 bars et de vidanges.

Après une seule opération suivie d'un balayage pendant 5 mn, on atteint le résultat désiré.

Si on effectue 3 opérations successives le temps de balayage est réduit à 2 mn.

teneur en O₂ après n opérations

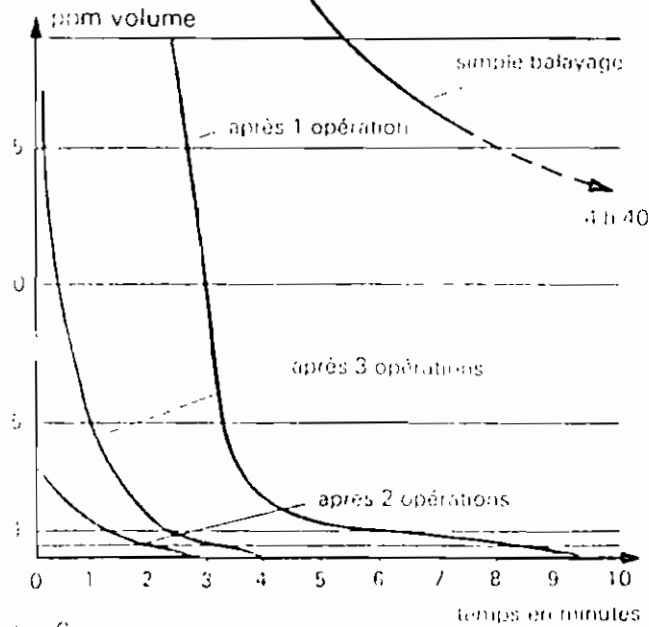


Fig. 6

Regulation de pression

Fonction :

Maintenir une pression constante dans un circuit, quel que soit le débit du gaz, à partir d'une source à pression variable, située en amont.

Appareil assurant la fonction :

Détendeur, appelé aussi régulateur de pression, ou manodétendeur.

Principe de fonctionnement du détendeur :

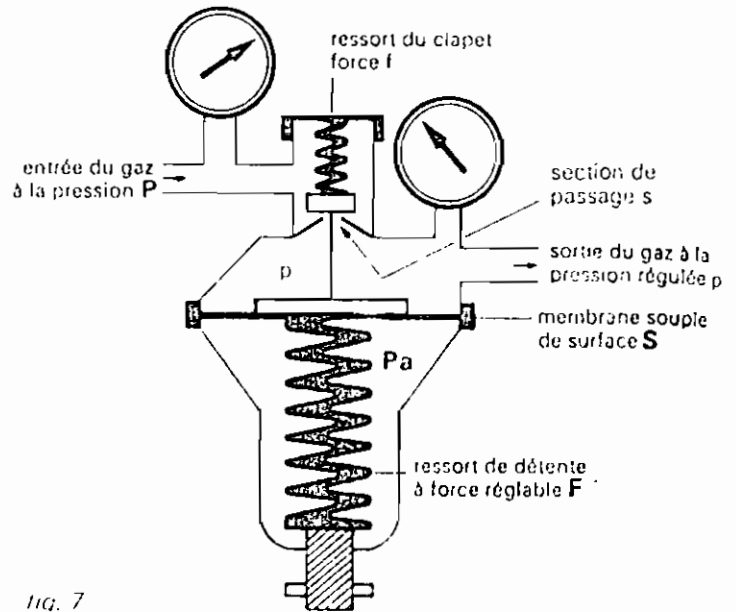


Fig. 7

- P = pression amont variable (valeur absolue)
- p = pression aval régulée (valeur absolue)
- P_a = pression atmosphérique (valeur absolue)
- F = force du ressort de détente (réglable)
- f = force du ressort de clapet
- S = surface de la membrane souple
- s = section de passage au clapet

Le système étant en équilibre, l'égalité des forces s'exerçant sur la membrane est traduite par l'équation :

$$F + P_a S = pS + f + (P-p)s,$$

qui peut s'écrire sous la forme :

$$p = P_a + \frac{F-f}{S} - \frac{s}{S} (P-p)$$

tant que P est très supérieur à p on peut écrire approximativement :

$$p = P_a + \frac{F}{S} - \frac{s}{S} P$$

de la forme

$$p = K - \frac{s}{S} P$$

Conséquences de cette égalité :

1° La pression régulée (p) ne peut être inférieure à la pression atmosphérique (Pa).

2° La pression régulée (p) suit les variations de la pression atmosphérique (Pa).

La mise sous vide de l'extérieur de la membrane, en réalisant $P_a = 0$, permet :
— de réguler des pressions inférieures à la pression atmosphérique ;
— de s'affranchir des perturbations liées aux variations de la pression atmosphérique.

Les détendeurs de la série DDLRS DLRS/DIRS vous offrent ces deux possibilités :

3° $\frac{S}{s}$, le rapport de la section de passage au clapet à la surface de la membrane souple doit être maximum pour que la pression régulée soit indépendante de la pression amont. La diminution de s conduit à une diminution du débit maximum du détendeur, l'augmentation de S à un encombrement plus important et à une moindre étanchéité du système en raison de l'augmentation de la taille des joints

4° Lorsque la pression amont (P) diminue (vidange de la bouteille de gaz par exemple), la pression aval (p) augmente.

Lorsque P et p sont du même ordre de grandeur, p diminue avec P.

Caractéristiques de régulation d'un détendeur

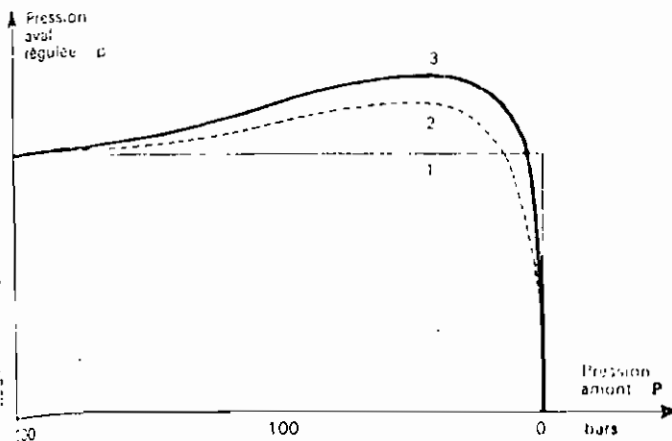


fig 8

- 1) détendeur parfait ($\frac{S}{s} \rightarrow \infty$).
- 2) détendeur ordinaire fonctionnant à fort débit;
- 3) le même détendeur fonctionnant à faible débit

L'utilisation d'un détendeur à double détente (deux détendeurs en série) permet de s'affranchir des perturbations dues aux variations de la pression amont. Le modèle DDLRS donne une variation de la pression aval inférieure à 0,001 bar pour une variation de la pression amont de 120 bars (entre 200 et 80 bars).

Caractéristiques de régulation à faible débit

Pour un réglage donné du détendeur, on observe une baisse de la pression régulée lorsque le débit augmente.

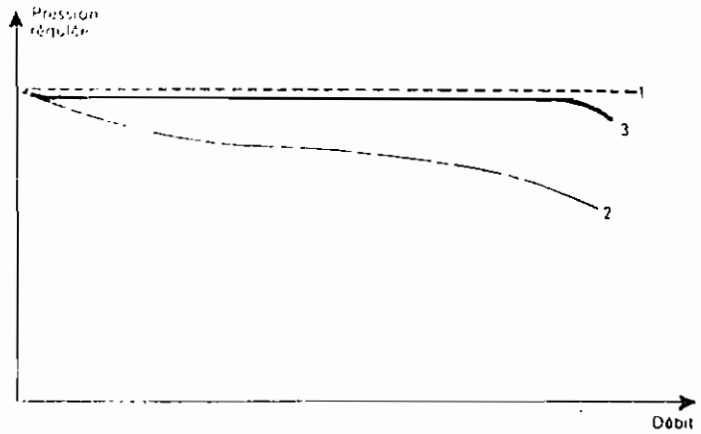


fig 9

- 1) détendeur parfait;
- 2) bon détendeur;
- 3) détendeur médiocre

A faible débit, une petite variation du débit engendre une variation de la pression régulée.

Ce phénomène est lié à la technologie de l'appareil, notamment à la rigidité de la membrane et aux frottements.

Pour les détendeurs les plus performants, L'AIR LIQUIDE a remplacé la membrane par un soufflet métallique offrant une grande souplesse et une excellente étanchéité sous un très faible volume (voir photo ci-dessous)

Le détendeur DLRS n° 7 réglé à 5 bars pour un débit nul, donne une variation de la pression aval de 0,05 bar lorsque le débit augmente jusqu'à 100 l/h.

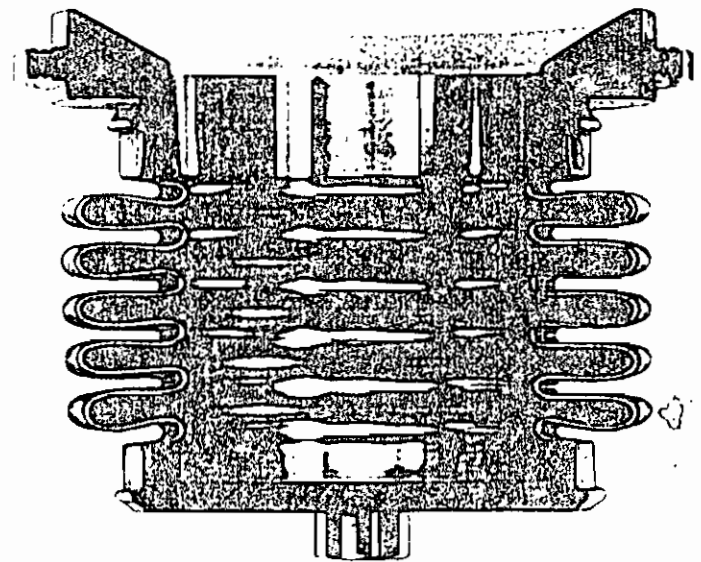


fig 10 Coupe d'un soufflet métallique

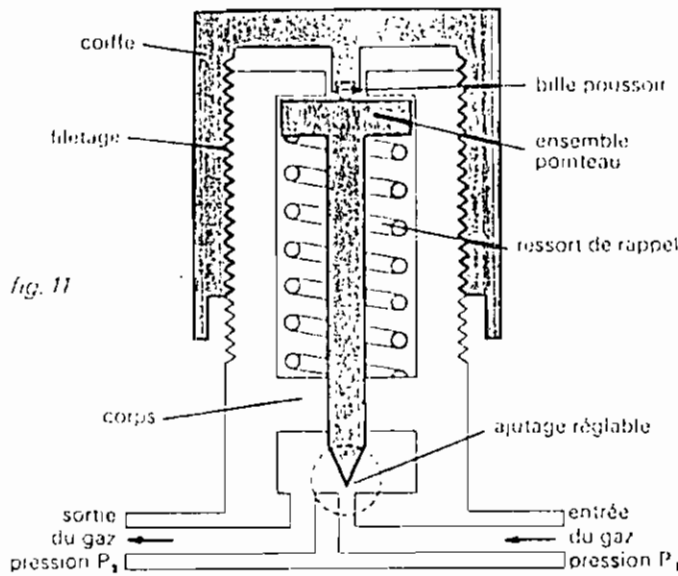
Dans de nombreuses utilisations, il est nécessaire de régler le débit de gaz. Deux cas sont à considérer :

1 - la pression dans l'appareil d'utilisation est constante.

Le réglage du débit se fait au moyen d'une **vanne** intercalée entre l'appareil d'utilisation et la source à pression constante (sortie de détendeur).

principe de fonctionnement :

Écoulement du gaz à travers un ajustage à section réglable, entre deux pressions constantes.



Le débit du gaz est donné par la formule :

$$Q = \frac{32,4 K_v \sqrt{P_2 (P_1 - P_2)}}{\sqrt{\gamma g T}}$$

Q = débit du gaz en m³/h.

P₁ = pression amont absolue en bars ;

P₂ = pression aval absolue en bars ;

γg = masse volumique du gaz en kg/m³.

T = température absolue du gaz en °K ;

K_v = coefficient de débit de la vanne exprimé en litres d'eau par minute (densité 1) la traversant, avec une perte de charge de 1 atmosphère

(le C_v anglo-saxon est lié au K_v par la relation : C_v = 0,07 K_v)

Pour que le débit réglé soit constant, il faut :

- une pression amont constante, qui peut être obtenue par l'emploi d'un détendeur de qualité en amont de la vanne.
- une pression aval constante, ce qui suppose que la perte de charge en aval de la vanne est constante.
- une section de passage constante, qui est la caractéristique d'une vanne de qualité.
- une température constante, qui peut être obtenue en thermostatant la vanne et le tube d'entrée du gaz.

• si P₁ est égal ou supérieur à 2 P₂ la formule se simplifie

$$Q = \frac{16,2 K_v P_1}{\sqrt{\gamma g T}}$$

2 - la pression dans l'appareil d'utilisation est variable.

Dans ce cas une vanne ne suffit plus à régler le débit à une valeur constante. Il est indispensable d'utiliser un **régulateur de débit**. Cet appareil dont le fonctionnement exige l'utilisation d'une pression de référence stable est monté :

- intercalé entre le détendeur et l'appareil d'utilisation (régulateur de débit à pression amont constante) ;
- ou en aval de l'appareil d'utilisation, la sortie du régulateur de débit étant mise à l'air (régulateur de débit à pression aval constante), la pression atmosphérique étant supposée constante).

principe de fonctionnement :

• régulateur de débit à pression aval constante

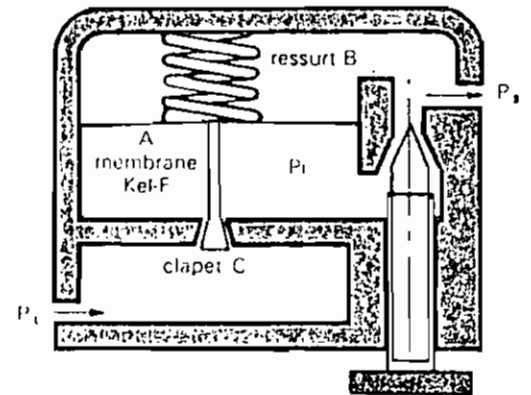
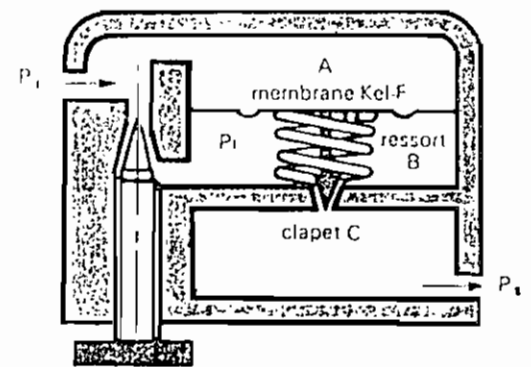


fig. 12

vanne micrométrique

La pression dans la chambre (P_i) est maintenue constante par l'ensemble (A) (B) (C). La pression P₂ est constante par définition. Le débit est constant à travers l'ajutage car la différence de pression ΔP = P_i - P₂ est constante.

• régulateur de débit à pression amont constante



vanne micrométrique

fig. 13

La pression dans la chambre (P_i) est maintenue constante par l'ensemble (A) (B) (C). La pression P₁ est constante par définition. Le débit est constant à travers l'ajutage car la différence de pression ΔP = P₁ - P_i est constante.

Régulation de débit

la gamme d'appareils présentés dans ce catalogue permet de résoudre tous les problèmes de mise en œuvre des gaz dans les laboratoires. Nos spécialistes sont à votre disposition pour étudier avec vous la solution la mieux adaptée à votre cas.

Les tableaux comparatifs : pages 102 et 103 pour les mélangeurs, et pages 122 et 123 pour les vannes, vous aideront à choisir parmi les différents modèles.

quelques rappels

pression relative ou effective dans une enceinte :

C'est la différence entre la pression absolue dans l'enceinte considérée et la pression atmosphérique. La pression effective peut être négative (cas des enceintes sous vide).

unités de pression usuelles :

- 1 Pascal (Pa) = unité légale = 10⁻⁵ bar
- 1 mbar = 10⁻² Pascal
- 1 g/cm² = 0,980665 bar
- 1 mm de mercure = 1,33322 x 10⁻³ bar
- 1 Torr = 0,00394746 bar

débit de gaz :

L'unité de débit utilisée dans ce catalogue est le l/h (ou le l/m), mesuré à 15 °C et 1,013 bar.

Choix du raccord d'entrée d'un mélangeur.

Le type de raccord du robinet de la bouteille est spécifique de la nature du gaz.

Le type de raccord est défini dans le tableau page 17.

Le tableau ci-dessous récapitule les types de raccords à utiliser conformément aux normes de sécurité :

Nature du gaz ou mélanges de gaz	raccord du débiteur type
gaz comprimé	B
combustibles, comburants	C
combustibles autres que l'acétylène	E
oxygène	F
comburants autres que l'oxygène	G
gaz chlorhydrique	J
acétylène	H ou raccord spécial AD à être

voir § raccords page 17, la définition précise de ces raccords.

II - Choix du matériau en fonction de la nature du gaz.

- A : matériaux compatibles avec le gaz.
- B : matériaux pouvant convenir dans certaines conditions d'utilisation (nous consulter)
- C : matériaux à proscrire.

gaz mis en œuvre	principales caractéristiques du gaz	matériaux				
		cuivre	brass	aluminium	acier inoxydable	plastiques
azote	inertes non corrosifs	A	A	A	A	A
argon		A	A	A	A	A
hélium		A	A	A	A	A
néon		A	A	A	A	A
krypton		A	A	A	A	A
xénon	combustibles non corrosifs	A	A	A	A	A
hexafluorure de soufre		A	A	A	A	A
déutérium	combustibles non corrosifs	A	A	A	A	A
hydrogène		A	A	A	A	A
hydrocarbures	combustibles non corrosifs	A	A	A	A	A
oxyde de carbone		A	A	A	A	A
oxygène	combustibles non corrosifs	A	A	B	B	A
protoxyde d'azote		A	A	A	A	A
monoxyde et dioxyde d'azote	combustibles corrosifs	C	C	C	A	A
ammoniac		C	C	C	A	A
hydrogène sulfuré	corrosifs	C	C	A	A	A
anhydride sulfurique		C	C	A	A	A
arsine	faiblement corrosifs	C	B	C	A	A
phosphine		C	B	C	A	A
diborane		C	B	C	A	A
silane		C	B	C	A	A
germane		C	B	C	A	A
hydrogène tétramé	légèrement corrosif en présence d'humidité	B	B	A	A	A
anhydride carbonique		B	B	A	A	A
dichlorosilane	très corrosifs en présence d'humidité	C	C	C	B	A
gaz chlorhydrique		C	C	C	B	A
chlore		C	C	C	B	A
pentafluorure de phosphore		C	C	C	B	A
trifluorure de bore		C	C	C	B	A

Cas de l'acétylène

Pour la mise en œuvre de l'acétylène, le cuivre doit absolument être proscrire.

En effet, la formation d'acétylénures de cuivre peut provoquer des explosions spontanées. La teneur en cuivre des alliages mis en présence d'acétylène doit toujours être inférieure à 70 %. L'argent et le mercure ont les mêmes inconvénients que le cuivre.

En cas de brasure, il convient de s'assurer que les baguettes utilisées contiennent moins de 50 % d'argent.

Cas de l'oxygène

Pour la mise en œuvre de l'oxygène, les corps combustibles et spécialement les corps gras sont présents. En effet, des combustions très vives pouvant prendre l'aspect d'explosions peuvent survenir.

Bibliographie

- [1] — P. T. Houldcroft
" Les procédés de Soudage "
Dunod, Paris, 1971
- [2] — Soudure Autogène Française
guide du soudeur à l'arc
- [3] — A. Campa
" Technologie professionnelle
générale pour les Mécaniciens "
Les éditions Fourcher
- [4] — Henry Granjon
" Soudage et soudabilité "
Techniques de l'Ingénieur

- [5] — Etienne Chapellier
"Le soudage"
Presses universitaires de France
- [6] — SEGOA
"Catalogue general"
- [7] — Barème de soudage autogène
oxyacétylénique
"Prescriptions relatives au
Soudage oxyacétylénique
et aux techniques connexes"
- [8] — Notes de cours du professeur
Znamierowski