

Agos
COMMISSION DES COMMUNAUTÉS EUROPÉENNES — C.E.C.A.

Collection d'hygiène et de médecine du travail — N° 9

LIBRARY

LE TRAVAIL DE LA SOUDURE

Monographie des aspects technologiques
et pathologiques

Réalisée sous l'égide de la
Commission des Communautés européennes

par MM. S. CACCURI et E. FOURNIER
avec la collaboration de
MM. A. BROCKHAUS, H. SYMANSKI et D. VAN ZUILEN

LUXEMBOURG

1969

CECA 724

COMMISSION DES COMMUNAUTES EUROPEENNES — C.E.C.A.

series title

Collection d'hygiène et de médecine du travail — N° 9

LE TRAVAIL DE LA SOUDURE

Monographie des aspects technologiques
et pathologiques

LIBRARY
EUROPEAN COMMUNITY
INFORMATION SERVICE
WASHINGTON, D. C.

Réalisée sous l'égide de la
Commission des Communautés européennes

authors:

par MM. (S. CACCURI et E. FOURNIER)

avec la collaboration de

MM. A. BROCKHAUS, H. SYMANSKI et D. VAN ZUILEN

LUXEMBOURG

1969

SOMMAIRE

Préface	7
Introduction	9
I — Aspects technologiques - Évolution	11
A — Aspects technologiques	11
Électrodes enrobées pour métaux ferreux	12
Conclusion	17
B — Répartition des différents procédés et évolution	27
II — Risques cliniques potentiels	30
A — Gaz de soudure	30
B — Fumées métalliques	33
III — Manifestations cliniques	41
A — Manifestations pulmonaires	41
1) Accidents aigus	41
2) Accidents sub-aigus	42
3) Pneumopathies chroniques	42
Conclusion	48
B — Intoxications	48
1) Fièvre des « fondeurs » et des « soudeurs »	48
2) Intoxications particulières (manganèse, plomb)	49
C — Incidents et accidents oculaires	50
1) Manifestations aiguës	50
2) Manifestations chroniques	51
D — Brûlures, irradiations, accidents électriques	51
E — Affections diverses	52
1) Troubles sanguins	53
2) Troubles digestifs	54
3) Troubles endocriniens	55
4) Troubles du système nerveux	56
5) Affections dentaires	56
6) Affections cutanées	57
7) Affections cardio-vasculaires	57
8) Surdité professionnelle	58
Conclusion	58
IV — Méthodes pratiques de dosage des gaz toxiques	59
— Principes et exécution des pr�lvements	59
— Généralités	59
— Exécution des pr�lvements	60
— Mesures des volumes d'air	60
— Détermination quantitative des substances toxiques	60
V — Prévention et thérapeutique	62
A — Prévention	62

1) Sélection à l'embauche	62
2) Hygiène individuelle	64
3) Règles de prévention vis-à-vis du matériel et des locaux	65
B — Thérapeutique	67
Conclusion	68
Bibliographie	71
— Clinique	71
— Allergie	73
— Dents	73
— Estomac	73
— Foie - Thyroïde	73
— Œil	73
— Poumon	76
— Rhumatisme	78
— Sang	78
— Système neuro-végétatif	79
— Toxicologie	79
— Manganèse	80
— Oxyde de carbone	81
— Saturnisme	81
— Zinc; zinc et cuivre	81
— Accidents	81
— Électriques, traumatiques	81
— Ionisation	82
— Irradiation	83
— Technologie	83
— Hygiène	84
— Sécurité	87
— Hygiène et sécurité	88

PRÉFACE

Le programme quinquennal de « physiopathologie et clinique des affections respiratoires » lancé par la C.E.C.A. en 1965, consacré essentiellement à l'étude des pneumoconioses et de la bronchite chronique, donne lieu à plusieurs recherches sur les effets des gaz et substances nocives et notamment sur les émanations toxiques lors du travail de soudage.

Le travail de soudage joue un rôle sans cesse croissant dans l'industrie; les champs d'application du soudage sont multiples et les techniques, les méthodes et les matériaux varient sensiblement selon le travail à effectuer.

La nature des métaux, la constitution des électrodes, le type de gaz protecteur sont autant d'éléments qui, sous l'action de la température, donnent naissance à des émanations qui, à des degrés divers, sont irritantes ou toxiques pour l'organisme humain.

Le but de la présente monographie reste limité aux aspects technologiques et pathologiques essentiels de la soudure. Ce travail fait le point des connaissances actuelles en cette matière, sur la base des travaux et des publications en provenance des pays de la Communauté et de pays tiers comme le Royaume-Uni et les États-Unis.

Qu'il nous soit permis de féliciter très vivement les auteurs de cet ouvrage, tant pour la part importante réservée aux données techniques que pour les renseignements cliniques et le volume de la bibliographie.

Nos remerciements s'adressent à MM. S. Caccuri et E. Fournier pour leur travail de rédaction et de documentation, ainsi qu'à MM. A. Brockhaus, H. Symanski et D. Van Zuilen qui y ont collaboré.

Nous espérons que cette monographie obtiendra tout le succès qu'elle mérite.

L. LEVI SANDRI

Vice-président

de la Commission des Communautés européennes

INTRODUCTION

La fusion des métaux requiert une température élevée provoquant des modifications physiques et chimiques des éléments en présence au niveau du foyer de fusion. Les dangers inhérents aux procédés de soudage sont de plusieurs ordres. Les brûlures sont provoquées par les gaz enflammés, les retours de flamme, le contact avec les objets portés à une haute température. Les dangers d'explosion et d'incendie au poste de travail sont accrus par la teneur en oxygène de l'air.

Le rayonnement exige des moyens de protection individuels, et les risques d'électrocution une surveillance constante et une isolation rigoureuse.

Au delà des risques d'accident dont la prévention relève essentiellement des mesures de sécurité, il convient d'approfondir les problèmes posés par les émanations gazeuses et particulaires dont la nature et la toxicité dépendent des matériaux solides et gazeux en présence.

La présente monographie rassemble l'essentiel des connaissances du point de vue clinique et toxicologique et des aspects techniques complémentaires, tels que la nature des électrodes et les méthodes de dosage des émanations.

L'importante littérature sur le soudage et sa pathologie est pour une grande part consignée dans la bibliographie rassemblée à la fin de l'ouvrage. Elle devrait compléter utilement ce travail.

Si celui-ci tend en fait à dresser le bilan des résultats obtenus et des connaissances acquises, il doit permettre de dégager pour l'avenir les orientations nouvelles de la recherche à entreprendre ou à intensifier dans ce domaine.

I — ASPECTS TECHNOLOGIQUES - ÉVOLUTION

A — Aspects technologiques

La soudure est une opération de jonction de pièces métalliques et selon qu'on travaille seulement entre pièces de même métal ou au moyen d'un métal d'apport, on distingue une *soudure autogène* et une *soudure hétérogène ou brasure*.

Dans l'un et l'autre cas plusieurs techniques sont possibles, comme on le voit sur le schéma.

Dans la *soudure autogène par fusion*, il y a fusion des parties métalliques à souder au moyen de la chaleur, de manière à obtenir une complète jonction.

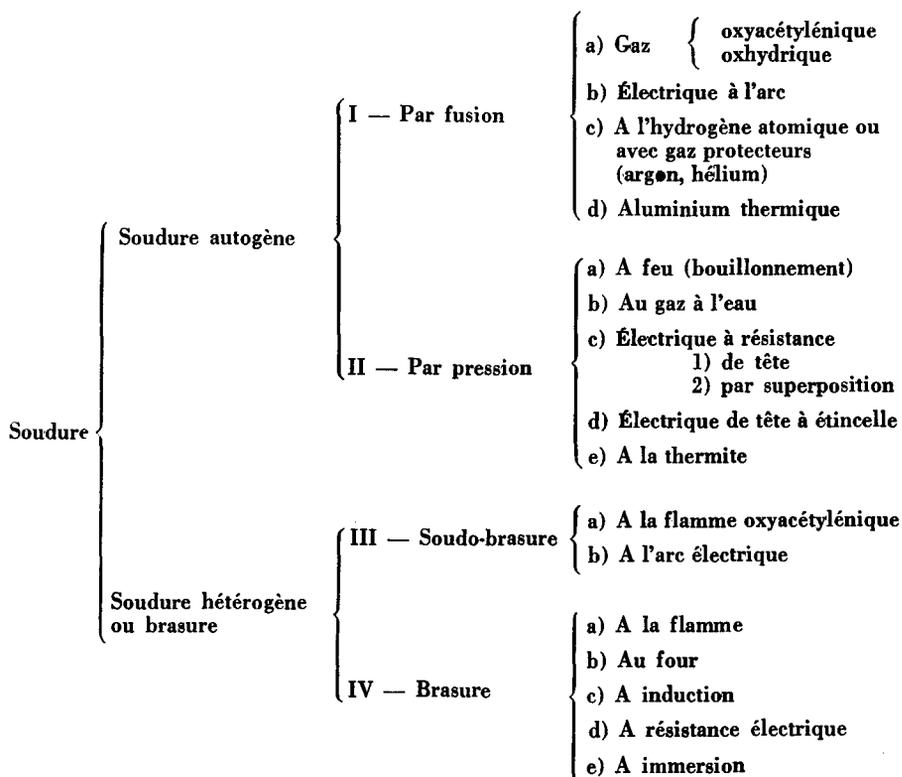
Lorsque l'on fait la *fusion au moyen de gaz*, un chalumeau envoie sur les deux parties à unir l'*oxygène*, qui est le comburant, et l'*acétylène*, l'*hydrogène* ou le *gaz d'éclairage*, etc., qui sont des combustibles (chalumeau oxyacétylénique, chalumeau oxyhydrique, etc.). On peut employer aussi les vapeurs de méthane, d'essence, de benzol, de tétraline, etc., et au lieu de l'oxygène on peut se servir d'air comprimé. Les vapeurs de benzine et de benzol donnent une flamme ayant une température moins élevée.

En général, les deux gaz arrivent dans le chalumeau au moyen de deux petits conduits qui mènent à une chambre de mélange. Les parties métalliques doivent être soudées une fois préparées; on les chauffe fortement au moyen du chalumeau oxyacétylénique jusqu'à obtenir la fusion.

Dans la *soudure électrique à l'arc*, on se sert de l'arc voltaïque avec des électrodes sans revêtement, en employant CO_2 comme gaz de protection. Pour protéger le point de soudure encore mou, on fait arriver de l'acide carbonique (10-20 l/m) (van der Willigen et Defize).

Mais les électrodes sont en général enrobées, car on a vu que, en les employant nues, on se heurte à différents inconvénients: difficulté de l'inflammation de l'arc, de la conservation de l'inflammation, etc. De plus, le métal fondu au contact des gaz du milieu ambiant et surtout de l'oxygène de l'atmosphère subit la formation de composés et particulièrement d'oxydes qui altèrent la soudure elle-même.

Schéma technologique



Électrodes enrobées pour métaux ferreux

Une électrode enrobée se compose d'une *âme métallique conductrice* et d'un *enrobage extérieur*.

La composition de l'âme est choisie en fonction du métal à souder. Pour la soudure de l'acier ordinaire cette âme est en acier non allié ⁽¹⁾ c'est-à-dire ne comportant aucune addition volontaire de métal d'alliage. Pour la soudure d'acier inoxydable, le pourcentage d'éléments d'appoint peut atteindre et dépasser 5 % (aciers alliés).

L'enrobage des électrodes contient un liant (généralement un silicate alcalin), un réducteur ou un oxydant et un fondant.

⁽¹⁾ Selon le projet de norme Afnor 81-309 les éléments autres que le carbone, dans les aciers non alliés, ne doivent pas dépasser les teneurs suivantes :

Manganèse	1,2 %	Silicium	1,0 %	Nickel	0,50 %
Chrome	1,10 %	Molybdène	0,10 %	Vanadium	0,05 %
Titane	0,30 %	Aluminium	0,30 %	Cuivre	0,30 %
Soufre	0,10 %	Phosphore	0,12 %	Tungstène	0,30 %
Cobalt	0,30 %	Divers	0,10 %		

Les caractéristiques chimiques de ces enrobages sont précisées — dans le cas des électrodes à âme d'acier non allié — par une lettre de code de symbolisation « ISO » relatif à ces électrodes. Cette même désignation alphabétique a été reprise dans les projets de normes Afnor A 81-309 de février 1961 dont nous donnons le résumé ci-dessous :

Enrobage de type rutile — symbole R

Composition: grande teneur en oxyde de titane ou en dérivés de cet oxyde.

Enrobage de type basique — symbole B

Définition: le laitier produit présente un caractère métallurgiquement basique. Composition: carbonates alcalino-terreux, spath fluor.

Enrobage de type cellulosique — symbole C

Définition: revêtement organique, métallurgiquement neutre. Composition: cellulose, matières organiques, etc., produisant à chaud une gaine de gaz réducteurs. L'enrobage est rarement utilisé seul, mais souvent associé à l'oxyde de titane.

Enrobage de type acide — symbole A

Définition: le laitier produit présente un caractère métallurgiquement acide. Composition: oxydes de fer, de manganèse, ferro-manganèse et autres désoxydants.

Enrobage de type oxydant — symbole O

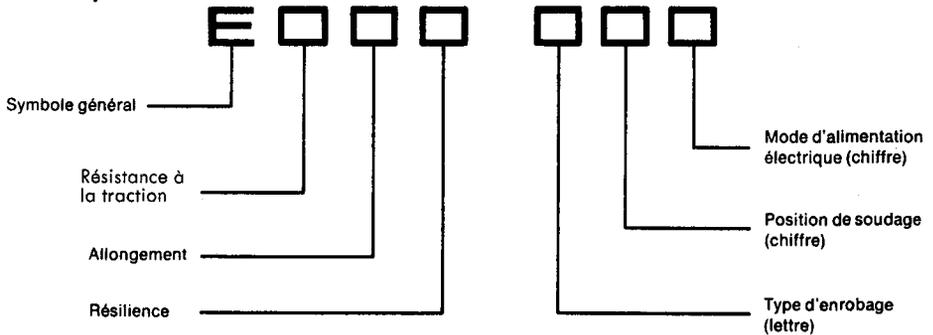
Définition: le laitier a des propriétés métallurgiquement oxydantes. Composition: oxydes de fer, avec ou sans bioxyde de manganèse.

Enrobage de symbole V

Composition ne rentrant pas dans les catégories précédentes.

Dénomination allemande DIN 1913		Normalisation internationale	
	Abréviation	Dénomination	Abréviation
Type au dioxyde de titane	Ti	rutile	R
Type acide minéral	Es	titania	
Type oxydant	Ox	acid	A
Type base calcaire	Kb	oxydizing	O
Type cellulose	Ze	basic	B
Types spéciaux	So	cellulosic	C
		autres types	V

Désignation des électrodes selon la norme Afnor 81-309



Utilisation des électrodes

(en %)

Pays	Types d'électrodes enrobées pour soudure			Types de courants utilisés	
	Acide	Dioxyde de titane	Basique	Courant continu	Courant alternatif
Norvège	30	60	10	40	60
Suède	10	30	60	75	25
Danemark	30	60	10	10	90
Pays-Bas	20	40	40	20	80
Belgique	40	50	10	5	95
Autriche	55	40	5	60	40
Suisse	20	60	20	35	65
Italie	30	60	10	70	30
France	45	45	10	40	60
Angleterre	25	70	5	15	85
Allemagne	40	40	20	50	50
U.S.A.	35	55	10	60	40

Le tableau I montre la répartition en pourcentage des différents types d'électrodes et leurs extensions.

On voit sur ce tableau qu'en Allemagne les électrodes au dioxyde de titane sont de loin en tête (68 %), puis viennent les électrodes mixtes au dioxyde de titane-cellulose (8 %) et les électrodes basiques (12 %), ces dernières étant nettement en accroissement, alors que les électrodes au dioxyde de titane seul-base sont en baisse sensible.

Les autres types d'électrodes représentent moins de 2 % et leur emploi continue à diminuer.

Il est intéressant d'étudier de plus près les trois types les plus importants : type au dioxyde de titane-cellulose, type au dioxyde de titane et électrodes enrobées basiques, et d'étudier leur composition.

TABLEAU I

Production exprimée en pourcentage de la production totale d'électrodes enrobées, en considérant les types de revêtement les plus importants, dans une grande entreprise industrielle de fabrication d'électrodes (base: nombre des pièces) dans les années 1959-1960-1961

	1959	1960	1961
Électrodes à revêtement épais à base de dioxyde de titane	33,19	36,93	38,22
Électrodes à revêtement d'épaisseur moyenne à base de dioxyde de titane	41,11	35,48	30,34
Électrodes à revêtement d'épaisseur moyenne types mixtes au dioxyde de titane-cellulose	3,34	5,77	8,04
Électrodes à revêtement d'épaisseur moyenne du type pur cellulose	1,82	1,83	1,50
Électrodes à revêtement basique	9,40	11,22	12,51
Électrodes à revêtement acide métallique	3,23	2,02	1,94
Électrodes à revêtement oxydant	3,12	1,84	1,69
Électrodes à poudre de fer (électrodes à haute production)	1,53	1,65	2,03
Électrodes à effet thermique profond	0,34	0,24	0,19
Types mixtes de différente nature	2,92	3,02	3,54
	100,00	100,00	100,00

1) *Électrodes au dioxyde de titane* (Type R)

Hummitzsch, dans une publication faite en 1961, a montré qu'une électrode de ce type contenait environ:

- 45 % de rutile (c'est-à-dire de dioxyde de titane)
- 4 % de carbonate de calcium
- 12 % de ferromanganèse
- 20 % de feldspath
- 5 % de cellulose

L'excipient est le silicate de sodium et le silicate de potassium. Dans les impuretés de soudure on retrouve une composition analogue:

- 46 à 54 % de rutile
- 16 à 19 % de SiO₂
- 8 % d'oxyde de fer
- 13 % d'oxyde de manganèse
- 3,2 % d'oxyde de potassium et de sodium

2) *Électrodes basiques* (Type B)

Le même auteur a montré que ces électrodes contenaient:

- 50 % de carbonate de calcium
- 2 % de ferromanganèse

- 20 % de spathfluor
- 10 % de poudre de fer

Ici également la liaison est faite par du silicate de potassium et du silicate de sodium. De plus d'après Zeyen, ce type d'électrode s'écarte considérablement de tous les autres parce que dans son arc électrique existent des rapports réducteurs alors qu'avec tous les autres types d'électrodes enrobées l'atmosphère de l'arc électrique est oxydante.

L'un des principaux composants de l'électrode basique, le spathfluor, est décomposé dans l'arc en acide carbonique et en chaux.

L'acide carbonique protège l'acier liquide contre les gaz de l'air. Les scories obtenues sont basiques non réductrices.

3) *Électrodes cellulosiques* (Type C)

Leurs compositions sont les suivantes :

- dioxyde de titane 10 à 20 %
- suif 10 %
- ferromanganèse 8 %
- cellulose 20 à 35 %

Selon Zeyen la cellulose est transformée pendant la soudure en gaz protégeant le fer contre l'attaque de l'oxygène.

Cependant, en raison de la grande quantité de gaz développé, on n'utilise pas en Europe les électrodes contenant une très grande quantité de cellulose mais un type mixte contenant cellulose et dioxyde de titane.

Dans quelques opérations particulières on emploie des électrodes d'acier, de cuivre et nickel, de fer et nickel, de fer et silicium (Becken et Wirtz); la composition est rapportée dans les tableaux I, III, IV.

Hummitzsch et Hense ont comparé la composition de trois électrodes du même type, mais provenant d'industries productrices différentes, dans lesquelles le contenu des diverses substances (C, Si, Mn) était suffisamment concordant (tableaux V, VI, VII).

Les revêtements des électrodes de soudure ne sont pas homogènes, mais se présentent comme une agglomération de particules de diamètre inférieur à 0,4 mm, réunies par du silicate de potassium ou de sodium (Hummitzsch et Zollenkopf) (tableaux VIII et IX).

A Naples, à l'Aerfer, on a procédé en 1957 (Dr Cascini) à l'analyse spectrographique des revêtements des électrodes (tableau X).

De Pedrini et Varetto ont exécuté à l'usine Fiat de Turin des recherches récentes sur la composition de 54 électrodes employées pour la soudure.

**Composition des revêtements en parties de poids de la masse sèche
(selon Okada et Fukaya)**

	D 4301 Es VIII s	D 4311 Ze VII m	D 4313 Ti VII m	D 4316 Kb IX s	D 4320 Ox VI s	D 4324 Fe Ti VIII	D 4327 Fe Es VIII
Ilmenit	35						
CaCO ₃	6		4	50		2	1
Mn de fer	15 (1)	8 (2)	12 (2)	2 (1)	16 (2)	5 (2)	8 (1)
MnO ₂	5						
SiO ₂	10				20	4	10
Feldspath	16		20		10		4
Amidon	5		2			3	3
Suif	8	10	12		10		4
Cellulose		21	5		3		
TiO ₂ artificiel		11					
Asbeste		11					
Rutile			45			17	
Spathfluor				20			
Silicium de fer				10,5			
Poudre de fer « Farine » de mica				10,0		60	55
Hématite				7,0		10	
Oxyde de fer					30		10
Somme	100	62	100	99,5	89	101	95
Substance							
Na ₂ SiO ₃ adhésive		Na ₂ SiO ₃ K ₂ SiO ₃	Na ₂ SiO ₃ K ₂ SiO ₃	Na ₂ SiO ₃ K ₂ SiO ₃	Na ₂ SiO ₃	Na ₂ SiO ₃ K ₂ SiO ₃	Na ₂ SiO ₃ K ₂ SiO ₃
Diamètre du revêtement	6,0	5,2	5,8	6,4	6,2	8,2	8,0
D ₂ D ₁	1,5	1,3	1,46	1,6	1,56	2,05	2,0

(1) Manganèse de fer à teneur moyenne de carbone (1 % environ).

(2) Manganèse de fer à teneur élevée de carbone (7 %).

Ils ont démontré qu'une électrode contenait 40 % de cuivre, 8 % d'étain, 0,03 % de manganèse et 0,05 de phosphore.

Les ouvriers qui employaient cette électrode avaient des troubles gastriques.

Conclusion

Donc parmi les électrodes à souder employées, il y a 3 types essentiels dont l'évolution future est difficilement prévisible. Il est cependant vraisemblable que le type R (dioxyde de titane) « restera en tête » mais il est possible que les électrodes basiques et celles de type mixte « gagnent du terrain ».

La soudure électrique à l'arc, par méthode manuelle, est la plus utilisée comme le confirme Zeyen qui estime qu'en Allemagne 80 à 90 % des soudures

Composition des déchets des électrodes de soudure

Type d'électrode	K ₂ O	Na ₂ O	CaO	MgO	TiO ₂	SiO ₂	FeO	MnO	CrO	Al ₂ O ₃	CaO SiO ₂
Électrode Ox	0,7	1,0	0,7	5,2	0,3	20,6	53,2	9,6		8,3	0,03
Es VIII s	2,7	0,1	0,9	3,3	0,8	43,0	22,6	22,5		3,8	0,02
Fe Es VIII	2,6	1,2	2,6	2,5	2,0	30,4	23,9	20,3		10,9	0,09
Es/Ti VIII s (type mixte)	2,5	0,3	3,8	4,5	16,0	32,9	17,9	15,1		6,3	0,11
Ti VII m	2,5	0,8	0,4	1,9	49,5	17,4	12,0	11,0		3,5	0,02
Ti VII/Ti VIII s	3,3	0,9	0,7	2,2	45,0	21,8	10,0	10,6		4,7	0,03
Ti VIII s	3,0	0,2	0,9	3,4	38,8	17,7	13,7	13,7		4,4	0,05
Ti VIII s	2,6	0,4	7,5	4,6	25,5	27,5	14,0	12,5		5,4	0,3
Fe VIII s	0,8	1,0	0,6	6,5	42,8	21,8	17,3	9,2		1,6	0,03
Kb IX s/Kb XII s	0,8	1,0	45,2	1,1	4,3	24,0	6,0	4,0		6,0	1,9
Ti (allié avec le molybdène)	2,8	0,2	6,4	4,0	21,5	29,1	12,3	16,7		5,8	0,2
Ti (allié avec le molybdène et le chrome)	2,8	0,3	6,0	3,9	20,8	28,3	13,5	13,2	1,5	6,1	0,2
Tf Ti VIII (électrode à effet thermique profond)	2,4	1,8	0,4	1,7	28,3	28,3	10,2	17,2		5,1	0,01

électriques à l'arc sont effectuées à la main. Cependant, bien que la soudure électrique à l'arc, à la main soit la plus employée, on note une nette tendance à l'extension des procédés mécaniques, en effet, l'accroissement de la production de 1964 par rapport à celle de 1962 est plus importante pour les méthodes mécanisées que pour la soudure à la main.

La soudure automatique à l'arc en atmosphère d'hydrogène atomique ou d'autres gaz protecteurs (argon, hélium) nécessite l'emploi d'électrodes de tungstène entre lesquelles on crée l'arc électrique en présence d'un courant d'hydrogène. Celui-ci en raison de la haute température subit la dissociation atomique.

Si l'on utilise l'argon ou l'hélium, le travail est plus rapide. On emploie

TABLEAU II
Composition des fils nucléaires

Type d'électrode	(en %)									
	C	Si	Mn	P	S	Cu	Cr	Fe	Me	Ni
Électrode d'acier	0,08	traces	0,56	n.d.	0,012	—	0,0	résidu	—	0,0
Électrode de cuivre et de nickel	0,04	0,04	0,81	n.d.	n.d.	32,20	0,0	2,24	—	64,27
Électrode de fer et de nickel	0,07	0,04	0,65	n.d.	n.d.	—	0,0	44,70	—	54,27
Électrode de fer et de silicium	0,07	2,75	0,2	0,009	traces	0,10	0,02	résidu	—	traces

TABLEAU III

Composition de la substance de soudure pure d'une soudure à plusieurs couches

(en %)

Type d'électrode	C	Si	Mn	P	S	Cu	Cr	Fe	Mo	Ni
Électrode d'acier	0,34	0,07	0,18	n.d.	0,014	traces	—	résidu	—	—
Électrode de cuivre et de nickel	0,19	0,08	1,36	n.d.	traces	28,26	—	8,04	—	62,04
Électrode de fer et de nickel	0,89	1,24	1,79	n.d.	0,010	traces	—	42,84	—	52,21
Électrode de fer	3,29	8,04	0,63	n.d.	n.d.	0,09	0,0	résidu	—	0,0

aussi des mélanges d'hydrogène et d'argon, d'argon et d'oxygène (Helmbrecht et Oyler).

Pour la soudure à l'arc on se sert actuellement des procédés suivants: TIG (tungsten inert gas), avec lequel la soudure est effectuée en atmosphère inerte, en général, d'argon, avec électrode de tungstène; MIG (metal inert gas), où on emploie une électrode-fil, également en atmosphère inerte; enfin, il existe une autre méthode où l'on se sert aussi de l'électrode-fil, mais en atmosphère active ou semi-active, de gaz carbonique seul ou mélangé à d'autres gaz.

Un autre type de soudure par fusion est *aluminothermique*, ou à « *la thermitite* » par laquelle la chaleur est obtenue en faisant réagir de l'aluminium et de l'oxyde de fer, en présence de petites quantités de magnésie.

La soudure autogène par pression est obtenue quand les parties à joindre, soumises à l'action de la chaleur, deviennent de consistance molle, de manière que l'on puisse les unir sans aucun matériel d'apport.

Dans cette dernière catégorie on distingue différents types, selon la technique utilisée pour obtenir le ramollissement du matériel: à *feu ou bouillonnement*, où les pièces deviennent plastiques dans le four et sont donc réunies par pression; *au gaz à l'eau* où la haute température est donnée par le gaz à l'eau; *électrique à résistance*, où la source de chaleur est fournie par le courant électrique (et dans ce cas-là on distingue différentes modalités selon la disposition des pièces: à points, en reliefs, à rouleaux ou en ligne).

Dans la *soudure électrique à étincelle* les pièces sont rapprochées et puis tout de suite éloignées, et l'arc se forme; lorsque la température nécessaire a été obtenue, on coupe le courant et les pièces sont rapprochées puis comprimées.

Si l'on suit le procédé aluminothermique (ou à la thermitite), on exerce la pression lorsqu'on a obtenu la plasticité des pièces à souder.

Dans la *soudure hétérogène ou brasure*, la jonction entre les deux pièces se réalise seulement au moyen du matériel d'apport. On distingue ainsi une

TABLEAU IV

Analyse des revêtements des électrodes employées

(en %)

Type d'électrode	SiO ₂	FeO ₂	Mn	Fe	Fe ₂ O ₃	Al ₂ O ₃	CaCO ₃	CaO	CaFe	MgCO ₃	MgO	BaCO ₃	Na ₂ O	K ₂ O	C libre	humidité	Ni	Al
Électrode d'acier	4,7	3,1	4,2	0,4	3,2	1,3	23,7	0,2	22,1	1,5	1,5	24,8	1,5	n.d.	3,8	1,0	n.d.	n.d.
Électrode de Cu et de Ni	8,15	tr.	—	0,4	4,8	1,3	21,2	—	11,1	0,3	0,1	34,5	1,15	—	10,65	1,5	n.d.	n.d.
Électrode de fer et de Ni	11,15	tr.	2,9	0,5	0,9	3,1	24,5	0,1	7,5	0,8	0,7	22,4	2,2	0,9	12,4	1,8	6,0	n.d.
Électrode de Fe et de Si	38,75	3,25	1,45	0,45	7,2	3,45	1,1	—	n.d.	6,1	0,4	n.d.	3,5	1,8	29,0	2,65	n.d.	n.d.

tr. = traces.

n.d. = non déterminé.

TABLEAU V

Données sur les électrodes du programme d'expérience

Dénomination	Type selon Din 1913	Analyse du matériel de soudure			Valeurs mécaniques de qualité		
		C %	Si %	Mn %	σ nS kp/mm ²	σ nB kp/mm ²	δ 5 %
A ₁	TiVII m	0,07	0,28	0,50	43-47	49-53	22-27
A ₂		0,07	0,30	0,50	n.d.	47-54	22-27
A ₃		0,07	0,30	0,50	42-47	48-52	22-27
B ₁	TiVIII s	0,08	0,20	0,55	38-42	44-48	26-32
B ₂		non connue			41-50	46-50	25-30
B ₃		0,07	0,20	0,55	36-42	45-50	25-33
C ₁	TiVIII s	0,10	0,25	0,55	33-37	46-48	25-30
C ₂		0,08	0,25	0,60	38-44	48-53	25-30
C ₃		0,08	0,20	0,55	34-48	46-50	25-30
D ₁	TiVIII s	0,08	0,32	0,50	44-47	50-55	21-25
D ₂		0,07	0,30	0,50	42-46	52-58	24-26
D ₃		0,08	0,30	0,50	42-46	50-56	22-26
E ₁	TiVIII s	0,06	0,45	0,65	45-51	52-60	18-24
E ₂		0,08	0,40	0,60	n.d.	50-53	27-36
E ₃		non connue			45-50	56-60	25-30
F ₁	EsVIII s	0,09	0,15	0,50	32-36	46-48	25-30
F ₂		0,06	0,07	0,45	42-44	49-52	25-27
F ₃		non connue			n.d.	48-50	25-30
G ₁	FeTiVIII	0,08	0,35	0,60	35-39	43-46	28-32
G ₂		0,07	0,30	0,65	38-42	46-49	25-30
G ₃		non connue			38-40	48-50	28-32
H ₁	Kb IX s	0,06	0,50	0,95	42-46	48-52	29-33
H ₂		non connue			40-45	50-55	28-30
H ₃		0,07	0,45	0,90	40-46	50-54	28-32

soudo-brasure et une *brasure* proprement dite. Dans la première, les deux pièces, même différentes, se joignent en employant un matériel d'apport constitué en général de laiton au silicium qui, fondu, provoque la jonction des parties qui sont aussi réchauffées.

Dans la brasure, on obtient seulement la fusion du métal d'apport qui réussit ainsi à pénétrer entre les deux parties, en les soudant. On en distingue différents types, selon la manière avec laquelle on a obtenu l'échauffement du matériel d'apport: *au chalumeau oxyacétylénique*; *au four* (surtout avec un four électrique à *induction* où l'on emploie des courants induits); à *résistance électrique*, à *immersion*, dans laquelle la pièce à souder est plongée dans un bain.

De plus, on distingue les soudures « constructives » de celles de « réparation » (Molfino). On pratique les premières lorsque les pièces à souder servent à construire des wagons, des automobiles, des navires, etc. Dans les réparations, au contraire, on a recours à la soudure lorsqu'on porte du matériel fondu au niveau de parties défectueuses qui acquièrent ainsi un état parfait.

TABLEAU VI
Analyse chimique des revêtements

(en %)

Désignation	SiO ₂	Mn	Fe	FeO	FeO ₂	Al ₂ O ₃	TiO ₂	CaO	MgO	K ₂ O	Na ₂ O	CaF ₂	CO ₂	Organique
A ₁	16,7	9,0	2,4	—	0,4	5,9	51,0	0,6	0,4	2,2	1,5	—	1,0	6,0
A ₂	18,8	8,6	2,3	—	0,4	7,4	47,5	1,4	1,0	3,2	0,5	—	1,8	5,7
A ₃	21,0	8,1	9,2	—	0,7	6,0	44,5	0,7	tr.	3,0	0,5	—	0,6	5,7
B ₁	21,4	10,1	8,6	—	0,9	6,0	24,2	5,7	6,6	2,0	0,5	—	12,6	1,1
B ₂	18,5	10,8	2,4	—	0,6	5,7	33,9	8,5	4,2	2,1	0,9	—	11,0	0,9
B ₃	22,4	10,7	2,6	—	0,9	7,1	31,5	6,9	4,3	2,1	0,7	—	10,0	0,5
C ₁	24,7	11,9	2,9	—	0,4	5,4	27,8	0,9	10,2	3,1	0,4	—	11,4	0,7
C ₂	25,1	12,9	3,2	2,5	5,1	2,5	21,6	2,8	10,4	2,3	tr.	—	11,7	0,3
C ₃	24,5	14,2	3,5	2,5	5,0	3,4	23,2	1,5	8,6	1,5	tr.	—	10,3	0,3
D ₁	19,4	7,6	2,5	6	tr.	5,7	46,8	4,9	0,5	2,5	0,5	—	4,3	1,9
D ₂	19,5	7,7	2,0	—	0,4	4,7	50,0	4,3	0,1	1,5	0,4	—	4,6	2,0
D ₃	20,0	10,6	2,5	—	tr.	7,4	47,7	4,4	tr.	1,7	0,3	—	3,5	2,4
E ₁	15,9	11,4	2,8	—	10,6	5,7	53,0	1,7	tr.	2,7	tr.	—	1,4	5,8
E ₂	21,4	7,8	3,6	—	tr.	3,3	46,6	0,7	0,6	4,5	0,2	—	1,5	9,8
E ₃	15,4	12,0	12,4	—	tr.	7,9	48,0	0,9	0,5	2,6	0,6	—	1,4	6,0
F ₁	30,6	18,0	4,5	9,0	18,0	4,3	0,5	1,5	4,8	3,5	0,6	—	5,8	—
F ₂	32,4	19,1	4,2	7,2	20,1	4,2	tr.	—	5,4	4,1	0,7	—	5,8	—
F ₃	23,1	13,4	3,7	4,0	10,4	3,1	20,1	1,8	2,2	3,2	0,5	—	4,0	0,5
G ₁	11,6	8,0	57,0	—	0,3	2,3	16,0	1,1	tr.	2,6	2,4	—	tr.	0,9
G ₂	11,9	6,1	55,8	—	tr.	2,3	18,1	2,0	tr.	2,4	0,7	—	tr.	0,7
G ₃	13,6	7,0	57,4	—	tr.	2,8	15,1	1,0	tr.	2,3	0,8	—	0,8	0,4
H ₁	10,8	3,3	27,5	tr.	tr.	0,9	6,0	14,0	tr.	2,7	tr.	30,0	11,0	0,6
H ₂														
H ₃	10,6	2,7	27,0	tr.	tr.	1,0	6,5	15,5	tr.	2,5	tr.	23,1	12,2	1,0

TABLEAU VII

Composition des déchets de soudure, ramenée à 100%

(en %)

Désignation	SiO ₂	TiO ₂	MnO	FeO	Al ₂ O ₃	CaO	CaF ₂	MgO	Na ₂ O	K ₂ O
A ₁	16,42	51,90	12,30	9,75	3,46	0,79	—	0,38	2,86	2,47
A ₂	15,90	52,10	9,53	10,45	4,91	1,19	—	0,98	1,90	2,95
A ₃	17,72	51,60	12,38	7,62	5,48	0,63	—	0,11	1,25	3,08
B ₁	21,30	30,00	14,90	9,04	4,26	7,20	—	9,34	1,17	2,29
B ₂	14,98	35,80	13,88	9,24	3,78	7,15	—	10,70	1,05	3,18
B ₃	16,98	33,80	14,10	8,42	5,10	7,72	—	10,20	1,16	2,34
C ₁	25,28	30,92	15,78	8,60	3,76	1,81	—	10,52	1,09	2,33
C ₂	28,20	26,45	16,45	11,41	3,72	4,24	—	7,00	0,74	1,84
C ₃	27,55	26,20	19,45	11,45	2,13	2,39	—	—	—	—
D ₁	19,72	46,70	14,28	8,72	3,07	3,43	—	0,38	1,76	1,83
D ₂	14,95	54,10	13,42	8,16	2,38	4,13	—	1,00	1,20	1,78
D ₃	21,40	47,60	13,15	6,65	2,69	3,84	—	—	1,77	2,19
E ₁	16,55	52,20	13,70	8,78	3,18	0,96	—	—	2,68	1,67
E ₂	17,00	50,90	22,30	8,80	2,75	0,67	—	0,57	4,80	1,85
E ₃	15,20	50,80	13,10	8,20	4,30	1,05	—	0,50	1,40	5,10
F ₁	27,80	3,13	30,55	22,65	5,01	2,81	—	5,20	0,25	2,54
F ₂	29,80	2,66	31,10	20,86	0,38	1,47	—	10,95	1,30	2,05
F ₃	28,40	25,10	20,05	11,77	1,76	3,68	—	5,50	1,45	2,30
G ₁	15,00	40,00	20,40	10,40	4,60	0,65	—	0,61	2,10	5,22
G ₂	21,90	35,70	17,77	9,81	6,30	1,34	—	1,05	1,93	3,26
G ₃	16,64	44,70	16,05	8,23	5,22	0,54	—	1,00	1,71	5,62
H ₁	18,70	9,20	3,60	2,82	1,65	26,10	35,3	—	1,31	1,42
H ₂	20,20	12,90	3,54	2,85	1,30	29,49	25,8	—	2,20	1,72
H ₃	20,50	10,80	3,57	3,40	3,40	30,82	28,0	—	1,31	1,60
U ₁	30,40	1,37	27,50	8,43	21,40	10,70	—	—	0,32	0,66
U ₂	13,50	10,05	20,40	3,01	22,60	3,07	—	0,86	0,09	0,36

TABLEAU VIII

Composition chimique des revêtements

(en %)

Electrode	TiO ₂	FeMn	Fe	CaCO ₃	CaF ₂	Fe ₃ O ₄	Silicate
Ti VII m	50	12	—	1	—	—	20
Ti VII s	30...55	15	3	3	—	—	20...40
FeTi VIII	15	10	55	4	—	—	12
Es VIII s	2	22	—	5	—	30	30
Kb IX s	5	4	25	30	30	—	5

La soudure est désormais très répandue et a remplacé presque entièrement le rivetage.

Dans la fabrication de réservoirs, dans la construction de ponts métalliques, dans les conduites forcées, la soudure trouve désormais un emploi très grand. Et les différentes méthodes trouvent leur application dans les diverses opérations. Ainsi, par exemple, la soudure autogène par fusion alumin-

thermique est utilisée pour unir les rails des chemins de fer; elle est aussi largement employée dans l'industrie minière allemande (Beck) pour la réparation et la manutention des différentes machines.

Dans la construction des navires on suit également différentes méthodes de soudure; à l'arc court, à l'arc à immersion avec bombardement d'électrons, à points dans un champ d'ultra-sons, dans un champ magnétique (Bergtholdt), etc., comme on le pratique dans la marine.

La composition chimique des déchets de soudure en diffère un peu. Les données se trouvent dans le tableau suivant :

TABLEAU VIII bis
Composition chimique des déchets de soudure

(en %)

Électrode	TiO ₂	SiO ₂	FeO	MnO	CaO	K ₂ O + Na ₂ O	CaF ₂
Ti VII m	54,8	16,5	8,3	13,3	0,4	3,1	—
Ti VIII s	46,7	19,7	8,7	14,3	3,5	3,2	—
FeTi VIII	40,0	15,0	10,4	20,4	0,6	7,3	—
Es VIII s	3,2	31,8	22,6	30,3	2,8	2,8	—
Fe Es VIII	18,4	35,9	11,1	15,3	0,7	3,2	—
Kb IX s	9,2	18,7	2,8	3,6	26,1	2,8	39,3

TABLEAU IX

Aerfer
Mod. D
Approbation du matériel : revêtement des électrodes
Provenance: S.M. Pozzuoli

Date: 4 février 1957

Description de l'épreuve	Caractéristiques spécifiques
--------------------------	------------------------------

De l'analyse spectrographique qualitative résultaient les éléments suivants :

Ferroloïd n° 1	Ca-Al-Na-Cu-Mn-Mg-Fe-Si-Mo-B
Ferroloïd n° 2	Ca-Al-Ti-Na-Cu-Mn-Mg-Fe-Si-Mo
Castelin n° 2102	K-Al-Na-Mg-Si
Bronzoïd n° 2102	Ca-Al-Na-Cu-Si-Mg-Fe-Mn-B
Novocito	Ca-Ti-Cu-Si-Mg-Fe-Mn-Mo
Csrend/L/S	Ca-Al-Na-Cu-Si-Mg-Fe-Mn-Mo
PH 18	Si-Mn-Ca-Ti-Cu-Mg-Fe
PH 46	Si-Cr-Mn-Ca-Ti-Cu-Mg-Fe
PH 50	Si-Cr-Mn-Ni-Ca-Al-Ti-Mo-Cu-Mg-Fe-Mo
PHRSP	Si-Cr-Mo-Mn-Ni-Ca-Al-Ti-Na-Cu-Mg-Fe
PH 55	Si-Cr-Mo-Mn-Ca-Al-Ti-Cu-Mg-Fe
PH 68	Si-Cr-Mo-Mn-Ca-Al-Ti-Cu-Mg-Fe
Fox-Ledurit	Si-Mn-Al-Ti-Cu-Mg-Fe
Fox-W-K-Z-50	Si-Al-Ti-Cu-Mg-Fe
Fox-A-7	Si-Cu-Al-Mn-Mg-Cu-Fe
H-T-W-90	Ca-Al-Ti-Cu-V-Mn-Mg-Fe-Si
H-T-W-70 Leas	Pb-Ca-Al-Ti-Cu-Mn-Mg-Fe-Si-Cr-Mo

TABLEAU X

N°	Électrodes		Métal de base
	Dénomination	Organisation	
1	Arc Normal 223421-P.41-Oget- \varnothing 2 \times 300	OSA	Fe
2	Fil plaqué cuivre - Soudure Closs - \varnothing 1,6	OSA	Fe
3	Arc Normal 223425 - \varnothing 2,5 \times 300 -P41-Oget	OSA	Fe
4	Arc Normal 223432 - \varnothing 3,25 \times 450 - P41-Oget	OSA	Fe
5	Arc Normal 223440 - \varnothing 4 \times 450 - P41-Oget	OSA	Fe
6	Arcos Normal 900004 - \varnothing 4 \times 300 - Cromeb - EB	OSA	Fe
7	Arcos type Cavend-Cal-12 - \varnothing 2,5	Mat. Fer	Fe
8	Arcos type Cavend-Cal 8 - utilisation standard \varnothing 4	"	Fe
9	Arcos type Cavend-Cal 10 \varnothing 3,25	"	Fe
10	Sidérothermique type Cytobasique Cal 8 \varnothing 4	"	Fe
11	Sidérothermique type Cytobasique Cal 10 \varnothing 3,25	"	Fe
12	Sidérothermique type Cytobasique Cal 6 \varnothing 5	"	Fe
13	Sidérothermique type Cytobasique Cal 12 \varnothing 2,5	"	Fe
14	Arcos type Cavend - Cal 14 \varnothing 2	"	Fe
15	Terre pour soudure à l'arc submergé - Vierge	"	—
16	Matériau pour soudure à l'arc submergé - Usagé	"	—
17	Philips 600 - \varnothing 2,5	Auto	Fe
18	Philips 600 - \varnothing 3,25	"	Fe
19	Philips 801 - \varnothing 4	"	Ni
20	Castolin EL - \varnothing 4 taille 1	"	Fe
21	Castolin 2/24 \varnothing 4	"	Ni
22	Arcos Reformed F. 375/223332 - \varnothing 3,25	"	Fe
23	Arcos Veloxend E 375/223226 - \varnothing 2,6	"	Fe
24	OK - \varnothing 6 - Esab 48	"	Fe
25	OK - 48 \varnothing 4 - Esab 375/223940	"	Fe
26	Sidérothermique type rapide \varnothing 2,5 /223526	"	Fe
27	Sidérothermique type Citobronz P \varnothing 4	"	Cu
28	Sidérothermique type Diamas B 120 \varnothing 2,5	"	Fe
29	Sidérothermique type Diamas B 120 \varnothing 3,25 375/223540	"	Fe
30	Sidérothermique type Citoflex - \varnothing 2,5	"	Fe
31	Sidérothermique type Citoflex - \varnothing 3,25	"	Fe
32	Sidérothermique type Citoflex - \varnothing 4	"	Fe
33	Sidérothermique type Citomar - \varnothing 2,5	"	Fe
34	Sidérothermique type Citomar - \varnothing 3,25	"	Fe
35	Sidérothermique type Citomar - \varnothing 4	"	Fe
36	Esab OK-H6 - \varnothing 2,5	"	Fe
37	Esab OK-H6 - \varnothing 3,25	"	Fe
38	Esab OK 48 - \varnothing 2,5 375/223926	"	Fe
39	Esab OK 48 - \varnothing 3,25 375/223933	"	Fe
40	Oget P41 - \varnothing 5	"	Fe
41	Oget P41 - \varnothing 6	"	Fe
42	Oget P41F - \varnothing 2 223420	"	Fe
43	Oget P41F - \varnothing 3,25 375/224332	"	Fe
44	Oget P41 - \varnothing 4 223440	"	Fe
45	Oget P41S - \varnothing 2,5 375/223424	"	Fe
46	Oget P310 - \varnothing 2,5 375/223625 Inox	"	Fe
47	Oget P310 - \varnothing 3,25 375/223632 Inox	"	Fe
48	Universal - UPT - 8G \varnothing 4	"	Ni
49	SIMA - Électrode pour arc \varnothing 4	SIMA	Fe
50	SIMA - Électrode rapide pour arc \varnothing 5	"	Fe
51	Grands Moteurs Électrode Inconel 182	Gr. Mot.	Ni
52	Grands Moteurs Électrode Citoxid 35/15	"	Ni
53	Grands Moteurs Électrode Ni	"	Ni
54	Grands Moteurs Grieshem - Grim 7	"	Ni

Electrodes pour soudure

Métal		Revêtement		
Autres éléments		Composition quantitative	Mn %	Teneur en fluor
Mn = 0,52	Si = 0,1	Si-Na-K-Ti-Mg-Mn-Fe	Mn = 6,43	Nulle
Mn = 1,56	Si = 0,92	—	—	—
Mn = 0,48	Si = 0,1	Si-Na-K-Ti-Mg-Mn-Fe	—	Nulle
Mn = 0,46	Si = 0,1	Si-Na-K-Ti-Mg-Mn-Fe	—	"
Mn = 0,43	Si = 0,1	Si-Na-K-Ti-Mg-Mn-Fe	—	"
Ni = 9,40	Cr = 18	Si-Na-Ti-K-Al-Mg-Mn	Mn = 4,34	Légère
Mn = 0,52	Si = 0,1	Si-Na-Ti-K-Mg-Mn-Fe	—	Nulle
Mn = 0,46	Si = 0,1	Si-Na-Ti-K-Mg-Mn-Fe	—	Nulle
Mn = 0,48	Si = 0,1	Si-Na-Ti-K-Mg-Mn-Fe	—	"
Mn = 0,45	Si = 0,1	Si-Ca-Na-K-Al-Mg-Ti-Mn-Fe	Mn = 2,65	Légère
Mn = 0,38	Si = 0,1	Si-Ca-Na-K-Al-Mg-Ti-Mn-Fe	—	Faible
Mn = 0,42	Si = 0,1	Si-Ca-Na-K-Al-Mg-Ti-Mn-Fe	—	Légère
Mn = 0,48	Si = 0,1	Si-Ca-Na-K-Al-Mg-Ti-Mn-Fe	—	Légère
Mn = 0,58	Si = 0,1	Si-Na-Ti-K-Mo-Mn-Al	—	Nulle
—	—	Mn-Si-Pb-Mo-Al-Fe-Ca-Cu-Ba-As	Mn = 28,60	Nulle
—	—	Mn-Si-Pb-Mo-Al-Ca-Cu-Ba-As	Mn = 28,65	"
Mn = 0,53	Si = 0,1	Si-Na-K-Ti-Mg-Mn-Fe	—	"
Mn = 0,55	Si = 0,1	Si-Ca-Na-K-Mg-Al-Mn-Fe-Ti	Mn = 1,36	Considérable
Ni puro	—	Si-K-Mg-Na-Mn-Al-Ti-Fe	—	Élevée
Mn = 0,35	Si = 0,1	Si-Fe-K-Na-Ti	—	Légère
Ni puro	—	Si-Ca-Ba-Ti-Mg-Al-Mn-Fe	—	Nulle
Mn = 0,46	Si = 0,1	Si-Na-K-Mn-Ti-Mg	Mn = 4,39	Nulle
Mn = 0,50	Si = 0,1	Si-Na-K-Mn-Mg-Ti	—	"
Mn = 0,54	Si = 0,1	Si-Ti-Ca-Mg-K-Mn-Na	—	Faible
Mn = 0,50	Si = 0,1	Si-Ti-Ca-Mg-K-Mn-Na	—	Légère
Mn = 0,50	Si = 0,1	Si-Ma-K-Al-Mg-Ti-B-Mn-Fe	—	Nulle
Sn = 8 Mn = 0,03 P = 0,05	—	K-Na-Al-Ca-Si-Mn-Ti-Mg-Fe	—	Élevée
Mn = 0,44	Si = 0,1	K-Na-Al-Ca-Si-Mn-Ti-Mg-Fe-V	Mn = 1,81	Nulle
Mn = 0,44	Si = 0,1	K-Na-Al-Ca-Si-Mn-Mg-Ti-Fe-Mo	—	Légère
Mn = 0,42	Si = 0,1	Si-Ti-Fe-Na-Mn-Mg	—	Légère
Mn = 0,42	Si = 0,1	Si-Ti-Fe-Na-Mn-Mg	—	Nulle
Mn = 0,44	Si = 0,1	Si-Ti-Fe-Na-Mn-Mg	—	Nulle
Mn = 0,42	Si = 0,1	Si-Ti-Na-Mn-Fe-V-Mg	—	"
Mn = 0,40	Si = 0,1	Si-Na-Ti-K-Mn-Mg-Fe-Mo-V	—	"
Mn = 0,34	Si = 0,1	Si-Na-Ti-K-Mn-Mg-Fe-Mo-V	—	"
Mn = 0,48	Si = 0,1	Si-Ti-K-Ca-Mo-Na-Mn-Mg-Fe-V	Mn = 1,91	Notable
Mn = 0,42	Si = 0,1	Si-Ti-K-Ca-Mo-Na-Mn-Mg-Fe-V	—	Élevée
Mn = 0,46	Si = 0,1	Si-Ti-K-Ca-Na-Mn-Mg-Fe	—	Nulle
Mn = 0,42	Si = 0,1	Si-Ti-K-Ca-Na-Mn-Mg-Fe	—	Notable
Mn = 0,53	Si = 0,1	Si-Na-Ti-Mg-K-Mn-Fe-Mo-V	—	Nulle
Mn = 0,52	Si = 0,1	Si-Na-Ti-Mg-K-Mn-Fe-Mo-V	Mn = 5,92	"
Mn = 0,48	Si = 0,1	Si-Na-Ti-Mg-K-Mn-Fe-Mo-V	—	"
Mn = 0,50	Si = 0,1	Si-Na-Ti-Mg-K-Mn-Fe-Mo-V	—	"
Mn = 0,50	Si = 0,1	Si-Na-Ti-Mg-K-Mn-Fe-Mo-V	—	"
Mn = 0,57	Si = 0,1	Si-Na-Ti-Mg-K-Mn-Fe-Mo-V	—	"
Ni = 18	Cr = 21	Si-Na-Mg-K-Fe-Mo-V	—	"
Ni = 18	Cr = 21	Si-Na-Mg-K-Fe-Mo-V	—	"
Lega Monel-Ni 60 Cu 40	—	Si-Mg-Na-Ca-Ba-Mn-Fe	—	Notable
Mn = 0,42	Si = 0,1	Si-Na-K-Mn-Mg-Fe-Mo-V	—	Nulle
Mn = 0,54	Si = 0,1	Si-Na-K-Mn-Mg-Fe-Mo-V	Mn = 9,64	"
Lega Inconel 182	—	Mn-Fe-Cr-Mg-Na-Si	—	Élevée
Ni puro	—	Mn-Fe-Cr-Mg-Na-Si	—	Notable
Ni = 75	Fe = 25	Ca-Mg-Ba-Na-Mn-Fe-Al-Si	—	Nulle
Cr 15 Mn 18 Ti 0,2 Nb 3 Fe 5	—	Ca-Mn-Na-Mo-Ti-Fe-Si-Mg	Mn = 7,70	Élevée

B — Répartition des différents procédés et évolution

L'extension des procédés de soudure peut tout d'abord être appréciée sur les dépenses relatives à l'achat et au fonctionnement des appareils correspondants.

Les tableaux XI et XII montrent qu'aux U.S.A., en 1961, les dépenses se sont élevées à 72,8 % pour la soudure au gaz et le découpage à chaud, à 23,3 % pour la soudure à l'arc électrique et à 3,9 % pour la soudure par résistance.

Ce tableau a été tiré d'une publication montrant que, de loin, la plus grande partie des frais faits pour la soudure au gaz et le découpage à chaud concerne le découpage à chaud, alors qu'aux États-Unis comme en Europe la soudure au gaz n'est encore utilisée que pour la soudure des tôles minces des tubes pour les charpentes et gros œuvres.

TABLEAU XI

Montants dépensés pour les frais de soudure aux U.S.A.

(en millions de dollars)

Procédés de soudure	1956	1957	1958	1959	1960	1961
Soudure et découpage au gaz	605	629	630	737	835	851
Soudure à l'arc électrique	251	247	220	271	255	271
Soudure à résistance	74	68	52	60	54	46
Total	930	944	902	1068	1144	1168

Sur le tableau XIII, on peut opposer la production exprimée en millions de DM (pour l'Allemagne) concernant les appareils autogènes avec accessoires (105,6) à la production de machines électriques avec accessoires (170,0).

De même on peut opposer les dépenses faites pour les électrodes de soudure (214,2) à celles faites pour les électrodes de soudure à oxygène et à acétylène (248,1).

En raison de la forte différence du prix d'achat d'un appareil autogène et, par exemple, d'une machine à souder à électrodes, les chiffres indiqués ne peuvent que donner une première impression sur la fréquence des procédés de soudure rencontrés.

Le tableau XII permet également de faire la comparaison entre les prix des électrodes de soudure à arc électrique et des électrodes de soudure au gaz.

Par exemple, aux États-Unis en 1961, 13 % du budget total (concernant la soudure) furent dépensés pour les électrodes à arc électrique et 1,6 % pour les accessoires et les fils à souder de la soudure au gaz. La comparaison de la

TABLEAU XII
Dépenses effectuées en 1961 aux U.S.A. pour le matériel de soudure

(en %)

	Total						Détail						
Soudure à l'arc électrique	23,27	[22,25]	(25,36)										
Machines				21,53	[22,66]	(18,96)							
Électrodes				56,21	[55,71]	(60,94)							
Accessoires				7,03	[7,21]	(7,50)							
Argon et hélium				15,23	[14,42]	(12,60)							
Soudure au gaz et découpage à chaud	72,84	[73,03]	(69,02)										
Oxygène							52,55	[48,03]	(41,29)				
Acétylène							40,29	[44,45]	(49,93)				
Appareils							4,92	[5,15]	(5,79)				
Accessoires et fils de soudure							2,24	[2,33]	(2,99)				
Soudure de résistance	3,89	[4,72]	(5,62)										
Machines										80,79	[75,93]	(77,10)	
Appareils de contrôle										8,42	[7,82]	(8,97)	
Électrodes										10,79	[16,25]	(13,93)	
Total	100	[100]	(100)	(100)									

Les chiffres entre crochets se rapportent à l'année 1960, ceux entre parenthèses à l'année 1959.

TABLEAU XIII

Production de l'industrie de la soudure : Allemagne 1963-1964

	Production (en millions de DM)		Accroissement (en %) 1963-1964	Part (en %) 1964
	1963	1964		
a)				
Industrie de la soudure (sans gaz)				
Sources de la chaleur de soudure	58,6	66,9	+ 14,3	13,7
Machines à souder à résistances	40,5	52,1	+ 28,8	10,6
Machines automatiques électriques à souder	7,0	11,1	+ 58,8	2,3
Autres machines électriques à souder	9,4	16,4	+ 74,5	3,3
Somme des machines électriques à souder	115,5	146,5	+ 26,9	29,9
Accessoires électriques à souder et pièces détachées	22,1	23,5	+ 6,3	4,8
Électrodes à souder	196,75	214,2	+ 8,9	43,7
Outils et machines autogènes } Accessoires autogènes }	90,96	105,6	+ 14,0	21,6
Barres de soudure	?	?	—	—
b)				
Gaz de soudure, découpage et protection				
Oxygène	127,2	142,2	+ 11,8	—
Acétylène	98,3	105,9	+ 17,8	—
Gaz rares (argon, hélium et autres)	25,8	27,1	+ 5,1	—
c)				
Barres de soudure (en 1000 t)	6,3	6,5	+ 3,2	5,2
Électrodes en barres (en 1000 t)	92,9	101,1	+ 8,8	80,3
Électrodes en fils et fils (en 1000 t)	?	18,2	?	14,5

masse d'acier utilisée en soudure par les différents procédés permet une meilleure appréciation.

Le tableau XIII montre qu'en Allemagne, en 1964, 101.100 tonnes furent utilisées pour la fabrication des électrodes en barres et 18.200 tonnes pour fabriquer des électrodes à fils et des fils.

En résumé, selon les auteurs allemands, on peut dire que parmi les procédés de soudure, la soudure électrique à l'arc (manuelle) a trouvé une grande application et que les développements à prévoir modifieront peu la situation actuelle.

II — RISQUES CLINIQUES POTENTIELS

La pollution de l'atmosphère est nocive à la santé de l'ouvrier soudeur et peut être la cause de différentes affections: intoxications, maladies pulmonaires, fièvre des soudeurs (cf. plus loin). Cette pollution a plusieurs origines (Granjon) :

- la source de chaleur (flamme ou arc),
- la volatilisation des métaux fondus et du métal d'apport,
- la fusion et la volatilisation des flux et des enrobages,
- la combustion des produits recouvrant les métaux sur lesquels s'effectuent les travaux.

A — Gaz de soudure

Ou bien ces gaz résultent de la combustion de l'acétylène (chalumeau oxyacétylénique) ou bien ils sont formés à partir de l'oxygène ou de l'azote atmosphérique.

1) Parmi les oxydes d'azote toxiques il faut considérer essentiellement le peroxyde d'azote (NO_2); mais en général la quantité qui se forme est peu importante; inférieure à la concentration maximale admissible, sauf peut-être avec électrodes de tungstène: dans ce cas, le peroxyde d'azote se formerait en assez grande quantité et pourrait entraîner des pneumopathies chimiques parfois sérieuses, voire un œdème pulmonaire. Les troubles ne se manifestent pas tout de suite, mais après un délai de quelques heures ou de quelques jours.

Les quantités de vapeurs nitreuses produites augmentent quand la tension croît, ainsi que l'ampérage.

La présence de monoxyde d'azote (NO) et de bioxyde (NO_2) est en relation avec la température (Molfino, Großkopf), car le bioxyde se décompose à haute température en NO et O_2 ; au contraire, avec le refroidissement, on obtient à partir du monoxyde de petites quantités de bioxyde.

Selon Symanski, le danger pratique d'intoxication par gaz nitriques est cependant très rare et ne se présente pas dans les conditions normales de travail.

La concentration maximum en bioxyde d'azote (NO₂) autorisée aux U.S.A. est de 5 parties par million (ppm), soit 9 mg par m³ d'air. Des taux beaucoup plus importants sont seuls capables de déterminer des accidents pulmonaires. Il n'a pas été trouvé par les auteurs français de taux dangereux aux divers postes de travail étudiés (cf. tableau XIV).

2) *L'ozone* qu'on obtient par l'action des rayons ultra-violetes sur l'oxygène de l'air ambiant se forme plus au cours de la soudure de l'aluminium qu'avec les autres métaux ou que lors de la soudure à gaz inertes.

A une concentration de 0,1 ppm il peut être cause de céphalées, sécheresse de la gorge, irritation des voies aériennes supérieures et des yeux; et avec des concentrations encore plus élevées, il peut provoquer une irritation des poumons.

En fait, ce taux de 0,1 ppm prête à discussion, car dans certains pays 0,01 ppm est le taux maximal admissible, soit 0,2 mg par m³ d'air.

Lorsqu'un ouvrier s'expose à une concentration de 5-10 ppm d'ozone pendant une dizaine de minutes, des troubles graves se manifestent au niveau de l'appareil respiratoire avec risque d'œdème pulmonaire (Vigliani).

Cependant, tous les auteurs ne sont pas d'accord pour admettre la présence d'ozone, puisque quelques auteurs (De Pape, Gengoux, Koelsch, etc.) ne l'ont pas trouvé dans les fumées de soudure, d'autres ne l'ayant trouvé qu'en quantités minimales et non toxiques. Au contraire, selon d'autres auteurs (Druskin et coll., Harrold et coll.) l'ozone est présent et contribue à déterminer les altérations de l'appareil respiratoire chez les soudeurs.

En résumé, il ne fait aucun doute qu'il s'agit d'un produit beaucoup plus toxique que les vapeurs nitreuses et que son effet sur l'alvéole pulmonaire est redoutable.

Mais sa formation au cours des opérations de soudure dépend surtout de l'intensité du courant de soudure. Le risque serait faible selon Roc pour une intensité comprise entre 100 A et 200 A.

3) *L'oxyde de carbone* qui peut se former à partir du CO₂ dans la soudure à l'arc, n'atteint pas cependant en général des concentrations suffisantes pour entraîner des phénomènes d'intoxication surtout s'il existe une bonne ventilation générale et c'est surtout dans les petits locaux qu'il peut être présent (Koelsch).

Herzfeld et Teske ont cependant relevé des concentrations élevées de CO dans la fumée de soudure sous anhydride de carbone à la hauteur de la tête des ouvriers.

Troisi et Di Paolo ont dosé la carboxyhémoglobine chez 21 ouvriers employés à la soudure électrique et chez cinq ouvriers employés à la soudure à cannette, en trouvant seulement dans trois cas des valeurs supérieures à la normale.

De Kresteer a indiqué que le pourcentage de carboxyhémoglobine (HbCO/Hb total) était en général inférieur à 10 % mais que dans quelques cas des taux de 20 % ont été observés ce qui entraînait des troubles à type d'asthénie, de céphalées, de vertiges: les auteurs français ont trouvé couramment des taux de 5 à 10 ppm, considérés comme tolérables.

4) *Le trichloréthylène, le perchloréthylène et le tétrachlorure de carbone* sont employés dans les opérations de dégraissage auxquelles les pièces métalliques sont soumises. En outre, il faut rappeler que le phosgène peut en dériver à cause de la forte chaleur produite par l'arc électrique et des irradiations ultra-violettes. L'inhalation de phosphore peut provoquer un œdème aigu du poumon: la concentration maximale tolérable est de 0,1 ppm.

5) *L'argon* n'est pas toxique par lui-même, mais dans les locaux peu aérés il pourrait déplacer l'oxygène atmosphérique et être une condition d'anoxie (cet accident est hautement improbable).

6) *L'anhydride carbonique*, employé comme gaz de protection dans les soudures est doublement toxique, par lui-même et par son produit de transformation : l'oxyde de carbone.

Il dérive des substances organiques, des carbonates contenus dans le revêtement et du carbone contenu dans le métal.

A doses très élevées (de l'ordre de 3 à 5 pour cent) il provoque céphalées, vertiges, tachypnée et, enfin, un état comateux anoxique (cet accident est hautement improbable).

7) A partir des impuretés contenues dans les métaux peut se former assez exceptionnellement de *l'anhydride phosphoreux*.

— La présence de *chllore* a été également observée dans les fumées de la soudure oxyacétylénique mais pas dans celles de la soudure à l'arc électrique (Britton et Walsh).

— La soudure avec un mélange de fluorure et d'anhydride borique peut provoquer la formation de fluorure de bore, ou de dérivés fluorés très agressifs.

Le taux maximal admissible de fluorure est de 2,5 mg par m³.

— Les fluorures de calcium et de sodium à haute température en présence de vapeur d'eau peuvent provoquer la libération d'acide fluorhydrique; le fluorure de calcium est beaucoup moins dangereux.

— A l'inverse, les oxydes alcalins et alcalino-terreux sont peu toxiques et ne peuvent provoquer qu'une légère irritation des muqueuses.

— Le danger des enrobages phosphatés paraît minime.

— L'acétylène peut contenir des impuretés comme l'hydrogène sulfuré et surtout l'hydrogène phosphoré, mais actuellement l'acétylène dissous n'en contient pratiquement pas, et il semble que ce soit à tort que l'on ait imputé à l'hydrogène phosphoré la cause de certaines intoxications.

— Les produits cellulosiques auraient déterminé la formation d'aldéhyde et en particulier de formaldéhyde déterminant une irritation oculaire.

B — Fumées métalliques

En général la composition des fumées qui se forment pendant les opérations de soudure dépend de la composition du métal de base, des enduits recouvrant les métaux sur lesquels s'effectuent les travaux, du métal d'apport, du revêtement des électrodes, des réactions d'oxydation qui ont lieu pendant ces opérations, de la technique de soudage et les fumées, dépendant de nombreux métaux, peuvent déterminer quand elles sont inhalées la « *Fièvre des fumées métalliques* » (cf. plus loin).

1) Dans la soudure des aciers au chrome, le constituant essentiel des fumées est l'oxyde de fer qui devient nuisible s'il dépasse la concentration de 15 mg/m^3 d'air (cf. plus loin); tandis que pour l'oxyde de chrome (CrO_3) la limite maximale admise est de $0,01 \text{ mg/m}^3$ d'air aux U.S.A.

2) *Les opérations de soudure sur alliages d'aluminium* ne doivent pas donner lieu à des fumées contenant plus de 15 mg/m^3 d'air d'oxyde d'aluminium. Quant à la concentration de silicium elle ne doit pas dépasser $0,1 \text{ mg/m}^3$ d'air.

De même on calcule qu'on ne doit pas trouver plus de 15 mg/m^3 d'air de cuivre dans les fumées. Des ouvriers assignés à la soudure d'aluminium dans le travail du fer-blanc ont présenté des céphalées et des irritations oculaires (Gilbert). D'autres ont présenté un épisode fébrile avec gêne thoracique.

3) Le risque d'intoxication manganique est hautement probable avec certaines électrodes et doit faire rechercher les plus discrets signes neurologiques pour éviter le progrès d'une maladie irréversible. Le taux maximal est de 5 mg/m^3 d'air pour les oxydes de manganèse (U.S.A.); (des intoxications par le manganèse ont été décrites en Russie).

4) En dehors de ces intoxications en rapport avec les opérations de soudure certaines intoxications ont été observées à l'occasion d'un travail sur métaux non ferreux ou sur des aciers enduits :

- *Zinc* : risque d'intoxication à manifestation fébrile avec gêne thoracique.
- *Cadmium* : deux cas de mort par soudure de tôles cadmiées.

Les taux maxima admissibles sont de 5 mg/m³ pour l'oxyde de zinc et de 0,1 mg/m³ pour l'oxyde de cadmium.

— Le *plomb* se trouve dans le minium utilisé pour protéger les fers et les tôles.

Au cours des opérations de soudage l'ouvrier peut se trouver dans une atmosphère chargée en poussières d'oxyde de plomb et de plomb et est exposé au risque saturnin.

C'est le découpage à la flamme du chalumeau et l'oxycoupage de ferraille qui est à l'origine du saturnisme lors de l'utilisation du chalumeau. Le taux maximal de plomb ne doit pas dépasser 0,2 mg/m³ d'air.

— Le *molybdène* serait pratiquement atoxique car non volatilisé aux températures de soudure.

— Enfin, l'*oxyde de titane*, très utilisé, paraît atoxique dans les conditions habituelles de travail.

— Le *beryllium* aurait été rencontré dans les alliages de certaines électrodes. Il est responsable de dermites et de maladies pulmonaires chroniques très sérieuses. La teneur limite maximum ne doit pas dépasser 0,1 mg/m³ d'air, le pronostic des berylloses étant parfois redoutable.

De nombreux savants ont examiné la composition des fumées, trouvant du fer, du manganèse, du silicium, de la chaux, du magnésium, de l'aluminium, de la soude, de l'oxyde de plomb, etc., cependant, ces composés ne sont pas toujours présents et les concentrations varient.

En outre, on a pu constater que le type de soudure, la qualité des métaux à souder et les électrodes employées, nues ou enrobées ont une grande influence sur la composition des fumées. Selon les conditions de travail le taux d'empoussiérage ou de production de fumée est extrêmement variable, pouvant aller de moins de 2 mg à plus de 200 mg/m³, tandis que les fumées sont rares dans la soudure à cannette, elles sont au contraire importantes dans la soudure électrique (Molfino).

Dans les fumées provenant des opérations de soudure avec électrodes enrobées selon les recherches faites par de nombreux auteurs (De Pape, Britton, Weber, Doro, Gengoux, Feil), il y a prépondérance des oxydes de fer (de 46 à 82 %), puis viennent le manganèse (de 1,5 à 26,67 %), le silicium (de 1,4 à 18,21 %), la chaux (0,4 à 5,92 %), le magnésium (de 0,3 à 1,52 %), l'aluminium (de 1,32 à 2 %), le sodium (0,64 %), le soufre (2 %).

Tebbens et Drinker ont fait d'importantes études sur la *composition des fumées de soudure*, en employant différentes électrodes. Les fumées de soudure des aciers spéciaux et des alliages non ferreux sont résumées dans le tableau suivant :

	Inoxydable avec Co	Inoxydable avec Mo	Aluminium	Everdur avec Cu et Si	Monel avec Ni et Cu	Inconel avec Ni, Cr et Fe
SiO ₂	5,8	5,3	—	5	1,2	2,8
F-	17,6	24,6	26,2	9,9	9,4	14,7
Ci	—	—	34,6	—	—	—
Fe ² O ³	16,1	16,2	—	—	3,8	4,4
Cr ² O ³	8,3	6,2	—	—	—	2,0
Al ² O ³	—	—	12,5	—	—	—
NiO	2,3	2,2	—	—	1,8	4,5
CaO	9,7	19,1	—	4,6	0,8	11,7
MnO ²	2,8	5,1	—	—	6,5	5,3
CuO	—	—	—	16,9	—	—
TiO ²	—	—	—	—	25,5	22,4

(On remarquera sur le tableau la présence de fluor dans tous les enrobages. Le fluor se trouvant dans les poussières sous forme de fluorures solubles.)

La plupart des auteurs américains admettent que les concentrations de 30 mg/m³ d'air dans les locaux confinés et de 15 mg/m³ pour les ateliers sont des maximums à ne pas dépasser.

Trysin et ses collaborateurs se sont attachés à préciser la composition des fumées de soudure selon les types d'enrobage utilisés en Suède.

Selon les auteurs l'accroissement du courant de soudage permet une fusion plus rapide des électrodes mais accroît nettement la volatilisation.

Par exemple une électrode de 5 mm donne environ 1,5 g de poussière lorsqu'elle est fondue à 240 ampères et 2,1 g avec 350 ampères.

Types d'électrodes	Fumées	Composition des fumées					
	Grammes par électrodes de 4 m/m	Fe ² O ³	TiO ²	Mn ² O	SiO ²	CaO	F-
Neutre ordinaire	0,5-1,5	30 -43	0,1	10,5 -14	23,8-37,7	0,1	—
Neutre à forte pénétration	2,5-4	30 -45,8	maxi 1,2	7,43-24,7	25,5-33,5	0,1	—
Acide	1-2	26,6-35,6	maxi 1,6	11,7 -16,3	25,7-45,9	—	—
Rutile	0,5-1	54,1-72,1	2,1-3,5	5,5 - 7,1	8,3-22,9	—	—
Basique	1,5-3	16,6-34,8	maxi 0,8	3,6 -10,2	5,7-21,1	13,7-20,7	17,1-24,5
Basique (1)	1	28,5	—	3,7	15,9	15,6	15,1
Basique (2)	—	31,8	0,8	11,1	8,8	14	16,3

(1) Soudure d'aciers de construction au chrome-molybdène.

(2) Soudure d'aciers de construction au chrome-nickel.

Taux maximum admissible de gaz et de fumées métalliques aux U.S.A.

Gaz	Taux maximum admissible en p.p.m. ⁽¹⁾
Bioxyde d'azote (NO ₂)	5
Ozone	0,1
Phosgène	0,1

(1) p.p.m. = partie par million.

Fumées	Concentration en mg par m ³ d'air
Oxyde d'aluminium	15
Silicium	0,1
Oxyde de manganèse	5
Oxyde de zinc	5
Cadmium	0,1
Plomb	0,2
Oxyde de titane	0,1

TABLEAU XIV

Dosage (I.N.S. - France)

Type d'électrode	Métal soudé	Électrode combinée	Intensité	Volume d'atelier	Ventilation	Nombre de postes	Position du prélèvement	Toxiques gazeux ml/m ³			Toxiques solides mg/m ³				Observations
								CO	CO ₂	NO ₂	Fe ₂ O ₃	Mn	FCa	TiO ₂	
B Ø 6,5	Acier	1,1 à 1,3	300	3.000	3 asp.	1	AR AR AV	10	1.495	1,0	15	3,0	11,8		
								10	3.410	1,2	17	5,1	6,7		
								10	805	0,8	13	7,0	26,6		
B Ø 4	Acier	0,5 à 0,7	160	26.000	naturelle	150	AR AV	10	2.160	0,4	12	3,0	4,8		
								10	430	0,8	12	4,1	18,7		
B Ø 6,3	Acier	0,7	500	11.220	asp. surtra- vée	15	AR AV	10	855	0,8	14	2	0,6		
								10	600	0,6	22	7,1	37,6		
B Ø 4	Acier	0,7	160	11.200	id.	15	AR AV	10	668	1,2	22	3,5	12,5		
								10	870	1,5	30	3,9	14,1		
B Ø 3,2	Acier	0,6	130	10.000	naturelle	15	AR AV	10	3.140	2,4	10,0	2	0,6		
								10	342	8,0	20,0	2,1	7,6		
B Ø 6	Acier	0,5 à 0,7	550	41,5	1 asp.	1	AR AV	10	4.560	1,6	19,0	2	15,5		
								10	717	1,0	8,0	7,0	24,0		
B Ø 5	Acier	0,6 à 0,7	550	90	1 asp.	1	AR AV	10	939	0,8	21,0	9,2	5,3		
								10	650	0,8	13,0	7,1	31,0		
B Ø 5	Acier	0,5 à 0,6	550	80	naturelle	1	AR AV	10	2.080	1,2	19,0	5,0	35,0		
								10	760	0,6	12,0	4,8	30,0		

B Ø 4	Acier	0,5	160	10.000	naturelle	1	AR AV	10 10	1.460 425	1,8 0,6	15,0 25,0	10,5 13,0	67,0 70,0		
B Ø 6,3	Acier	0,7 à 0,8	320	43.000	naturelle	70	AR AV	9 9	2.340 726	2,0 2,6	8,0 45,6	1,40 33,8	1,97 253		
B Ø 6,3	Acier	0,6 à 0,7	320	125	2 asp.	2	AR AV	5 10	2.520 392	2,6 2,0	14,5 187	3,1 34,3	2,3 66,4		
B Ø 6,3	Acier	0,2 à 1,0	350	10	1 asp.	1	AR AV	10 10	2.400 950	2,4 2,8	19,0 69,5	4,0 13,3	11,6 106,5		
B Ø 6,3	Acier	0,5	350	6	1 asp.	1	AR AV	10 10	1.750 1.780	3,6 3,2	8,0 80,0	7,0 15,0	14,0 106,5	ZnO	1 3
B Ø 6,3	Acier	0,5 à 1	350	6	1 asp.	1	AR AV	10 10	1.210 920	1,6 2,6	8,0 89,0	1 12,0	2,0 4,9	Pb	0,5 6,3
B Ø 6,3	Acier	0,5 à 0,7	350	6	1 asp.	1	AR AV	10 10	1.330 1.130	2,4 1,6	33,4 242	0,5 32,0	4,1 224,0	ClH	39,6 22,4
B	Acier			10.000	naturelle		AR	10	772		6,7	1,5			
B	Acier			10.000	naturelle		AR	10	332		15	0,6			
B	Acier			40	1 asp.	1	AR	10	920	1,2	1,0	2,5	0,95		
B	Acier			40	1 asp.	2	AR	10	750	1,5	1,1	3,9	3,75		
B	Acier			40	1 asp.	2	AV	10	1.004	3,4	4,1	17,8	4,30		

TABLEAU XIV (suite)
Dosage (I.N.S. - France)

Type d'électrode	Métal soudé	Electrode combinée	Intensité	Volume d'atelier	Ventilation	Nombre de postes	Position du prélèvement	Toxiques gazeux ml/m ³			Toxiques solides mg/m ³				Observations
								CO	CO ₂	NO ₂	Fe ₂ O ₃	Mn	FCa	TiO ₂	
B	Acier			40	1 asp.	2	AV	10	1.000	1,1	5,0	13,0	4,40		
B	Acier			40	1 asp.	1	AR	10	1.240	1,2	1,1	2,9	1,05		
R ∅ 3,2	Acier inox.	1,2 à 1,7	100	20.000	naturelle	8	AR AR AV	10 10 10	3.980 710 910	2,2 2,0 2,2	50 24 70	4,5 2,9 8,5	16,5 12,0 70,0	0,6 0,6 5,0	Ni 0,1 0,1 0,2
R ∅ 6,5	Acier	0,6 à 0,7	320	43.000	naturelle	70	AR AV	9 9	840 1.290	0,8 1,2	5,6 245	1 74	0,80 6,6	0,6 2,0	
R ∅ 6,5	Acier	0,7	320	125	2 asp.	2	AR AV	5 0	1.230 1.230	1,2 1,2	6,8 61,0	4,1 41,2	0,5 0,5	0,6 2,9	
R ∅ 6,5	Acier	0,5	300	30.000	naturelle	40	AR AV	0 15	615 392	1,0 1,2	6,0 40,0	1 23,0	4,10 10,7	0,6 0,7	
R ∅ 4	Acier	0,4 à 0,6	120	30.000	naturelle	40	AR AV	0 10	504 504	1,2 1,0	3,4 24	1,7 15,0	1 2,0	0,6 1,8	
R ∅ 3,2	Acier	0,6 à 0,9	150	9.000	naturelle	23	AR AV	10 5	727 750	2,0 1,4	1 1	0,75 9,0	1,3 2,5		Ni 0,1 1,3
R ∅ 4	Acier inox.	0,7 à 0,8	?	9.000	naturelle	23	AR AV	5 10	785 448	1,0 1,2	1 1	0,5 3,0	3,7 6,4		Ni 0,1 1,0

R Ø 4	Acier	0,7		9.000	naturelle	23	AR AV	5 30	895 1.010	1,0 1,6	18,6 470,1	0,66 18,5	0,2 20,8	0,6 3,0	
R	Acier				1 asp.	1	AR	10	2.980	1,49	7,9	0,10	0,02		
R	Acier				1 asp.	1	AR	10	2.190	3,0					
R	Acier				1 asp.	1	AR	10	865	1,0	5,4	0,03	0,02		
R	Acier				1 asp.	1	AR	10	1.550	2,7	7,2	0,05	0,10		
R	Acier				1 asp.	1	AR	10	840	0,2	15,8	0,10	0,02		
Divers Ø 6,3	Acier	0,6 à 0,8	350	26.000	naturelle	150	AR AV	10 10	11.800 980	0,4 0,8	10 82	2 7,8	3,3 52,0		
Divers	Acier		1.200	30	1 asp.	1	AR	10	182	0,6	6	2	8,0		
Divers	Acier	0,7		10.000	naturelle	15	AR AV	10 10	2.080 332	1,4 1,6	9,0 5	2 6,5	0,5 35,0		Ni 0,1 0,3
Divers	Acier	0,5 à 0,6	500	10.000	naturelle	1	AR AV	10 10	5.300 1.580	1,0 1,8	30,0 40,0	7,0 2	12,6 20,0		
Divers	Alu.		140 HF	30.000	naturelle	40	AR AV	0 0	1.510 615	1,2 6,4	0 0	0 0	0 0		O ₂ 0,1 0,1
Divers	Alu.		420	30.000	naturelle	40	AR AV	0 10	840 392	2,0 0,3	0 0	0,04 0,07	0 0		O ₂ 0,1 0,1

B = enrobage de type basique.
R = enrobage de type rutile.

III — MANIFESTATIONS CLINIQUES

La pathologie de l'ouvrier soudeur est encore peu connue, principalement parce qu'il s'agit d'une technique industrielle relativement nouvelle tout au moins dans son utilisation massive.

En tout état de cause les travaux de soudage semblent ne représenter par eux-mêmes qu'une nuisance essentiellement limitée à la pathologie pulmonaire et oculaire. Néanmoins, les travaux de soudage offrent au médecin du travail un champ de recherche encore important, si l'on tient compte des fréquentes modifications de la technique qui peuvent faire apparaître des risques nouveaux.

La soudure présente deux groupes essentiels de nuisance :

- les affections provoquées par *les gaz et les fumées métalliques* de soudure;
- les affections causées par *les radiations de la flamme* du chalumeau ou de l'arc électrique.

A — Manifestations pulmonaires

Ce sont surtout les affections respiratoires qui dominent la pathologie du soudeur et les auteurs se sont demandé quelles pouvaient être les conséquences de l'inhalation de gaz, vapeurs et fumées de soudure et ont envisagé trois sortes d'affections : aiguës, subaiguës et chroniques.

1) *Accidents aigus*

Tomellini et Russo ont décrit un cas d'intoxication aiguë par gaz de soudure chez un ouvrier qui, après avoir travaillé pendant trois heures avec la flamme oxyacétylénique, avait présenté un œdème pulmonaire. Décédé huit heures plus tard, l'autopsie a confirmé l'œdème pulmonaire aigu avec épanchement pleural bilatéral et l'examen histologique a relevé l'augmentation de l'épaisseur des cloisons alvéolaires et du tissu conjonctif interstitiel.

Un autre cas a été rapporté par Montesano avec des manifestations cliniques d'œdème pulmonaire et de broncho-pneumonie droite. Calogera également a décrit deux cas de soudeurs et braseurs électriques qui travaillaient dans les doubles fonds de navires, locaux assez étroits et non ventilés : des troubles très graves avec sensation d'étouffement apparurent, puis une broncho-pneumonie à foyers disséminés qui causa la mort des deux soudeurs.

L'autopsie confirma l'existence du processus broncho-pneumonique qui fut attribué à l'inhalation de quantités excessives de fumées provenant de soudure et brasure, et les deux cas furent considérés comme accident du travail.

Molfino, dans son rapport au XIV^e congrès de médecine du travail à Turin, en 1948, a recueilli 11 cas mortels, le plus grand nombre étant observé chez les soudeurs « oxyacétyléniques », les autres chez des soudeurs « électriques ». Il s'agissait en général d'ouvriers qui travaillaient dans des locaux très étroits, avec une ventilation insuffisante ou absente (chaudières, tanks, réservoirs, tonneaux, etc.) où il était facile d'inhaler des gaz toxiques de façon massive si l'on ne met pas en action les différents moyens de prévention, et en particulier le port du masque aéré. Parfois, les troubles débutent pendant le travail, mais souvent, plus tardivement, quand l'ouvrier est rentré chez lui, sans aucun symptôme précurseur important, si ce n'est une sensation de sécheresse de la gorge et une envie de tousser.

2) *Accidents sub-aigus*

Molfino a décrit le cas de deux ouvriers qui après 10 à 20 jours ont présenté une complète régression des phénomènes aigus alors que les modifications radiologiques persistaient. Chez l'un fut observé un processus infiltratif broncho-pneumonique au niveau du hilé droit qui diminua ensuite pour disparaître complètement et ne laisser subsister deux mois après qu'une accentuation du tractus pulmonaire. Chez l'autre soudeur fut observé un infiltrat localisé à la base gauche régressant en 20 jours, ne laissant qu'une légère infiltration à l'examen tomographique au niveau des lobes moyens et supérieurs à une distance de 7 à 10 cm du plan dorsal.

Dans la soudure à l'arc également sous protection de gaz inertes comme l'argon, des troubles respiratoires avec toux, dyspnée, etc. peuvent également se manifester.

Un cas a été décrit par Vigliani chez un soudeur électrique qui avait travaillé pendant une heure et demie à l'intérieur d'une chaudière cylindrique d'aluminium presque complètement fermée. Il s'agissait d'une bronchite asthmatiforme par inhalation de fumées de soudure électrique, puis le malade eut une forte fièvre. A cette occasion on pratiqua l'examen des gaz et des fumées sur le lieu de travail, et on releva la présence de traces d'oxyde de carbone alors que les gaz nitreux étaient présents à la concentration de 2 mg/m³.

Vigliani a attribué aux vapeurs nitreuses les cas d'œdème aigu du poumon consécutifs au soudage, mais dans les conditions normales de travail (*dans des locaux bien ventilés*) on n'a jamais signalé ce type d'accident.

3) *Pneumopathies chroniques*

Outre les manifestations aiguës, on a décrit chez les soudeurs des *pneumopathies chroniques* considérées comme des pneumoconioses dues à la péné-

tration dans le poumon d'oxyde de fer, d'oxyde de manganèse, de bioxyde de silicium, etc., selon l'électrode employée.

Sidérose

En 1867, Zenker a identifié le premier la présence d'oxyde de fer dans le poumon humain et a donné à cette forme morbide le nom de « sidérose ». Cette affection a été reconnue chez les soudeurs employant des électrodes donnant d'importantes fumées contenant des particules d'oxyde ferreux et ferrique (de taille moyenne de 0,5 micron). Ces particules, inhalées s'accumulent dans les espaces lymphatiques pérbronchiques et périvasculaires et dans les cloisons alvéolaires, sans cependant entraîner de fibrose diffuse et, étant opaques aux rayons X, elles sont visibles à l'examen radiographique.

Il n'y a pas ou très peu de proliférations conjonctivales et, donc pas de sclérose évolutive dans la silicose (Koelsch).

En 1936, Doig et McLaughlin ont décrit chez les soudeurs un tableau radiographique pulmonaire fait de micronodules disséminés. Puis en 1938, Enzer et Sander ont confirmé la présence d'opacités nodulaires dans les poumons, sans calcifications et sans tendance à former des amas confluents. Chez un ouvrier qui a trouvé la mort et dont on a pu pratiquer l'autopsie, on a relevé à côté d'une pneumonie lobaire gauche, la présence de pigment noir dans tout le poumon, sans fibrose. L'examen histologique a démontré qu'il s'agissait de fer déposé dans les lymphatiques périvasculaires expliquant ainsi l'aspect radiographique caractéristique.

Cela a été par la suite confirmé par de nombreux auteurs et Groh a dénommé cette maladie « welder's siderosis ». Les signes fonctionnels sont discrets ou absents.

Pozzi a souvent observé chez les soudeurs une toux sèche et une irritation du larynx précédant un catarrhe bronchique; parfois ont été signalées une dyspnée et une toux avec expectorations muco-purulentes. L'examen radiologique a mis en évidence une accentuation des ombres hilaires puis l'aspect micronodulaire.

Cet auteur a signalé une hypertrophie du ventricule droit, la tuberculose serait complication fréquente. En fait de telles complications ou de telles associations paraissent rares ou fortuites.

Doig et Duguid après une étude faite chez 247 soudeurs retiennent qu'il n'existe pas de maladie spécifique de cette catégorie d'ouvriers.

S'il existe une altération de l'appareil respiratoire à la suite de l'inhalation de fumée, elle dure peu de temps et il n'y a pas de complications, cependant les bronchites seraient plus fréquentes parmi les soudeurs que parmi les autres ouvriers, mais sans donner jamais aucun signe de fibrose pulmonaire. Il existe sans doute un dépôt de particules d'oxyde de fer dans les poumons,

d'où le tableau radiologique caractéristique qui ne conduit jamais à la sclérose et diminue si on éloigne l'ouvrier de son travail. Il n'y a pas de prédisposition à la tuberculose pulmonaire: cette dernière si elle est pré-existante, ne présente aucune aggravation.

Britton et Walsh, chez 286 soudeurs, parmi 1000 sujets examinés ont relevé à l'examen radiologique, dans 65 % des cas des poumons normaux, dans 16,4 % des ombres hilaires ou une trabéculatation accentuée, dans 8,4 % des nodules et dans 10,2 % d'autres signes pathologiques (pleurésie, foyers tuberculeux, etc.). Ces auteurs ont fait remarquer que la plus grande partie du travail avait été effectué dans des locaux bien aérés et ventilés.

Une contribution importante à l'étude d'un tel problème est celle de Dreessen et collaborateurs qui, dans une observation faite de 1943 à 1948 ont pu étudier 4.650 ouvriers, dont 2.950 hommes et 1.700 femmes, assignés aux constructions navales des U.S.A. 70 % étaient employés à la soudure à l'arc et travaillaient avec des électrodes enrobées, 21 % n'étaient pas soudeurs et étaient considérés comme témoins. Le pourcentage des altérations radiologiques pulmonaires était plus fort chez les soudeurs que chez les ouvriers pris comme témoins et augmentait avec le nombre d'années de travail; dans 61 des cas (3 %), on diagnostiqua une sidérose.

Le travail de d'Onofrio et Passeri qui ont pu réexaminer après 4 ans des soudeurs, sans noter aucune modification des radiographies prises lors de la première enquête est intéressant et ferait exclure toute tendance à la progression et à l'extention des altérations.

Rubino et Pettinati ont noté une grande fréquence de bronchites chez les soudeurs; il n'existe pas de rapport entre la gravité des altérations radiologiques pulmonaires et la fonction respiratoire.

Bellion a étudié la scintigraphie pulmonaire chez les soudeurs, et il n'a pas obtenu de résultats spécifiques.

Lerza, chez un soudeur à l'arc qui avait présenté un processus broncho-pneumonique aigu avec de la fièvre élevée sans toux ni crachat et qui avait régressé à la suite d'un traitement par la pénicilline, a noté ensuite sur la radiographie un aspect miliaire et a fait par conséquent le diagnostic de tuberculose miliaire : un nouvel examen fait à distance a permis d'attribuer cet aspect à la sidérose. Les auteurs français admettent en général une exagération de la fréquence des bronchites, reconnaissant la sidérose pulmonaire comme conséquence de la profession de soudeur.

La sidérose se présente initialement comme une accentuation du tractus pulmonaire plus ou moins étendue souvent plus accentuée au niveau des lobes moyens et inférieurs avec coexistence de micronodules, surtout dans les champs inférieurs. Dans les cas plus marqués apparaît un aspect de réticulation plus accentuée et une image en « verre dépoli », comme on l'observe dans l'asbestose. Il y a dissémination diffuse de micronodules, sans tendance

à la confluence ni à la fibrose, et ne se compliquant pas d'insuffisance respiratoire ni de tuberculose. Dans la sidérose pulmonaire la sidérémie peut être augmentée jusqu'à 40 gammas % et on trouve également du fer dans les crachats et les fèces.

Lefebvre a relevé, chez 422 soudeurs à l'arc, appartenant à 15 industries différentes et ayant travaillé pendant plus de 5 ans, que les troubles respiratoires fonctionnels étaient peu fréquents et peu caractéristiques. Dans 35 cas, les radiographies ont présenté un aspect anormal : des images micronodulaires localisées sans retentissement fonctionnel (18 cas) ou des nodules disséminés avec un retentissement fonctionnel modéré (7 cas) réalisant dans ces cas l'image typique de la sidérose miliaire : ceci est en général observé après 10 ans d'activité ouvrière.

On a aussi constaté une augmentation du fer sérique et la présence du fer dans les urines dans 16 cas, sans qu'il y ait eu en même temps des sidéroses pulmonaires.

Dans ces cas, l'expectoration contenait du fer (jusqu'à 400 gamma %), du zinc (22 gamma %), du titane (36 gamma %) et de petites quantités de manganèse (1,9 gamma %).

Un cas de sidérose avec infiltration pulmonaire massive a été décrit par Morgan, sans altération de la fonction respiratoire.

En Russie, de nombreux cas de pneumopathies ont été observés parmi les soudeurs. Parmi 136 soudeurs à l'arc de l'industrie de tracteurs, on a diagnostiqué 14 cas de pneumoconiose au 1^{er} stade surtout parmi les soudeurs à main avec des électrodes revêtues de manganèse et de fluorures.

Schuler et collaborateurs ont examiné 310 soudeurs de différentes industries de Santiago qui inhalaient des fumées contenant des particules de fer sans silicium depuis plus de 15 ans. La plupart (84 %) ne présentaient aucun symptôme, peu (12 %) étaient dyspnéiques surtout après l'effort. Selon les auteurs, la présence de nodules n'est pas absolument nécessaire pour pouvoir admettre une sidérose, mais un aspect réticulaire étendu, un aspect caractéristique en « verre dépoli » sont significatifs (Buckell). Chez 32 sujets chez lesquels on avait fait le diagnostic de sidérose, on a constaté à l'examen radiologique à côté d'une réticulation diffuse la présence de nodules plus ou moins diffus, mais sans troubles fonctionnels associés.

Sidérose et sidérémie

On a également dosé la sidérémie en notant des différences avec des sujets normaux.

Chez un ouvrier sidérotique opéré pour kyste échinocoque du poumon, on a constaté à l'examen histologique de nombreux macrophages avec des granulations sidérotiques dans les espaces alvéolaires.

Les récentes recherches de Sano sont maintenant intéressantes, il a pu faire une étude histologique dans deux cas à la suite d'une autopsie et dans deux autres cas chez des malades ayant eu une pneumonectomie. On a relevé avant tout dans le tissu pulmonaire de l'oxyde de fer en quantité considérable surtout dans les alvéoles, les espaces périvasculaires et péribronchiques, sous la plèvre, en quantité faible dans les nodules lymphatiques. L'épaississement fibreux de la paroi alvéolaire était d'autant plus marqué que l'inhalation de la poussière avait été plus longue. Les nodules étaient constitués essentiellement de collagène; dans deux cas il y avait une fibrose massive. Dans ces deux cas, il existait également une bronchite avec emphysème que l'auteur attribue à l'inhalation des gaz produits pendant la soudure.

Selon Sano, on ne peut cependant pas considérer le poumon du soudeur comme une pneumoconiose. Charpin a décrit récemment un cas de miliaire chez un soudeur à arc travaillant depuis plus de 5 ans qui présentait une fibrose sous pleurale et péribronchovasculaire diffuse avec des troubles fonctionnels respiratoires. L'expectoration était riche en histiocytes contenant du fer.

On a aussi relevé un cas de pneumothorax spontané récidivant avec image miliaire chez un soudeur à arc (Chrétien et collaborateurs). L'image radiographique était celle d'une sidérose pulmonaire avec quelques zones d'emphysème bulleux localisé. Le pneumothorax ayant récidivé, furent pratiquées, une pleurotomie pariétale et une biopsie pulmonaire. L'étude histologique et histochimique du tissu a confirmé le diagnostic de sidérose avec fibrose péribronchovasculaire et emphysème. Après l'éloignement du travail l'aspect miliaire de la radiologie a disparu peu à peu.

Expérimentalement on a confirmé la possibilité de l'apparition d'altérations du tissu pulmonaire et des ganglions lymphatiques hilaires, avec épaississement des parois alvéolaires, prolifération du tissu conjonctif, formation de foyers de fibrose et accumulation de poussière, surtout autour des bronches et de certains vaisseaux et des foyers d'emphysème.

Épreuves fonctionnelles respiratoires

Du point de vue fonctionnel, Gaffuri et Chiesura ont constaté chez 10 soudeurs à arc une complète normalité des examens fonctionnels respiratoires, tandis que l'image radiologique variait de l'accentuation de la trame à la micronodulation.

Francheteau a relevé chez 600 soudeurs, dont le plus grand nombre avait présenté une symptomatologie aiguë, avec signes de sidérose pulmonaire, que la fonction respiratoire était normale. Selon cet auteur, le métier de soudeur ne constitue pas un facteur prédisposant à la tuberculose pulmonaire. Policard, en intervenant dans la discussion sur cette communication a attiré l'attention sur le fait que les réactions bronchiques doivent être rapportées aux vapeurs nitreuses. Kohn-Abrest est de la même opinion.

Granata, Marimpietri-Fabj et Cricenti, en étudiant la fonction ventilatoire chez 15 soudeurs avant et après leur travail journalier de huit heures ont constaté quelques modifications des différents index respiratoires après le travail.

Hannicutt et collaborateurs aussi ont pu constater que l'examen spirométrique restait dans les limites de la normalité, comme chez 100 autres ouvriers pris comme témoins. Selon les auteurs, le risque pour les ouvriers est minime quand les locaux sont suffisamment ventilés et que le revêtement des électrodes contient une quantité minime de quartz et d'amiante; d'autre part, il faut tenir compte du fait que la fumée de cigarette peut avoir un effet cumulatif avec les fumées de soudure.

Sidérose et silicose

La silicose peut-elle être rencontrée chez les soudeurs ?

La question a été l'objet de discussions en Allemagne puisque, en 1964, un ouvrier ayant fait différents métiers dont celui de mineur, puis celui de soudeur électrique, a fait l'objet d'une expertise: en outre, certaines électrodes enrobées de silice exposent théoriquement au risque de silicose.

Une pneumoconiose diagnostiquée en 1956 a été attribuée à l'inhalation de gaz de combustion, contenant aussi du quartz provenant du revêtement des électrodes. Une sidérosilicose admise après beaucoup de discussions permit d'allouer au malade une indemnité. Puis l'état du malade empira peu à peu, par insuffisance cardiaque, entraînant la mort par œdème pulmonaire. A l'autopsie on releva à côté d'une grave artériosclérose généralisée, une sidérose très étendue, mais sans présence de nodules silicotiques à l'examen microscopique et macroscopique.

A partir de ce cas et de la constatation anatomo-pathologique on pense que si, comme on l'a déjà dit, la sidérose est fréquente, la silicose au contraire n'est pas démontrée chez les soudeurs.

Gaz toxiques

Il est plus difficile d'apprécier le rôle essentiel des oxydes d'azote et de l'ozone à très petites doses sur l'apparition de troubles bronchopulmonaires chroniques.

Il est indiscutable que les travaux de soudure dans de mauvaises conditions d'aspiration ont provoqué des cas de dyspnée asthmatiforme, des manifestations sous forme d'aérosols, on peut voir une fièvre dite « fièvre des fonderies ». Si des cas ont été rapportés de façon certaine à l'inhalation de NO_2 , le rôle de l'ozone reste extrêmement douteux, les dosages ne montrant habituellement que des taux inférieurs à 0,1 ppm et pouvant être considérés sans danger.

Conclusion

La rareté relative de la sidérose pulmonaire explique pourquoi les enquêtes portant sur un petit nombre de soudeurs n'obtiennent habituellement pas de conclusion pratique. Cependant, on peut tirer des observations analysées, les conclusions suivantes :

- Il y a un contraste frappant entre les modifications radiologiques pulmonaires de type nodulaire et la bénignité de la symptomatologie clinique. Cette sidérose ne doit pas être assimilée à la silicose car actuellement il n'existe aucun argument expérimental permettant de penser que l'inhalation de faibles quantités d'oxyde de fer sous forme de fines particules puisse provoquer autre chose que ces signes radiologiques parfaitement compatibles avec une survie normale.
- L'analyse des fumées montre que l'oxyde de fer en est l'élément largement prédominant et fait supposer que ces amas nodulaires sont constitués par l'oxyde de fer comme l'a confirmé l'autopsie des sujets morts d'affections intercurrentes.
- De plus, les lésions radiologiques ne semblent pas se modifier au cours des années.
- Néanmoins, cette sidérose semblerait susceptible de modifier l'évolution de certaines prédispositions et il est bon de surveiller les sujets atteints car ils sont peut-être sensibles à certaines causes d'irritation bronchique pulmonaire que peut présenter le soudeur. La santé du soudeur peut être affectée par une accumulation de causes plutôt que par une cause unique.

B — Intoxications

1) *Fièvre des « fondeurs » et des « soudeurs »*

Comme nous l'avons dit plus haut, après l'inhalation de gaz contenant des métaux sous forme d'aérosols, on peut voir une fièvre dite « fièvre des fondeurs », caractérisée par une élévation rapide de la température précédée de frissons intenses de type pseudo-palustre.

Cette fièvre s'accompagne de tremblements de membres inférieurs, de céphalées intenses, de myalgies et d'arthralgies. On note également une tachycardie, une tachypnée, des nausées avec parfois vomissements, et souvent un teint rouge.

Le tableau fébrile s'amende en quelques heures après des sueurs profuses. Tous les troubles disparaissent et l'ouvrier peut reprendre son travail le lendemain.

Pendant cet accès fébrile une augmentation de la pression artérielle a été notée avec également une albuminurie légère et une urobilinurie.

On a beaucoup discuté sur la cause de ce syndrome morbide: il a été attribué essentiellement à l'inhalation des vapeurs de zinc qui est un des métaux dont on se sert dans la soudure et qui, pouvant se volatiliser (cf. plus haut) à haute température, peut être inhalé par l'ouvrier. En effet, c'est parmi les soudeurs de tôles de fer zinguées que ce syndrome a été le plus souvent constaté, cependant d'autres métaux peuvent provoquer une fièvre des fondeurs. Francheteau et Duclos ont ainsi décrit un cas chez un soudeur qui avait inhalé des vapeurs constituées principalement de cuivre, et accessoirement d'étain, de manganèse, de silicium et même de traces de plomb.

Le même syndrome pouvant être provoqué par des toxiques très différents, par l'inhalation d'endotoxines bactériennes (I.R. Kuh) par exemple, on a pensé qu'il pouvait s'agir de phénomènes non spécifiques allergiques.

Selon les recherches de Pernis, Vigliani, Cavagna et Finulli, la fièvre serait due à la propriété qu'ont les fumées de zinc de libérer la substance pyrogène endogène des leucocytes et éventuellement des autres cellules de l'organisme. Cette substance aurait une action directe sur les centres thermo-régulateurs. Des recherches successives de Cavagna et Finulli ont mis en évidence que non seulement l'inhalation de vapeurs d'oxyde de zinc, mais également l'administration intra-veineuse de 50 mg d'oxyde de zinc aux lapins est capable de provoquer l'accès fébrile.

2) Intoxications particulières (manganèse, plomb)

a) Par le manganèse

La possibilité d'une intoxication par le manganèse a été formulée par différents auteurs (Beintker, Weisenberg). Deux cas ont été observés par Oltramare et collaborateurs chez des soudeurs électriques ayant travaillé pendant plus de 30 ans : des troubles du système nerveux apparurent avec troubles de l'équilibre, difficulté à la marche, tremblements, et l'on constata la présence de fortes quantités de manganèse dans les fèces.

D'autres cas d'intoxication manganique de type chronique ont été décrits par Grigorieva, chez des soudeurs travaillant depuis plus de 10 ans à la fabrique de tracteurs de Tcheliabinsk et qui étaient assignés à la soudure manuelle avec des électrodes contenant de grandes quantités de manganèse. Un ouvrier de 50 ans qui avait travaillé dès l'âge de 29 ans présenta céphalées, vertiges, insomnie nocturne, somnolence diurne, asthénie, sensation de soif, transpiration continuelle, troubles de la mémoire et de la vue. Le fond d'œil était normal. L'aspect du visage était caractéristique. A noter également une exagération des réflexes tendineux, une hyposécrétion gastrique avec hypochlorhydrie. Dans les urines on trouva 12 microgrammes/1000 de manganèse, et la radiographie mit en évidence l'existence d'une pneumoconiose.

Sept autres cas ont été décrits par Riykova et Metlina, mais avec une symptomatologie peu sévère.

b) Par le plomb

Des fumées contenant du plomb ont été relevées par Raymond et collaborateurs dans quelques locaux de travail, à côté des cas d'intoxication. 50 cas de saturnisme ont été constatés par Cataldi parmi des ouvriers qui coupaient des feuilles de métal à la flamme, dans des chantiers de démolition navals : à cause de la haute température du tuyau oxyacétylénique, une quantité considérable de vapeurs de plomb se forme à l'état d'aérosol. Sept autres cas de saturnisme dans l'entreprise de démolition d'un pont de chemin de fer, à l'air libre, ce qui est très important, ont été signalés par Mc Bride et Proctor.

Bustelo a attiré l'attention sur la possibilité d'intoxication par le plomb et le zinc chez les ouvriers soudant des feuilles zinguées, dans 75 % des cas en effet on a relevé une augmentation de la plomburie.

Dervillée a également constaté une intoxication saturnine chez un soudeur découpant des tôles peintes au minium pour la construction navale, Gaultier et Fournier chez des ouvriers découpant des constructions métalliques à démolir.

C — Incidents et accidents oculaires

Les affections oculaires sont importantes et peuvent également être aiguës ou chroniques. Elles sont dues aux rayons ultra-violetts ou aux rayons infra-rouges.

1) *Manifestations aiguës*

Elles sont dues aux rayons ultra-violetts dont l'émission est intense dans l'arc électrique.

Parmi les manifestations aiguës il faut rappeler avant tout *l'éblouissement rétinien*, c'est le « *coup d'arc* ». En rapport avec l'action de la lumière de l'arc voltaïque, même brève, sur la rétine, entraînant une sensation d'aveuglement accompagnée de larmoiement, parfois une diminution transitoire de la vision et dans quelques cas des altérations rétinienne persistantes. Le malade a en général « l'impression que ses yeux sont remplis de sable ».

Parmi les autres manifestations aiguës *l'ophtalmie électrique*, kérato-conjonctivite aiguë, apparaît quelques heures après l'exposition à l'arc électrique. Elle commence par des brûlures et des douleurs très intenses, à la période d'état il y a rougeur de la conjonctive, larmoiement, blépharite et photophobie.

Tous ces troubles régressent progressivement jusqu'à la guérison complète en 24 ou 48 heures. Dans quelques cas on a également constaté des lésions de la cornée et même des troubles de l'iris.

Pancheri et Colombo ont noté une suffusion hémorragique des vaisseaux de la conjonctive de la paupière supérieure et dans quelques cas un petit ourlet rose ou rouge pâle caractéristique au niveau du tiers supérieur de l'arc de la cornée.

Pour traiter la kérato-conjonctivite électrique, Haglind après une étude basée sur 3.000 cas conseille le collyre de xylocaïne qui a permis dans 95 % des cas traités la reprise du travail le jour suivant l'accident.

Dans la soudure à l'arc, les lésions par projection de corps étrangers très douloureuses sont aussi fréquentes. Il faut rappeler que dans beaucoup de cas la sensation d'un corps étranger dans l'œil n'est pas immédiate, mais apparaît 10-13 heures plus tard.

2) *Manifestations chroniques*

Il faut rappeler la sclérite diffuse des soudeurs, caractérisée par des zones de sclérose dans la sclérotique (Pozzi), et qui se manifeste par une sensation de fatigue oculaire, des douleurs des globes oculaires, une sécheresse de la cornée et de la conjonctivite, et une blépharite.

Ces symptômes vont en s'accroissant et s'accompagnant de céphalées, vertiges, nausées. Mais en éloignant l'ouvrier du travail, les troubles disparaissent pour réapparaître quand il s'expose de nouveau à l'action de l'arc électrique.

Signalons encore la cataracte des soudeurs qui survient surtout chez les ouvriers employés à la soudure oxyacétylénique. Elle est attribuée à l'action des rayons infra-rouges qui détermineraient des altérations des liquides intra-oculaires; selon certains auteurs cette affection morbide aurait comme base une altération persistante du métabolisme. Cette cataracte est caractérisée par la diffusion de l'opacité à tout le cristallin, elle n'est en effet pas localisée dans la zone équatoriale, du moins au commencement (Molfino).

Mais les dispositifs de protection utilisés sont efficaces, sinon pour les accidents aigus et le plus souvent bénins, contre lesquels il est difficile d'assurer une protection totale, du moins pour les affections chroniques.

Aux U.S.A. une étude portant sur 3.000 soudeurs des chantiers navals américains a montré une acuité visuelle identique à celle de 3.000 ouvriers non soudeurs du même chantier, alors que le nombre de conjonctivites était identique dans les deux groupes.

Pour prévenir les accidents il faut utiliser des verres spéciaux, n'importe quel verre teinté n'étant pas efficace (Dr Granjon).

D — Brûlures, irradiations, accidents électriques

1) *La température élevée, les rayons ultra-violet, la projection de petites particules incandescentes* peuvent causer des brûlures surtout quand l'ouvrier n'emploie pas de gants, de casque, de tablier, etc. pour se protéger.

Les brûlures peuvent être superficielles ou profondes; et dans quelques cas, lorsque les brûlures sont causées par des particules incandescentes, elles se surinfectent facilement (Beintker). Selon Dreessen, un stigmatisme professionnel caractéristique des soudeurs est formé par les brûlures qu'on observe dans la région antéro-latérale du coude, mais on peut les trouver aussi au niveau des chevilles, sur l'abdomen et sur la région épisternale.

2) Il faut tenir compte de la possibilité d'*accidents électriques* puisque l'on emploie dans la soudure des courants continus ou alternatifs, de différentes intensités. En général les appareils sont bien protégés, mais il faut considérer que, en ne tenant pas compte des prescriptions, l'ouvrier peut être au contact des appareils avec les mains ou les chaussures mouillées. Il y a déjà eu plusieurs cas d'électrocution mortelle (Britton et Walsh). Le risque est considérable quand les câbles conducteurs sont usés (Molfino).

3) Pendant la soudure, quelle que soit la technique employée il y a émission de radiations de différentes natures. Celles qui sont émises par la soudure à l'arc en atmosphère gazeuse diffèrent de celles qui sont obtenues à l'arc avec électrodes enrobées, en raison de la température plus élevée.

On peut produire ainsi des irradiations ultra-violettes, capables de produire de l'ozone. Et chez le soudeur se manifestent des phénomènes irritatifs des conjonctives à côté des brûlures de la peau. Les rayons infra-rouges provoquent des altérations oculaires plus sérieuses, voire de la cataracte.

Au cours de la soudure à arc voltaïque, il n'y a pas de production de rayons Röntgen, ni de rayons gamma (May).

En employant des électrodes au tungstène avec 1 à 2 % de thorium des particules radioactives peuvent se volatiliser quand la soudure est faite dans des locaux petits, mal ventilés; mais, en pratique dans les conditions normales de travail, au moins jusqu'à présent, on n'a pas signalé la possibilité de formation ou de libération notable de substances radioactives en employant de telles électrodes.

La position que le soudeur prend pendant le travail, peut aussi provoquer des altérations squelettiques et on a pensé à la possibilité d'une arthrose déformante chez les soudeurs. Cette affection n'est cependant pas plus fréquente chez les soudeurs que dans les autres catégories d'ouvriers (Vodera).

En Russie on a relevé parmi les soudeurs des radiculites qui ont été attribuées aux conditions météorologiques.

E — Affections diverses

Les publications se rapportant à ces troubles ne peuvent entraîner la conviction que si des études statistiques comparatives sont susceptibles de montrer une différence significative par rapport à des témoins.

En l'état actuel des choses une corrélation n'est pas démontrée à l'occasion des travaux de soudure les plus courants.

1) *Troubles sanguins*

Bien des recherches ont été faites sur le comportement de la *crase sanguine* mais avec des résultats plutôt discordants.

Quelques auteurs ont relevé une tendance à l'anémie normochrome (Pozzi) ou hypochrome (Busca, Molfino), d'autres, au contraire, une légère tendance à la polyglobulie (Pecora, De Laet). Enfin, certains n'ont constaté aucune modification.

En ce qui concerne la formule leucocytaire, on a noté une tendance à la lymphocytose relative (Molfino) ou une monocytose (Gengoux). On a aussi relevé une thrombocytopénie.

Selon Dreessen et collaborateurs les fumées de soudure pourraient provoquer une anémie, mais, à partir des recherches pratiquées sur un grand nombre de soudeurs, il ne paraît pas exister de différences hématologiques (hémocrite, dose de l'hémoglobine, V.S., basophilie, etc.) entre les soudeurs et les non-soudeurs. Les ouvriers qui avaient inhalé des fumées de zinc avaient présenté une vitesse de sédimentation globulaire supérieure à ceux des sujets non exposés à un tel risque.

On a aussi décrit quelques cas d'hémopathies dont un cas d'anémie aplasique chez un soudeur qui avait travaillé avec des électrodes à revêtement de fluorures de sodium, de sulfate de cuivre, d'arsenic et d'amianté; un cas de polyglobulie a été décrit par Piquet et collaborateurs avec présence d'éléments atypiques mononucléés dans la circulation et des signes de diathèse hémorragique.

Pierquin et collaborateurs ont publié un cas de leucémie myéloïde suraiguë chez un ouvrier qui avait travaillé à la soudure avec de l'étain : l'évolution fut rapide et la mort est survenue en quelques jours avec un grave syndrome hémorragique.

Des granulomes malins aussi ont été attribués au travail de soudure et Claviigny en a rapporté deux cas chez deux ouvriers assignés à la soudure oxyacétylénique.

D'autres auteurs ont décrit plusieurs cas de diathèse hémorragique.

Molfino et Meneghini ont mené des enquêtes sur le comportement de la moëlle sternale en relevant seulement un état anémique modéré de type normocytique, normo- et hypochrome, hypoplasique et non hémolytique, dépendant d'une inhibition modérée de la moëlle.

Des recherches ultérieures ont été faites par Meneghini et D'Onofrio qui, se basant sur l'examen de la moëlle, ont confirmé une inhibition hématopoïéti-

que de degré modéré souvent associée à un hypofonctionnement du tissu thrombocytopoïétique et à une éosinophilie périphérique.

Une hypersidérémie aurait été signalée par différents auteurs. Une nouvelle enquête serait intéressante, en s'aidant au besoin de tests d'élimination ferrique urinaire, par la desferrioxamine par exemple.

En conclusion : des cas d'hémopathies quel qu'en soit le type décrit jusqu'à présent sont peu nombreux en regard du très grand nombre de soudeurs. Cela fait exclure pour le moment une éventuelle relation entre cette activité ouvrière et l'apparition d'une hémopathie.

2) *Troubles digestifs*

Ils sont très fréquents comme on peut le voir sur toutes les études cliniques pratiquées chez les soudeurs. Pozzi a noté que les premiers phénomènes qui se manifestent chez ces ouvriers sont précisément des troubles de l'appareil digestif avec douleur épigastrique, nausée, pyrosis et souvent vomissements.

Ces résultats sont tirés des recherches pratiquées par Rösing chez 410 soudeurs électriques et 64 soudeurs oxyacétyléniques : on a noté chez les premiers des troubles graves dans 16,60 % des cas et des troubles légers dans 21,70 % tandis que le pourcentage dans le second groupe était respectivement de 6,25 et 4,70 %. L'auteur croit à partir de ces travaux que les soudeurs électriques souffrent plus souvent de troubles gastriques que les autres; bien que les conditions générales soient bonnes et qu'on n'ait relevé aucune cause possible d'intoxication, la fréquence des affections gastriques serait anormalement élevée.

Les mêmes constatations ont été faites par De Laet, Wisser et Busca, etc.

Selon Feil, les troubles de l'appareil digestif seraient légers, consistant en acidité gastrique et flatulence, tandis que les vomissements et les nausées seraient rares.

Pecora aussi a noté une plus grande fréquence des troubles gastriques chez les soudeurs électriques que chez les soudeurs à la flamme (respectivement 12 et 2 % dont deux cas d'ulcère gastrique et d'ulcère duodénal confirmé par la radiographie. Une fréquence marquée de gastroduodénopathies chez les soudeurs a été relevée aussi par Molfino dans ses recherches sur 449 soudeurs à l'arc et 133 soudeurs oxyacétyléniques avec gastralgie, pyrosis, troubles dyspeptiques variés avec une fréquence de 4,2 % d'ulcères gastriques et duodénaux.

La contribution radiologique de Sommer et Reinhardt est intéressante; ces auteurs ont noté chez 104 soudeurs électriques un ulcère duodénal dans 10 % des cas et une gastrite dans 39 % des cas.

Dohrmann et Völkner ont fait des recherches sur le suc gastrique chez 70 sou-

deurs en relevant dans 50 % des cas une diminution de l'acidité ou même du suc anacide.

Stancari et Amorato ont examiné 264 soudeurs à l'arc, appartenant à différentes industries, divisés en 3 groupes, le premier ayant une ancienneté ouvrière allant jusqu'à 2 ans (91 cas), le second, de 3 à 10 ans (99 cas) et le troisième de plus de 10 ans (74 cas).

Dans le premier groupe, les affections gastroduodénales ont été relevées dans 15 %; dans le second groupe, dans 43 % et dans le troisième, dans 67 %. Les auteurs ont ainsi constaté un rapport entre l'ancienneté dans l'emploi et l'apparition de troubles de l'appareil digestif. On a noté beaucoup de cas d'ulcères gastroduodénaux.

Ces affections ont été rapportées à l'inhalation de vapeurs de manganèse (Reinhardt et Sommer) soit par une action directe sur la muqueuse gastrique soit par une altération de la fonction hépatique. Il faut tenir compte du fait qu'à la suite de pénétration d'oxydes métalliques dans la circulation, des composés métallo-protidiques peuvent se former, qui sont ensuite éliminés vraisemblablement par la muqueuse gastrique et colique qui en ressentent l'effet toxique (De Renzi et Giachi).

Étant donné la plus grande fréquence des affections gastriques chez les soudeurs électriques que chez les autres soudeurs à gaz, Hoschek a étudié le fer sérique et l'a trouvé augmenté dans la moitié des cas. Il a aussi relevé du fer en grande quantité dans les crachats et seulement des traces de manganèse. Selon l'auteur, ni le manganèse ni l'oxyde de carbone ni les gaz nitreux ne sont la cause de ces troubles, qui, au contraire doivent être attribués à des facteurs physiques comme la position de l'ouvrier, le plus souvent incliné, comme l'usage de mauvaises habitudes alimentaires et la consommation de boissons glacées.

Une observation intéressante fut faite chez des soudeurs à l'arc travaillant sur des tôles peintes au minium, dans une cale de navire où l'on accédait seulement par un trou d'homme. L'un de ces soudeurs a ressenti de violents troubles digestifs l'obligeant à garder le lit; vomissements journaliers, puis coliques violentes; les troubles reprenant chaque fois que l'ouvrier reprenait son travail.

Trois ou quatre soudeurs travaillant dans les mêmes conditions présentaient des troubles du même ordre mais plus légers n'ayant pas duré plus de 2 ou 3 jours. L'enquête a établi qu'il s'agissait d'une intoxication au plomb, le risque d'intoxication étant augmenté du fait que les locaux étaient étroits et mal aérés.

3) *Troubles endocriniens*

On a admis la possibilité de troubles thyroïdiens. Chez la moitié des soudeurs,

examinés par Wanick; cet auteur signale également des symptômes à rapporter à des altérations de la fonction thyroïdienne.

Le même auteur rapporte un cas grave de dysfonctionnement thyroïdien chez un soudeur ayant inhalé des fumées et des gaz, en rattachant la symptomatologie à l'inhalation des gaz de soudure. Plusieurs auteurs (Hoestein, Pozzi, Wanick, Pecora, etc.) ont constaté que la soudure électrique pouvait être cause *d'impuissance sexuelle* attribuée soit à une intoxication en particulier par le manganèse, soit à l'action des radiations ultra-violettes. On a aussi pensé à la possibilité d'un syndrome névrotique qui diminue et disparaît lorsque l'ouvrier arrête son travail.

D'autres auteurs (Baader, Symanski) ne croient pas à la possibilité de ces troubles chez les soudeurs. Beiküfner et Langhof ont étudié chez 100 soudeurs électriques de 16 à 40 ans l'éjaculation (examen microscopique du sperme, numération des spermatozoïdes, spermatogramme, etc.) et ont mis en évidence dans 26 cas une stérilité alors que dans la population masculine la stérilité n'est rencontrée que dans 4 % des cas seulement.

Selon les auteurs, ce fait serait dû à l'échauffement excessif du scrotum par l'action des rayons calorifiques de l'arc voltaïque, à l'inhalation des gaz et des fumées toxiques, surtout CO, NO₂, O₃, à l'action des rayons X utilisés pour le contrôle des soudures et enfin à l'action du tabac et de l'alcool.

Ces enquêtes ont été réfutées par Kersten selon lequel des différents facteurs pathogènes mis en cause par Beiküfner et Langhof ne doivent pas être retenus. On a également soulevé l'hypothèse que la soudure électrique provoque des mutations génétiques, cette cause fut soulevée lors de l'apparition de malformations chez un enfant, fils d'un forgeron d'automobiles qui travaillait à la soudure. Mais plusieurs auteurs ont rejeté une telle hypothèse et nié que l'inhalation de gaz et de vapeurs toxiques pouvait entraîner des lésions des glandes génitales.

4) *Troubles du système nerveux*

On a relevé assez rarement quelques troubles du système nerveux central ou périphérique. On rapporte un cas de parésie faciale chez un soudeur qui travaillait avec l'acétylène et qui a été attribué à des impuretés du gaz (Gerbis).

Humperdinck a noté une exagération des réflexes, un signe de Romberg; De Laet et Wisser ont noté somnolence, hyperexcitabilité. Une étude plus détaillée de l'absorption de manganèse ou de plomb est nécessaire.

5) *Affections dentaires*

Lotz et Rau ont attiré l'attention sur l'apparition de réactions inflammatoires parodontaires, les ayant rencontrées chez 32 soudeurs sur 40 examinés.

Weiler nie cependant la possibilité de cette affection chez les soudeurs à partir d'une étude portant sur 416 soudeurs âgés de 18 à 62 ans. Il a souligné que cette affection se rencontre plus fréquemment chez ceux qui mangent peu de légumes, peu de salades et peu de fruits frais.

6) Affections cutanées

Des altérations cutanées de type différent de l'érythème actinique dû à l'action des rayons ultra-violets, ont été décrites. Dans quelques cas on a aussi noté des dermatoses pigmentées et des altérations vasculaires sous forme de télangiectasies. Des manifestations allergiques sont théoriquement possibles surtout avec les dérivés du chrome et du nickel. Les deux cas décrits par Vernon sur l'altération de la lèvre inférieure chez des soudeurs à l'arc qui n'avaient qu'une protection oculaire sont intéressants. Après quelque temps, une petite lésion était apparue sur la lèvre inférieure que l'auteur considéra comme précancéreuse. On a aussi avancé l'hypothèse de la survenue d'une actinodermie avec porphyrinurie qui en pratique n'a pas été constatée. Stein craint le rôle d'une altération constitutionnelle du métabolisme porphyrinique qui serait démasquée avec l'apparition de la lésion cutanée, lors de l'exposition à des rayons ultra-violets dans le travail de la soudure électrique. Il est possible qu'une forte irradiation U.V. puisse déclencher une crise chez un sujet génétiquement disposé.

7) Affections cardio-vasculaires

Selon Britton et Walsh, des signes de souffrances myocardiques peuvent apparaître après l'inhalation de gaz de soudure, en particulier s'il s'agit de vapeurs nitreuses.

Molfino n'a pas rencontré d'augmentation de la fréquence des cardiopathies chez les soudeurs à arc comparativement aux autres catégories d'ouvriers. L'argument a été particulièrement pris en considération par Freesen et collaborateurs dans leur enquête chez les soudeurs à arc dans les constructions navales. On a rencontré des cardiopathies organiques chez 379 ouvriers, soit 8,5 % des travailleurs examinés, mais dans plus de 3/4 des cas il s'agissait de lésions artériosclérotiques-hypertensives et le reste était à attribuer à des conséquences de maladie rhumatismale, à quelques rares cas d'affection syphilitique et à deux cas de dextro-cardie. On a relevé des troubles uniquement fonctionnels avec tachycardie chez 204 ouvriers et dans quelques cas une extrasystolie. Aussi s'appuyant sur des recherches électrocardiographiques, comparativement aux résultats obtenus chez des ouvriers non soudeurs, les auteurs croient que ce métier n'entraîne pas d'altération de l'appareil circulatoire.

La tension artérielle a été surveillée et on a constaté une tendance à l'hypotension aussi bien chez les sujets primitivement normo-tendus que chez les hyper-tendus.

La cause de cette hypotension n'est pas bien établie, s'agit-il de l'action des gaz nitreux ou existe-t-il d'autres facteurs à action hypotensive?

Selon Britton et Walsh, les gaz de soudure peuvent déterminer l'apparition de crises cardiaques graves ou aggraver des lésions déjà préexistantes. Ces phénomènes ne peuvent être interprétés en fonction du travail que si d'importants troubles respiratoires ont été déterminés par un accident du travail et sont venus aggraver une cardiopathie préalable. Sevcik et collaborateurs ont relevé chez 53 soudeurs de l'âge moyen de 33 ans 1/2 ayant une ancienneté de travail de 8 ans 1/2, à côté d'une irritation des voies respiratoires supérieures, un abaissement de la pression systolique, avec arythmie extrasystolique.

8) *Surdité professionnelle*

On a également constaté des troubles de l'audition chez 67 soudeurs sur 100 sujets examinés. Cette surdité est probablement due à l'existence de bruits assez forts dans l'usine étudiée.

Conclusion

Les affections dont se plaignent les soudeurs affectent en premier lieu les yeux, les voies respiratoires et le système digestif.

S'il n'y a pas à proprement parler de maladies graves du soudeur à l'arc, cela tient en grande partie aux moyens de protection mis en œuvre : les lunettes, masques, systèmes d'aspiration et de ventilation comme nous le verrons dans la dernière partie de cette étude.

IV — MÉTHODES PRATIQUES DE DOSAGE DES GAZ TOXIQUES

Étant donné l'importance des gaz toxiques dans « La pathologie du soudeur » il a semblé intéressant de donner des indications sur la façon dont sont effectués le prélèvement et le dosage des gaz toxiques (Bernuchon I.N.S.).

Principes et exécution des prélèvements

Généralités

Le problème du prélèvement n'est pas simple, et, si l'on veut qu'il soit aussi représentatif que possible, il est indispensable d'en établir clairement les conditions d'exécution.

Il est superflu d'insister sur l'importance qui s'attache à effectuer les prélèvements au niveau des voies respiratoires du travailleur. Or, dans le cas des arco-soudeurs, l'ouvrier est équipé d'un masque ou casque à verres teintés, destiné à sa protection visuelle, mais qui emboîte plus ou moins étroitement son visage, selon le modèle choisi et le travail effectué. C'est dans ces espaces qu'il convient d'effectuer le prélèvement. Il faudra d'ailleurs opérer avec un débit d'aspiration très lent (de l'ordre de quelques litres d'air par minute) pour ne pas créer une « ventilation artificielle » qui enlèverait à la mesure tout caractère significatif. Une aspiration avec un débit de 100 litres par minute, telle qu'elle est pratiquée couramment avec des appareils filtrants à grand débit, tel l'appareil ARM bien connu en France, pourrait avoir pour effet, soit de diminuer la pollution locale par apport d'air « pur », soit, au contraire, d'aspirer des gaz ou des poussières qui, normalement, ne seraient jamais parvenus à cet emplacement.

Il est déjà fâcheux de ne pouvoir pratiquer la prise d'atmosphère au voisinage immédiat de la bouche et du nez du soudeur, car ce mode opératoire ne manquerait pas d'apporter une gêne dans l'exécution de sa tâche, ce qui nuirait d'une autre manière au caractère représentatif de la mesure.

On ne rappellera jamais trop ce principe, si souvent perdu de vue malgré son évidence, que l'exécution d'une mesure ne doit pas modifier de façon sensible la grandeur que l'on cherche à mesurer.

Ce mode opératoire, s'il complique un peu et rend plus laborieuse l'exécution des prélèvements, présente au moins l'avantage de serrer d'aussi près

que possible la réalité. Il est aussi permis d'espérer que la normalisation des opérations de prélèvement et d'analyse, jointe au grand nombre des déterminations, donnera à ce travail un caractère d'homogénéité facilitant son interprétation :

- la nature du courant (continu ou alternatif),
- le mode de ventilation (naturelle ou forcée),
- le cubage approximatif du lieu de travail,
- le nombre de postes en service,
- enfin, tous autres renseignements pouvant présenter quelque intérêt.

La multiplicité de ces paramètres pourrait faire craindre une certaine difficulté d'interprétation des résultats. L'expérience montre que, malgré cette variété, les renseignements analytiques paraissent très exploitables, et peuvent être de nature à encourager la poursuite d'une étude qui, malgré son ampleur, reste encore limitée.

Exécution des prélèvements

Il a été employé, pour l'exécution des prélèvements et celle des analyses ultérieures, des techniques mises au point depuis plusieurs années au « Laboratoire de toxicologie et d'hygiène industrielle » de la faculté de pharmacie de Paris, et qui ont été largement utilisées au cours de nombreuses enquêtes dans une grande variété d'établissements industriels.

Il convient de rappeler brièvement le principe de ces prélèvements et mesures.

La détermination de la concentration de substances nocives dans l'atmosphère implique la mesure volumétrique d'une quantité d'air déterminée, et l'évaluation quantitative des constituants toxiques contenus dans cette prise d'essai.

Mesures des volumes d'air

Les prélèvements d'air ont été effectués par aspiration, en utilisant, soit une fontaine de Mariotte, soit un dispositif de succion à commande électrique. Les volumes aspirés ont varié de quelques litres à quelques dizaines de litres. Ils ont été évalués, dans le premier cas, par mesure du volume d'eau écoulé dans le second cas, par usage d'un compteur volumétrique.

Détermination quantitative des substances toxiques

Dans le cas présent, il y avait coexistence de toxiques sous forme *solide* (poussières) et *gazeuse* (gaz et vapeurs).

Toxiques sous forme solide

Les constituants *solides* provenant, soit des fumées de soudure, soit de l'ambiance de travail elle-même, sont été retenus sur un filtre en papier, de la marque Durrieu (bande rouge), dont l'efficacité s'est avérée excellente, no-

tamment au cours d'études effectuées au « Laboratoire de toxicologie » dans le cadre de la lutte contre le saturnisme.

Les identifications et les dosages des substances retenues ont été faits sur des parties aliquotes de ces filtres en employant des méthodes analytiques parmi lesquelles nous pouvons citer les suivantes :

— *Recherche de l'oxyde ferrique* : épuisement d'une partie aliquote du filtre par l'acide chlorhydrique dilué, et colorimétrie au sulfocyanure de potassium, à pli constant.

— *Recherche du manganèse* : minéralisation d'une partie aliquote du filtre, et oxydation per-iodique en milieu acidifié par l'acide phosphorique (technique de Hammond et Lévine et Jacobs).

— *Recherche des fluorures* : minéralisation d'une partie aliquote du filtre, et dosage du fluor selon la méthode de Fabre, Truhaut et Bernuchon.

— *Recherche du titane* : minéralisation d'une partie aliquote du filtre et colorimétrie par le thymol en milieu sulfurique concentré, par une technique dérivée de celle de Griel et Robinson.

— *Recherche du nickel* : minéralisation d'une partie aliquote du filtre, et détermination des quantités de métal présentes, par une méthode colorimétrique utilisant la diméthyl-glyoxyme.

— *Recherche du plomb* : minéralisation d'une partie aliquote du filtre, suivie d'un dosage polarographique par la méthode de Fabre, Truhaut et Boudène, etc.

Ces méthodes se sont révélées d'application relativement aisée. La présence de quantités non négligeables de *titane* et de *fluor* dans les papiers filtres vierges a conduit à doubler certains dosages par des mesures « à blanc ».

Il ne nous a pas été possible, faute de méthode analytique suffisamment fine, d'effectuer la recherche quantitative de la *silice* ou des *silicates* pouvant provenir de l'enrobage des électrodes.

Toxiques gazeux

Les constituants gazeux des atmosphères de travail, notamment ceux à réaction *acide* (anhydride carbonique et peroxyde d'azote) ont été retenus par barbotage dans une solution de sucrate de baryte, selon une technique dérivée de celle de Cheramy et Leheuzey. Le dosage de CO₂ était ensuite effectué par acidimétrie en retour, et celui des nitrites (provenant de la neutralisation de NO₂) par colorimétrie à l'aide des réactifs de Griess à l'acide parasulfanilique et à l'alphanaphtylamine en milieu acétique. Les résultats ont été traduits en ml de CO₂ et de NO₂ par mètre cube d'air.

Quant à l'oxyde de carbone (dont nous n'avons à vrai dire rencontré que de faibles traces), il a été recherché avec l'aide de l'analyseur de Draeger, équipé de tubes réactifs appropriés. Les analyseurs IR peuvent être aussi utilisés.

V — PRÉVENTION ET THÉRAPEUTIQUE

A — Prévention

Étant donné les multiples techniques de la soudure, il est nécessaire d'adopter des moyens de prévention différents selon la méthode suivie. Mais dans chaque cas, on ne peut pas déroger aux règles générales qui doivent être toujours appliquées pour empêcher l'apparition des phénomènes morbides.

La prévention doit prendre en considération l'ouvrier, le poste de travail et le matériel avec lequel l'ouvrier est en contact.

1) *Sélection à l'embauche*

En ce qui concerne le personnel soudeur lors de l'examen d'embauche il faut tenir compte surtout des conditions des appareils respiratoire et digestif et des yeux; le soudeur devrait être soumis à un examen radiologique du thorax lors de visites médicales périodiques.

En outre, il est bon de pratiquer une sélection professionnelle en tâchant de savoir si l'ouvrier possède les qualités nécessaires pour exercer cette profession : c'est l'orientation biologique de la main-d'œuvre. Puisqu'il s'agit de travaux différents, il sera bon d'établir des fiches selon les différents procédés employés (soudure à arc, à l'hydrogène atomique, au chalumeau oxyhydrique, etc.). A l'Institut national de sécurité à Paris, on a étudié les différents profils professionnels. Les fiches d'étude de poste ont été établies suivant chaque procédé de soudure (par exemple soudage à l'arc, au chalumeau, par résistance, etc.) et en fonction de son application particulière (sur petites pièces en locaux aérés, ou sur gros œuvres dans de mauvaises conditions d'aération : navires par exemples).

Selon Meiche, les causes les plus fréquentes de l'absentéisme parmi les ouvriers qui pratiquent la soudure à arc en atmosphère inerte, sont les maladies des voies respiratoires et les troubles digestifs.

En tenant compte des différents facteurs qui peuvent être nuisibles aux soudeurs, il faut empêcher avant tout que l'ouvrier inhale les gaz qu'on emploie ou qui se dégagent pendant la soudure, en raison de la haute température (argon, ozone, oxydes d'azote, gaz carbonique, oxyde de carbone). *Il faut donc que la ventilation des ateliers soit suffisante, l'idéal étant que les travaux aient lieu à l'air libre.*

En cas de travail en air confiné, dans des locaux mal ventilés le personnel devra être muni de *masques*.

Les masques

Les masques qu'on emploie habituellement sont filtrants ou isolants avec adduction d'air frais.

Les premiers ont un dispositif de filtration qui retient les particules de diamètre inférieur à un micron; ceux dont le filtre est constitué de feutre ou d'ouate ou d'un matériel analogue sont inefficaces : dans le cas de vapeurs nitreuses il faut qu'il y ait un dispositif qui absorbe les acides.

Pour être efficace la filtration doit se faire avec un filtre de texture serrée.

L'autre type de masque est bien meilleur, le sujet respire de l'air légèrement comprimé au moyen d'un dispositif étudié de telle manière que l'inhalation de gaz toxique n'est pas possible (masque isolant). Mais il faudra éviter d'ajouter de l'oxygène, dangereux en raison du risque d'incendie. Ces masques peuvent être du type bucconasal ou du type masque à gaz. Le masque conseillé (1964) en France, muni d'un système mobile d'aspiration des fumées à la source est intéressant. Il permet à l'ouvrier de se déplacer et de travailler sur de grosses pièces difficilement transportables. Dans le masque un tuyau flexible est lié à un conduit d'aspiration.

Les verres de protection

Ils ont plusieurs rôles :

- protéger le visage contre la projection de particules incandescentes;
- réduire la lumière visible à un niveau normal pour une bonne visibilité de travail sans fatiguer la vue;
- éviter les radiations ultra-violettes :
 - éliminer les ultra-violets (λ inférieur à 0,3 micron),
 - réduire à un niveau convenable les ultra-violets (λ supérieur à 0,3 micron),
 - réduire les infra-rouges courts (λ inférieur à 1,5 micron).

Les ultra-violets de la zone « érythème » (λ inférieur à 0,3 micron) sont arrêtés par des verres ordinaires de 3 mm d'épaisseur au moins (Granjon).

Pour réduire les ultra-violets longs et les infra-rouges, on doit ajouter aux constituants normaux des verres des oxydes métalliques ou des sels de didyme. Les verres seront différents selon la technique du soudure employée :

Pour le soudage au chalumeau

Les verres devront essentiellement réaliser une opacité suffisante pour la région visible.

La protection est aussi à soigner dans la zone de l'ultra-violet, en particulier 0,3 et 0,4 micron.

Pour le soudage à l'arc

La protection contre les infra-rouges doit être assurée.

Pour la brasure et l'oxycoupage à la machine

Les verres doivent assurer une bonne protection contre l'U.V. court, le rayonnement infra-rouge et être suffisamment clairs pour permettre une bonne visibilité.

2) *Hygiène individuelle*

L'ouvrier devra se laver le visage, les mains et les cheveux. Il faut éviter les collations pendant les heures de travail.

L'habillement

Doit protéger contre les brûlures (protection des bras et de l'abdomen).

Pour éviter les accidents par électricité

Il faut avant tout relier l'appareil avec la terre, et le conducteur doit être en cuivre, avec une section supérieure ou égale à 23 mm.

Pour les appareils anciens, on reliera avec la terre toutes les parties métalliques.

En outre, il ne faut jamais déposer la pince porte-électrode sur la partie à souder, mais sur un support isolant pour éviter un échauffement anormal par court-circuit et soumettre à une révision systématique l'appareil qui doit être bien isolé.

Les gants

Sont indispensables, pour les deux mains. Ils seront en cuir ou en toile épaisse et serviront à protéger contre les brûlures et contre le courant électrique.

Le port d'un *écran à main* ou d'un *casque* est obligatoire : l'écran à main est en matière opaque calorifuge, muni d'une fenêtre rectangulaire formée de verres spéciaux. Le casque articulé doit être léger, également muni de verres spéciaux. Il a sur l'écran à main l'avantage de laisser au soudeur les deux mains libres.

Chaque soudeur devrait travailler dans une cabine isolée ou en entourant le local de travail avec des paravents, avec une ventilation propre pour éloigner les fumées qui, même si elles ne sont pas toujours toxiques, irritent les voies respiratoires.

Dans la soudure à arc en atmosphère inerte, où l'on fait usage d'électrodes nues, les écrans de protection et les lunettes sont suffisants, si l'on emploie l'argon et si le courant n'excède pas 400 ampères; au delà de 400 ampères, il faut employer des filtres efficaces contre les rayons infra-rouges, avec des lentilles argentées reflétant les rayons nuisibles, renforcées par des verres résistants au feu.

En outre, ce travail doit être fait dans un box à parois obscures ou en entourant le lieu de travail par des tentes non inflammables ou des châssis peints en gris foncé à l'oxyde de zinc.

Pour protéger le corps des radiations ultra-violettes, il faut porter, en plus des lunettes, un casque de cuir ou de matière plastique, muni de visière. On recommande de laisser une chambre à air entre la calotte du casque et la tête de l'ouvrier et, en outre, de peindre l'extérieur du casque avec un vernis au bronze d'aluminium qui reflète les rayons. De plus, le tronc et les cuisses seront protégés par un tablier de tissu non inflammable ou de cuir : pour certaines opérations, les ouvriers devront être équipés de pantalons de cuir. Pour les mains et les avant-bras on aura besoin de gants de cuir chromé.

3) Règles de prévention vis-à-vis du matériel et des locaux

En utilisant des chalumeaux oxyacétyléniques défectueux, on risque de provoquer des incendies et même des explosions, puisque l'oxygène peut se mêler à l'acétylène et que le mélange inflammable risque d'exploser. Les chalumeaux doivent être conservés en excellentes conditions et réparés par *des spécialistes* pour prévenir les accidents.

Dans l'industrie du *pétrole*, le travail de soudure ne doit être autorisé que lorsque les tuyaux sont complètement vidés; après avoir pratiqué le dégazage par lavage à l'eau et la ventilation avec des éjecteurs; le matériel employé pour la soudure doit satisfaire à des conditions particulières de sécurité (Fleury). La soudure qu'on pratique à l'intérieur des réservoirs est très dangereuse car on peut y trouver des résidus de vapeurs d'hydrocarbures. Il faut aussi tenir compte de l'atmosphère des locaux voisins, dans lesquels on peut trouver des vapeurs à la limite de l'explosivité (de 1 à 6 % de vapeurs d'hydrocarbures dans l'air).

Il faut avoir des permis spéciaux avant de commencer ces travaux de soudure; puis, il faut laver les récipients avec de l'eau en les remplissant jusqu'au bord de manière à ce que l'eau se répande sur le plancher; après les avoir vidés, il faut les laisser à l'air pendant deux ou trois jours. Il est conseillé de bien isoler les conduits qui apportent habituellement le pétrole à ces récipients.

Après le lavage et le dégazage, il est recommandé de contrôler s'il y a encore des vapeurs dans l'air au poste de soudure, ce qu'on peut déterminer au moyen d'un explosimètre. On pourra commencer le travail quand tous les contrôles auront donné un résultat favorable.

Les risques que le travail *de soudure à bord des navires* offre peuvent être de nature mécanique, thermique ou dus à l'inhalation des vapeurs toxiques.

Aux Pays-Bas, pour prévenir les accidents par incendie, en cas de coupure accidentelle d'un conduit de propane et d'oxygène, on emploie dans la soudure à gaz un dispositif particulier, dénommé « gasstop » au moyen duquel on coupe l'alimentation du chalumeau dès que le débit du gaz dépasse le débit normal.

Les gaz et les fumées sont éloignés du voisinage de l'ouvrier au moyen de systèmes appropriés, aspiration vers le bas, réalisant ainsi une importante diminution de la teneur en substances toxiques qui est toujours inférieure à la plus haute concentration tolérable, et cela sans dispositif d'aspiration générale d'atelier si l'aspiration est correcte.

En outre, on emploie dans la soudure normale des électrodes contenant des quantités minimales d'éléments toxiques (chrome, manganèse, fluor) en donnant la préférence aux électrodes au rutile, puisque la toxicité de l'oxyde de titane est très faible.

La préférence que l'on donne aux techniques de soudure avec flux automatiques et semi-automatiques est importante du point de vue économique.

Le « Comité technique national français de la métallurgie » a formulé le 22 mai 1964 cinq recommandations pour prévenir les différentes affections morbides des soudeurs :

- 1) Pratiquer l'aspiration au point d'émission des gaz et des fumées qui devront être rejetés dans le milieu externe. Le débit nécessaire à une bonne aspiration doit être de 7 à 11 m³ à la minute, selon la distance entre l'arc de soudure et l'orifice d'aspiration.
- 2) Si l'aspiration au point d'émission est insuffisante, il faut recourir à la ventilation générale ou combiner les deux systèmes. La ventilation générale doit assurer un changement d'air de 56 m³ à la minute sans descendre au dessous du triple total du volume du local à l'heure.
- 3) S'assurer de la direction des gaz et des fumées pour empêcher de fortes concentrations au niveau des voies respiratoires de l'ouvrier.
- 4) Le médecin de l'usine doit déterminer fréquemment le risque auquel les ouvriers sont exposés.
- 5) Dans les travaux en locaux confinés il faut que l'aspiration soit au point d'émission, et il faut faire attention que le dispositif d'aspiration ne crée pas de courants d'air gênants pour les ouvriers.

Pour la soudure à l'arc en atmosphère gazeuse, ce comité a publié en mai 1965 d'autres recommandations, surtout pour les travaux qu'on réalise avec électrodes de tungstène en atmosphère inerte (argon ou hélium), procédé TIG

ou avec le procédé MIG avec un fil électrode fusible en atmosphère inerte (argon ou un mélange riche d'argon), ou enfin, en atmosphères non inertes (gaz carbonique tout seul ou avec d'autres gaz).

Dans ces travaux on emploie des substances inertes qui ne sont pas toxiques mais qui peuvent provoquer des états d'asphyxie, si elles sont en excès, comme par exemple l'argon; également des toxiques dérivant des substances utilisées pour le dégraissage (vapeurs nitreuses, oxyde de carbone, phosgène) ou des pièces à souder (vapeurs de Zn, Pb, Chr, Cd, Be, etc.). Il faut aussi considérer les radiations émises par l'arc (rayons ultra-violetes et infra-rouges).

Pour les produits de la pollution atmosphérique, il sera bon d'effectuer une aspiration locale ou ventilation générale en réalisant dans ce cas-là un changement d'air au moins de 56 m³ à la minute et par soudeur.

En cas d'impossibilité, surtout si l'on fait le travail dans des locaux confinés ou si des vapeurs particulièrement toxiques se développent, il faut que chaque ouvrier soit muni d'un respirateur. En outre, tout ce qui est à souder devra être exempt de traces de solvants et les locaux où l'on pratique le dégraissage, différents de ceux de la soudure, doivent être bien ventilés et avoir un appareil pour la condensation des vapeurs des solvants. Chaque ouvrier doit porter obligatoirement un casque, avec un masque, qui doit protéger tout le visage jusqu'au cou, muni de verres qui filtrent les radiations et d'autres qui absorbent la chaleur, situés à la distance de 1 mm avant. En outre, le corps doit être protégé d'un tablier de cuir et les bras de gants de cuir ou d'amiante. Même les ouvriers non soudeurs mais qui travaillent dans le voisinage doivent porter des lunettes de protection.

B — Thérapeutique

Pour les lésions oculaires assez douloureuses dues à la lumière intense de l'arc il est conseillé de mouiller l'œil avec de l'eau fraîche et d'instiller ensuite quelques gouttes de xylocaïne en solution de 1/2000 et enfin de l'huile de paraffine stérile. L'exposition aux rayons ultra-violetes peut provoquer une conjonctivite qui se manifeste quelques heures après et qu'on doit traiter de la même manière.

En cas de corps étrangers dans l'œil, il ne faut pas toucher ni frotter l'œil pour éviter les infections possibles. La douleur se calme avec du collyre à la xylocaïne et puis, l'œil protégé par un pansement *non serré*, l'ouvrier doit être examiné par un ophtalmologiste.

La distribution de lait aux soudeurs présente l'avantage de leur éviter ainsi l'ingestion de boissons alcoolisées et de bière; elle peut aussi constituer un moyen de prévention pour les affections gastro-duodénales, mais son emploi rappelle malheureusement l'idée périmée d'un effet antitoxique du lait.

Il ne faut appliquer aucune pommade sur les brûlures superficielles qui sont habituellement stériles, mais après les avoir traitées avec une solution de mercurescéine à 1/200, on les couvre d'une pommade antibiotique non allergisante (corticoïde).

Si la brûlure est profonde ou étendue, en général après une explosion, il faut transporter l'ouvrier à l'hôpital le plus proche, sans le déshabiller, en protégeant la région brûlée par un linge stérile et penser à traiter l'état de choc qui peut apparaître en de pareils cas (perfusion IV de solution de haut poids moléculaire ou à la rigueur de sérum physiologique).

Dans les industries où l'on pratique la soudure, il faut instituer une pharmacie de secours immédiat, avec des bandes stériles, des pommades non allergisantes, de la mercurescéine à 2 %, des collyres non allergisants, des pansements et du coton hydrophile.

Lorsque, après l'inhalation de gaz toxiques ou de fumées, surviennent des troubles respiratoires, il faudra éloigner l'ouvrier du lieu de travail et le mettre au repos absolu, en atmosphère humidifiée; en cas d'œdème pulmonaire, il s'agit d'un traitement de réanimation en milieu spécialisé. En l'absence d'une telle organisation, repos absolu, atmosphère légèrement enrichie en oxygène, corticoïdes IV, antibiotiques, et saignée si la pression veineuse est élevée.

Contre la sidérose, pour éliminer le fer des poumons, on peut employer la desferrioxamine (Desferol de chez Ciba) qui est un chelateur du fer, contenu dans les différents organes, à la dose de 500 mg, deux fois par jour, en dosant en même temps la sidéremie et l'élimination urinaire du fer.

Contre les troubles gastriques, on administrera les différents médicaments symptomatiques et antiacides après avoir prescrit un régime très strict à l'ouvrier.

Conclusion

La monographie sur le soudage s'efforce d'apporter la description d'une situation actuelle.

La part de la pathologie professionnelle qui s'y trouve traitée correspond en effet aux observations déjà faites et aux corrélations évidentes, probables, ou douteuses, que les médecins du travail et les hygiénistes industriels doivent connaître. C'est donc bien un élément de travail, un bilan des connaissances acquises ou des aperçus critiques et qui montre avec quelle prudence on doit analyser certaines publications qui risquent d'inquiéter vivement employeurs et salariés lorsqu'elles sont énoncées par de hautes autorités médicales.

On ne saurait trop insister sur la difficulté d'analyse des manifestations subjectives, sur le risque d'interprétation trop rapide de troubles qu'aucun examen complémentaire ne peut démontrer.

Ces réserves faites, diverses inquiétudes disparaissent à la lecture de la monographie : le risque des manifestations broncho-pulmonaires chroniques, en cas d'exposition à des gaz ou à des fumées nocives, l'évolution du danger en fonction de la technologie qui introduit un élément d'évolution permanente au niveau des alliages d'électrodes, des enrobages et des gaz-atmosphères de fusion.

C'est le premier chapitre des orientations nouvelles; il est évident que toute technologie nouvelle du soudage impose un contrôle régulier et prolongé et qu'elle constitue l'un des exemples les plus nets de la modification du milieu au sein duquel travaille l'ouvrier. Bien entendu, de bonnes mesures de prévention, une aération indispensable sont des garanties idéales de protection, mais elles ne peuvent pas toujours être respectées et les toxicologues industriels doivent s'efforcer de définir les risques, dès l'instant qu'ils existent, même à titre potentiel.

La deuxième zone d'orientation de la recherche correspond aux nouvelles définitions des atmosphères toxiques car des progrès considérables ont été enregistrés dans ce domaine au cours des dernières années.

Il ne fait aucun doute que certains travaux se rapportant à une méthode de dosage définie méritent d'être repris grâce aux techniques récemment publiées et permettent une identification séparée des principaux produits nocifs, une meilleure appréciation des risques réels; par exemple, l'indication « vapeurs nitreuses » devra céder la place aux dosages séparés de NO et NO₂ dont la toxicité est fort différente, à celle des dérivés peroxydes et même des dérivés nitro-peroxydes qui se placent maintenant parmi les éléments importants de la pollution atmosphérique; les atmosphères de soudure devront être étudiés sur le même modèle.

Nous espérons que cette monographie rédigée comme un travail en commun, à l'intérieur de la Communauté européenne, sera le point de départ des recherches indispensables à la protection des salariés et à l'amélioration des postes de travail.

BIBLIOGRAPHIE

CLINIQUE

Calogera, E.

Inalazione mortale di fumi di saldatura elettrica. *Minerva Medico-legale*, 71, p. 176-180, nov. 1951

Corbanot et Glutti

Sur une intoxication dans une usine de soudage. *Arch. mal. prof.*, 9, n° 3, p. 846, mai 1948

Dervillée, Lazarini et Dartigue-Peyron

Étude sur les conditions de travail et la pathologie des ouvriers soudeurs, résultats d'une enquête régionale. *Soc. méd. trav. de Bordeaux et de sa région*. Séance 15 nov. 1957

De Rosa, R.

Patologia e clinica dei saldatori, *Folia Medica*, 41, 592, 1958

Doig, A.T and Duguid, L.N.

The health of welders, H.M. Stationery Office, London 1962, 2, p. 84

Forssmann, S. et collaborateurs

Recherches sur les fumées et gaz de soudage à l'arc, au point de vue des dangers pour la santé

Gordowski, A. et Guillore, C.

Intoxication subaiguë chez un soudeur. Résultats de l'enquête toxicologique. *Arch. mal. prof.*, 1960, 21, n° 1, p. 41-43

Hoschek, R.

Über die Ursachen der Beschwerden der Elektroschweißer. *Arch. f. Gewerbepath. u. Gewerbehyg.*, 14, S. 58-76, 1955

Ledoux, P.

Contribution à l'étude des maladies professionnelles des soudeurs. Thèse, Strasbourg, 1937

Marchand, M.

Pathologie professionnelle des soudeurs à l'arc. Journées départementales d'études d'hygiène et de sécurité du travail. 17 mai 1963, Beauvais

Marchand, M.

Enquête sur la pathologie professionnelle des arco-soudeurs. IX^e J. nat. de méd. du travail du bâtiment et des T.P., Toulouse, 8, 11 mai 1964, p. 153-168

Meichen, F.W.

Modern welding and health hazards, Transactions of the Assoc. of Ind. Officers, London 1960, 10, p. 39

Molfino, F.

Patologia clinica dei saldatori ad arco. Relaz. 14° Congr. naz. medic. lavoro, Torino 1948, Atti, 1, p. 123

Mortier

Les maladies professionnelles dans les industries métallurgiques. La soudure autogène. Protection, 31, n° 8, 1951, p. 146

Pecora, L.

La patologia dei saldatori, Folia Medica, 31, 150, 1948

Pozzi, N.

Les maladies professionnelles des arco-soudeurs. Thèse, Paris 1938, Vigot Éd.

Pozzi, N.

Les dangers de la soudure à l'arc. Arch. mal. prof., 1, 389, 1938

Raymondaud, H.

Affections des soudeurs. L'Usine nouvelle, 7, n° 12, mars 1951, p. 52

Richter, F.K.

A propos de l'altération de la santé due aux fumées produites lors du soudage à l'arc électrique des matériaux ferreux. Schweiß. Tech., 2, n° 12, déc. 1952, p. 371

Rubino, C.F., Pettinati, L., Bellion, F., Zina, G., Ghelma, U. e De Pedrini, C.

Patologia dei saldatori. Relaz. 29° Congresso medicina del lavoro, Salice Terme, maggio 1966

Schweischerrer

Les risques pour la santé dans la soudure à l'arc et au chalumeau oxyacétylénique. J. ind. tox., 27, n° 1, juin 1943, p. 6

Schiötz, E.

Aspect médical de la soudure. Acta Med. Scand., 191, n° 8-9, p. 532

Ševčík, M., Chalupa, B., Kihůfková, E. und Hrazdira, Č.L.

Gesundheitsschäden bei Elektroschweißern, Zentr. f. Arbeitsmed. u. Arbeitsschutz, 10, 77, 1960

Sommer, F. und Reinhardt, K.

Über Gesundheitsschäden bei Elektroschweißern, Zentr. f. Arbeitsmed. u. Arbeitsschutz, 2, 79, 1952

Stöckly, A.

Gesundheitsgefahren beim Schweißen. Ztschr. f. Präventivmed., 5, Nr. 11-12, 329-432, 1960

Symanski, H.J.

Über Gesundheitsschädigungen beim Elektroschweißen. Besprechung vom 29. März 1950

Wanick, H.

Metallschweißerkrankheit bei einem Kranführer, Arch. f. Gewerbepath. u. Gewerbehyg., 11, 179, 1942

Allergie

Kaplan, K., Ziligmen, I. and Baltimore

Urticaria and asthma from acetylene welding. Arch. Dermatol., 1963, 88, No 2, 188

Dents

Weiler, K.

Paradentose bei Elektroschweißern, Zentr. f. Arbeitsmed. u. Arbeitssch., 12, 8, 1962

Estomac

Reinhardt, K.

Sur le pourcentage élevé des maladies d'estomac chez les soudeurs à l'arc. Arch. mal. prof., 13, n° 6, nov. 1952, 544-546

Roelsing

Häufigkeit und Ursache von Manganbeschwerden bei Elektro- und Autogenschweißern. Arch. f. Gewerbepath. u. Gewerbehyg., 11, 77, 1952

Stancari, V. e Amorati, A.

Gastroduodeniti nei saldatori ad arco. Arch. Pat. e Clin. Med., 40, 72, 1963

Foie - Thyroïde

Wanick, H.

Störungen der Leber- und Schilddrüsenfunktion als Ausdruck der Schweißerkrankheit, Arch. f. Gewerbepath. u. Gewerbehyg., 9, 113, 1938

Œil

Arona

Cataracte électrique. Arch. de O. hisp. arch., juin 1919

Bates

Les effets sur l'œil humain du rayonnement provenant des divers procédés de soudage. Sheet Met. Ind., 29, n° 200, 1953, p. 249-252

Berner, I.

Absorption de rayons infra-rouges par le cristallin. Arch. opht., déc. 1927, p. 370

Bonnardel, R.

Vision et profession. Travail humain, 1931, série A, n° 6

Bonnardel, R.

Appareil pour l'étude de l'éblouissement et de l'adaptation aux faibles éclairages. Compte rendu de la société de biologie, 1934

- Brunschwiler, P.**
Utilisez-vous de bons verres de protection? Journ. de la soudure, 51, 345, 1961
- Carlo**
Le cristallin est-il susceptible d'être lésé par les radiations violettes et ultra-violettes? Ann. ocul., juillet 1914, p. 41
- Chajutin**
L'adaptation optique chez les soudeurs électriques. Swit Vertn Opt., 5, 1934, p. 239-241
- Cockrum, W. et Slaughter, H.C.**
Rapport sur l'ophtalmologie industrielle à Evansville, Indiana, U.S.A., 1947
- Corda**
Cataracte professionnelle. Zeitschrift Augenheilkunde, nov. 1926, p. 251
- Coutla**
L'œil et les maladies professionnelles, Masson Éd., Paris 1939
- Escher, Desrivières**
Bases scientifiques de la normalisation des verres protecteurs
- Fitzgerald, J.R.**
Sidérose du cristallin et du corps vitré, Am. J. Opht., 30 juin 1947, p. 762
- Gayet**
Sur le pouvoir absorbant du cristallin pour les ultra-violets. Société fr. d'ophtalmologie, 1884
- Goldmann**
Cataracte par infra-rouges. Recherches critiques et expérimentales au sujet de la cataracte par infra-rouges et la cataracte des travailleurs du feu. Graefe's Arch. Opht., nov. 1931, p. 313
- Goldmann et collaborateurs**
Au sujet de la soi-disant cataracte infra-rouge. Graefe's Arch. Opht., février 1931, p. 652
- Gyessing, R.**
Cataracte électrique examinée avec la lampe à fente de Gullstrand. Brit. J. Opht., oct. 1922, p. 447
- Haglund, K.**
Trattamento della « vampata oculare » dei saldatori (cheratocongiuntivite elettrica) col collirio di xilocaina. Svenska Läkartidningen, 60, 184, 1963
- Hasselot, I.**
Accidents oculaires par l'arco-soudure et maladies professionnelles. Med. Usine, 18, 1960, p. 3-12
- Hess**
Action de l'ultra-violet sur le cristallin, Arch. Augenheilk., 1907, p. 185
- Kratz**
Actions des radiations infra-rouges sur l'œil et sur la réaction de la cystéine du cristallin, Klin. Monatsch. Augenheilkunde, juin 1925, p. 56

Legrand et collaborateurs

Recherches préliminaires concernant l'action de l'infra-rouge sur l'œil. Soc. biol. Paris, 1952, 145, n° 25, p. 1871

Maurelli, C.

Les caractéristiques des verres de protection pour les soudeurs, selon la nouvelle norme britannique. Securitas, 33, n° 2, avril 1948, p. 32-36

Maurelli, C.

Verres de protection pour le soudage. Securitas, 36, n° 1, 1951, p. 12-14

Meyer

Prophylaxie de la cataracte due aux infra-rouges. Graefe's Arch. Opht., sept. 1934, p. 503

Minton, J.

Maladies professionnelles du cristallin et de la rétine. Brit. Med. J., 1949, n° 4600, p. 447

Pancheri, C. e Colombo, G.

Note sulla congiuntivite dei saldatori elettrici. Rass. med. ind., 17, 203, 1948

Schlaffner

Absorption des rayons infra-rouges par l'humeur aqueuse, le cristallin et le vitré. Graefe's Arch. Opht., oct. 1927, p. 22

Scotti

Altération du cristallin par les rayons ultra-violet. Ann. de Ott. e Clin. Ocul., mars 1930, p. 230-232

Slaughter, A.C. et Cockrum, W.

Rapport sur les accidents oculaires d'origine industrielle dans les chantiers navals d'Evansville. Anal. dans Excerpta Medica, 2, n° 4, 1948, p. 202

Teir, H.

Quelques observations sur l'irritation des yeux, ophtalmia electrica, causée par le soudage. Hitsanstekn., 2, n° 4, 1951, p. 133

Touliant

Contribution à l'ophtalmie des soudeurs autogènes. Pathogénie, symptômes, prophylaxie. Soc. ophtalm. de Paris, 17 avril 1925

Vail, D.

Maladies affectant la vue dans l'industrie des chemins de fer. Anal. dans Excerpta Medica, 7, n° 4, avril 1953, p. 152

Van Sommeren et collaborateurs

Effet sur les yeux des irradiations de la soudure à l'arc. Ind. Hyg. Quarterly, 9, 1948, p. 71

Van Sommeren et collaborateurs

Les radiations émises par l'arc de soudage et leurs effets sur les yeux. Trans. Inst. Weld., juin 1948 et juin 1949

Willott, W.H.

Troubles hépatiques et protection des yeux pendant les travaux de soudage. Ind. Wdg., 14, déc. 1951, n° 6, p. 190

Poumon

Brestovischi, S.

Contribution à l'étude des pneumopathies par vapeurs nitreuses à propos d'un cas personnel. Bibliographie. Thèse, Paris, 1962, n° 81

Caillaud, M.

Contribution à l'étude de la maladie des soudeurs à l'arc. Miliaries ferriques et troubles métaboliques du fer. Thèse, Paris, 1960, n° 805

Charpin, J.

Miliaire du soudeur à l'arc, *Presse médicale*, **73**, 306, 1965

Charr, R.

Troubles respiratoires des soudeurs. *J.A.M.A.*, **152**, n° 16, 1952, p. 1520-1522

Chrétien, J., Chofeel, C. et Verdeux, P.

Pneumothorax spontané récidivant avec image miliaire chez un soudeur à l'arc. *Presse méd.*, **73**, 1431, 1965

Clarens, J.

Soudure électrique et silicose pulmonaire. *Acta Tub. Vel.*, **40**, 1949, p. 811

Coller, M.F.

Étude de la pneumonie chez les ouvriers des chantiers navals et en particulier chez les soudeurs. *J. ind. hyg. tox.*, **2**, p. 111-113

Doig, A.T. et Mac Laughlin, A.J.

Les aspects radiologiques des poumons des soudeurs à l'arc électrique. *Lancet*, 1936, **1**, p. 771-775

Doig, A.T. and Mac Laughlin, A.J.

Clearing of X-ray shadows in welders' siderosis, *Lancet*, **254**, 789, 1948

D'Onofrio, V. e Passeri, A.

Sulla pneumoconiosi dei saldatori ad arco. *Rassegna di medicina industriale*, **19**, 276, 1950

Edit.

Schweißer sind nicht silikosegefährdet. *Ärztlicher Dienst der Deutschen Bundesbahn*, Nr. 4, 47, 1965

Enzer, N. and Sanger, O.A.

Chronic lung changes in electric arc welders. *J. of Industrial Hyg. and Toxicol.*, **20**, 333, 1938

Feil, A. et collaborateurs

La sidérose des arco-soudeurs. *Med. Usine*, **8**, n° 3, 1946, p. 185

Francheteau, G.

Les troubles pulmonaires des soudeurs à l'arc. *Arch. mal. prof.*, **19**, 173, 1958

Gaffuri, E. e Chiesura, P.

Osservazioni clinico-funzionali sulla patologia respiratoria dei saldatori ad arco, *Lavoro umano*, **9**, 536, 1957

- Granata, G., Marimpietri-Fabj, C. e Cricenti, F.**
 Alcuni dati nella funzionalità ventilatoria prima e dopo attività lavorativa. Studio spirografico su un gruppo di saldatori e di sbavatori in un complesso metallurgico, *Rassegna di medicina industriale*, **32**, 584, 1963
- Groh, J.**
 Benign pulmonary changes in arc-welders, *Ind. Med.*, **13**, 598, 1944
- Hunnicutt, T.N. Jr., Cracovaner, D.J. and Myle, J.T.**
 Spirometric measurements in welders, *Arch. of Environmental Health*, **8**, 661, 1964
- Julien, R.**
 Contribution à l'étude des miliaires ferriques. Thèse, Marseille, 1952
- Koelsch, F.**
 Eisenstaublungen bei Elektroschweißern. *Arch. f. Gewerbepath. u. Gewerbehyg.*, **10**, Nr. 5, 1941, S. 519-528
- Lefebvre, J.**
 Le poumon du soudeur à l'arc. Thèse, Lille, 1962
- Lerza, P. e Lerza, Pa.**
 Contributo alla diagnostica delle pneumopatie dei saldatori ad arco. *Rassegna di medicina industriale*, **22**, 172, 1950
- Morgan, W.K.C.**
 Arc-welders' lung complicated by conglomeration, *Amer. Review of Resp. Diseases*, **85**, 570, 1962
- Poinso, R. et collaborateurs**
 Les miliaires ferriques. *Presse médic.*, **60**, n° 79, 1952, p. 1680
- Poinso, R. et collaborateurs**
 Miliare pulmonaire broncée ou miliare des soudeurs à l'arc. *Presse médic.*, **60**, n° 74, 1952, p. 1576-1578
- Poinso, R. et collaborateurs**
 Les miliaires ferriques professionnelles. *Sud. med. chir.*, 28 février 1953
- Poinso, R. et collaborateurs**
 La miliare des soudeurs à l'arc électrique. *Presse médic.*, **60**, n° 79, 1952, p. 1680
- Poinso, R. et collaborateurs**
 Les poumons des soudeurs à l'arc électrique. *Arch. mal. prof.*, **14**, 1953, p. 479
- Policard, A.**
 Mécanismes et conséquences de l'accumulation des poussières dans les gaines bronchiques et artérielles au cours des pneumoconioses. *Presse médic.*, **19**, mars 1947, p. 210
- Sander, C.A.**
 Observations sur les modifications des poumons chez les soudeurs à l'arc électrique. *J. ind. hyg. tox.*, **26**, n° 5, 1944, p. 79-85

Sano, T.

Pathology of welder's lung and its malignancy, *J. Science of Labour (Japan)*, **41**, 213, 1965

Worth, G., Schiller, E.

Die Pneumokoniosen. Staufen-Verlag, Köln, 1954

Schuler, P., Maturana, V., Cruz, E., Guijon, C.,

Vasquez, A., Valenzuela, A. and Silva, R.

Arc-welder's pulmonary siderosis, *Journal of Occup. Medic.*, **4**, 353, 1962

Thibault, Ph.

La pneumoconiose du soudeur à l'arc. *Presse médicale*, 1964, **72**, n° 27, p. 1601

Vigliani, E.

La siderosi nei laminatori di ferro e acciaio, *Medicina del lavoro*, **35**, 81, 1944

Rhumatisme

Vodera, J.

O nebezpečí onemocnění deformčani arthrosou u svářečů (L'arthrose déformante des soudeurs), *Zvaranie (Bratislava)*, **10**, 274, 1961

Sang

Bordier, H.

Altérations sanguines par rayons ultra-violets. *Presse médic.*, **32**, n° 3, 10 janvier 1934, p. 51

Feil, A.

La formule sanguine des soudeurs. *Med. Usine*, **5**, n° 4, juillet 1945, p. 210. *Anal. dans Arch. mal. prof.*, **7**, n° 6, nov. 1940, p. 498

Harvier, P., Deiul, R., Griffon, H. et Le Breton, P.

Le syndrome hémogénique des soudeurs. Purpura hémorragique aigu récidivant et curable. *Paris med.*, **36**, 9 mars 1946, p. 101-108

Le Vrat, M., Richard, M., Tolot, F., Morel, P. et collaborateurs

Anémie aplastique sévère, mais curable chez un soudeur. Rôle probable d'un mécanisme toxo-allergique d'origine professionnelle. *Arch. mal. prof.*, 1958, **19**, n° 6, p. 620-624

Meneghini, P. e d'Onofrio, V.

Osservazioni sul comportamento dei tessuti emopoietici, midollari nei saldatori ad arco, *Med. del lavoro*, **40**, 43, 1949

Nicaun, O.C.

Facteur étiologique dans l'anémie aplastique. La soudure électrique. *Nebraska State Med. J.*, sept. 1934

Pierquin, L. et collaborateurs

Les hémopathies des soudeurs. *Travail de la clinique médicale de Nancy*, 1943

Zappel, F.E.

Les hémopathies des soudeurs. Thèse, Nancy, 1943, n° 18, *Anal. dans Arch. mal. prof.*, **6**, n° 1-2, 1944, p. 56

Système neuro-végétatif

Baader, E.W.

Störungen der Potenz bei Elektroschweißern, Deut. Med. Wschr., 1940 (Nr. 14)

Beikufner, H.D. und Langhof, H.

Über gehäufte pathologische Ejakulatsbefunde bei Elektroschweißern, Deut. Gesundheitswesen, 50, 2280, 1959

Kersten, E.

Über gehäufte pathologische Ejakulatsbefunde bei Elektroschweißern, Deut. Gesundheitswesen, 15, 778, 1960

TOXICOLOGIE

Beckenkamp, H.

Fragenbeantwortung: Gesundheitsschäden durch Elektroschweißen. Ärztl. Praxis XIII, 1961, S. 1369

Britton, J.A. and Walsh, E.L.

Health hazards of electric and gas welding, J. ind. hyg. tox., 22, 124, 1940

Challen, P.J., Hickish and Bedford, J.

An investigation of some health hazards in an inert-gas tungsten-arc welding shop. Brit. J. Ind. Med., 1958, 15, p. 276-282

Coltann et Mac Pherson

Gaz provenant de l'arc électrique (électrode de carbone, absence d'ozone) J. ind. hyg. tox., 20, n° 7, sept. 1938, p. 145

Drinker et Al.

Analyse des fumées au cours de la soudure dans les aciéries. Ind. med., 13, 1944, p. 675

Ech, J.F.

Étude des fumées produites par le soudage à l'arc sur les chantiers navals, US Nav. Med. Bull., 44, juil. 1945, p. 1302

Ferry, J.J. et Genter, C.

Les gaz produits par le soudage à l'arc en atmosphère de gaz inerte. Wdg. J., 32, n° 5, 1953, p. 896-898

Gardner, LCR. et collaborateurs

L'effet sur les animaux normaux et tuberculeux de l'exposition journalière aux fumées et aux gaz de la soudure à l'arc. J. ind. hyg. tox., 24, sept. 1942, p. 173-182

Gilbert, H.

Pericoli nella saldatura a gas inerte di protezione. Safety Review, 20, 1951

Harrold, C.G. et collaborateurs

Étude chimique et physiologique de la soudure à l'arc électrique. J. ind. hyg. tox., 29, oct. 1940, p. 347-378

Herzfeld, W. und Teske, K.

Kohlenmonoxyd-Gehalt der Raumluft beim Metall-Inert-Schweißen unter Kohlensäure. *Arbeitsschutz*, 203, 1958

Hummitzsch, W.

Fumées en soudage à l'arc. *Wdg. J.*, 30, n° 4, avril 1941, p. 323-324

Institut national de sécurité

Sur la concentration de gaz toxiques lors du soudage en atmosphère de gaz carbonique. Note n° 202-19-60, C.D.U. 621-791-834

Institut national de sécurité

La décomposition de l'acétylène en bouteille. Note n° 143-12-58, C.D.U. 662-676-66-6

Israeli, R.U. und Symanski, H.J.

Was für Gesundheitsgefahren können durch die verschiedenen Schweißverfahren entstehen? *Der Internist*, 8, 162-165, 1967

La Barre, J.

Examen biologique de l'atmosphère gazeuse inhalée par le soudeur à l'arc électrique. *Arcs*, n° 44, juillet 1931

Mac Cort et collaborateurs

Étude chimique et physiologique de la soudure à l'arc électrique. *J. ind. hyg. tox.*, 23, mai 1941, p. 200

Roe, J.W.

Gases and fumes produced in fusion welding and cutting. *Ann. Occup. Hyg.*, 2, 1959, p. 75-84

Ross, W. et collaborateurs

Les fumées dues à la soudure. *J. ind. hyg. tox.*, 93, 1943

Symanski, H.J.

Kann durch die Arbeit am Elektroschweißgerät eine Magenkrankheit begünstigt werden? *Deut. Med. Wschr.*, 91, 872-873, 1966

Trysin, S.

Vapeurs et fumées en soudage à l'arc électrique. *Svetsen*, 10, n° 5, sept. 1951, p. 81-85

Tollman, J.P., Mac Guiddy et collaborateurs

Absorption de vapeurs d'arc à souder filtrées et de gaz nitreux. *J. ind. hyg. tox.*, n° 23, 1941, p. 269

Viles, F.J.

Contrôles des fumées dans la soudure. *Ind. med.*, 14, 1945, 71

Wirtschaftler, L.T. and Schwartz, E.D.

The toxicology of oxyacetylene welding. *J. ind. hyg. tox.*, mars 1936

Manganèse

Beintker, E.

Manganeinwirkung bei dem elektrischen Lichtbogenschweißen, *Zentr. f. Gewerbehyg. und Unfallverh.*, 9, 10, 1932

Oltramare, M., Tchicaloff, M., Desbaumes, P. et Hermann, G.

Intoxication au manganèse chez deux soudeurs à l'arc. *Praxis, Rev. suisse de méd.*, n° 30, 945, 1963

Weisenberg, W.

Vergiftungserscheinungen durch Mangandämpfe. *Schweißtechnik*, 8, 340, 1959

Oxyde de carbone

Troisi, F.M. e Di Paolo, E.

Sul rischio di esposizione a CO durante il lavoro di saldatura. *Folia Medica*, 40, 374, 1957

Saturnisme

Cataldi, R.

Sul saturnismo dei tagliatori a fiamma addetti alle demolizioni navali. *Informatore medico*, 14, 327, 1959

Lecocq, J., Guyotjeannin, Ch. et Le Lay, J.

Au sujet du danger de saturnisme dans les travaux de soudage. *Arch. mal. prof.*, 14, n° 2, 1953, p. 159-160

Mc Bride, W. and Proctor, E.

Lead poisoning in demolition work, *Industrial Med. and Surg.*, 31, 31, 1962

Raymond, V., Smaghe, C. et Risselin, M.

Saturnisme chez les découpeurs de gazomètres. *Cahiers des comités de prévention du bâtiment et des travaux publics*. Paris, juillet-août 1960

Zinc; zinc et cuivre

Cavagna, G. e Finulli, M.

Effetto pirogeno dello ZnO per via endovenosa. *Medicina del lavoro*, 52, 127, 1961

Francheteau, G. et Duclos, P.

Fièvre des fondeurs et soudeurs sur cuivre. Intoxication ou allergie? *Arch. mal. prof.* 20, 155, 1958

Pernis, D., Vigliani, E.C., Cavagna, G. and Finulli, M.

Endogenous pyrogen in the pathogenesis of zinc-fume fever. *Medicina del lavoro*, 51, 579, 1960

ACCIDENTS

Accidents électriques - Accidents traumatiques

Brauer, K.H.

Ein Fall von tödlicher Nitrosegasvergiftung beim Autogenschweißen. *Z. Gen. Hyg.*, 9, 741, 1963

Calogera, E.

Inalazione mortale di fumi di saldatura elettrica. *Minerva Medico-legale*, 71, 276, 1951

- Derobert, L. Truffert, L. et Hadengue, A.**
Intoxication mortelle par inhalation de vapeurs nitreuses au cours de la soudure à l'arc. *Ann. med. leg.*, 3, 1946, p. 149-151
- Großkopf, K.**
Zur Nitrosegefahr beim Schweißen. *Zentr. f. Arbeitsmed. und Arbeitsschutz*, 2, 143, 1952
- Institut national de sécurité**
Accidents du travail en soudage à l'arc. *Les Cahiers de notes documentaires*, n° 5, sept. 1956, 621-791.7
- Keel, C.G.**
Unfallgefährdung und Unfallverhütung bei der Anwendung der modernen Schweißverfahren. *Ztschr. f. Präventivmed.*, 5, 342, 1960
- Koelsch, F.**
Les accidents électriques lors de la soudure électrique. *Z. Gewerbehyg.*, 15, n° 10, oct. 1937, p. 155-158
- Micheli, F.**
La pneumopatia acuta dei saldatori. *Medicina del lavoro*, 52, 756, 1961
- Molfino, F.**
Patologia e clinica dei saldatori ad arco. XIV Congresso nazionale medicina del lavoro, Torino, 30 sett. 1948
- Montesano, G.**
Sindrome polmonare acuta da saldatura ad arco, *Medicina del lavoro*, 41, 225, 1950
- Reinhardt, K.**
Corps étrangers des doigts chez les soudeurs électriques. *Brit. Med. J.*, n° 4510, 17 juin 1947, p. 843-847
- Tomellini, R. e Russo, L.**
Sull'intossicazione acuta da gas di saldatura. *Lavoro umano*, 13, 163, 1961
- Wright Smyth, R.J.**
Un cas d'empoisonnement fatal par les gaz dans la soudure en espace clos. *J. ind. hyg. tox.*, 21, n° 1, janvier 1939, p. 24. *Anal. dans Arch. mal. prof.*, 2, n° 5, 1939, p. 597

Ionisation

- Tchijnvsky**
Ionisation de l'air nuisible à la santé de l'homme en certains ateliers des fabriques et méthodes de sa neutralisation. *Arch. med. soc. hyg.*, Bruxelles, janvier 1938
- Yaglou, C.P. et collaborateurs**
Observation d'un groupe de sujets avant, pendant et après exposition à l'air ionisé. *J. ind. hyg. tox.*, sept. 1939, p. 341-358

Irradiation

Graferder

Le soudeur à l'arc est-il exposé à des risques biologiques résultant du rayonnement? *Schweiß. u. Schneid.*, 4, n° 1, janv. 1952, p. 26-27

May, J.

Über Strahlung bei der elektrischen Lichtbogenschweißung, *Reichsarb.*, 20, III, 117, 1940

Stein, W.

Gibt es bei Elektroschweißern Lichtdermatose mit Porphyrinausscheidung? *Ärztl. Praxis*, 7, Nr. 42, 12, 1955

Vallini, A.

La saldatura e i suoi problemi. Manuali tecnici Del Bianco, Udine, 1963

Vernon, S.

Radiodermatitis of the lip after exposure to arc-welding. *J. Am. Med. Ass.*, 140, 1333, 1949

TECNOLOGIE

Ahlmark, A., Sonnberg, B.

En Halsundersökning av 110 elektrosvesare med langvarig arbetsanamnes Nord. Hygien. Tidskr., 11, 11, 1953

Becken, O. und Wirtz, H.

Elektroden zum Graugußkaltschweißen, Schweißen und Schneiden, 14, 157, 1962

Bergtholdt, Ch.

Recent welding practices at naval facilities. *Arch. of Envir. Health*, 2, 257, 1961

Collonges, R.

Les chalumeaux à plasma : leur utilisation pour la production de très hautes températures. *La technique moderne*, nov. 1962, LIV, 11

De Pedrini, C. e Varetto, L.

Composizione degli elettrodi e relativi rischi nella saldatura ad arco. *Com. 29° Congresso medicina del lavoro, Salice Terme, maggio 1966*

Grigorieva, A.T., Patrina, G.V., Elezova, S. e Loder, B.J.

Frequenza di malattie di saldatori ad arco nell'industria dei trattori di Tcheliabinsk. Mezzi per migliorare le condizioni del lavoro in questa professione. *Gigiena Truda*, n° 10, 18, 1960

Helmbrecht, W. and Oyler, G.W.

Shielding gases for inert-gas welding. *Welding Journal*, 969, 1957

Hummitzsch, W. und Hense, L.

Beitrag zur Metallurgie des Schweißens von Elektroden mit Titandioxydumhüllungen unter besonderer Berücksichtigung des Verhaltens von Sauerstoff und Stickstoff, *Schweißen und Schneiden*, 14, 401, 1962

Institut national de sécurité

Prescriptions relatives au soudage autogène oxyacétylénique et aux techniques connexes. Note n° 200-19-60, C.D.U. 621-791-5

Institut national de sécurité

Le chalumeau à plasma. 1963, note n° 344-33-63, C.D.U. 621-791-9

Institut national de sécurité

Le soudage électrique à l'arc. 1962, 8, C.D.U. 621-791-7

Rochefort, H. de

L'emploi du propane pour les travaux de soudure. C.C.P.B.T.P., 1958, p. 71-77

Sissingh, G.

Le soudage dans la construction navale du point de vue de la médecine industrielle. Tijdschrift voor sociale geneeskunde, 56, n° 18, sept. 1950, p. 305-310

Van der Willigen, P.C. und Defize, L.F.

Lichtbogenschweißen von Stahl mit CO₂ als Schutzgas, Schweißen u. Schneiden, 9, 50, 1957

Wimmer, P.E.

Zur Metallurgie von Elektroden für das Lichtbogenschweißen. Schweißen und Schneiden, 13, 140, 1961

Zeyen, K.L.

Fortschritte der Schweißtechnik in den USA, Schweißen und Schneiden, 13, 97, 1961

Zeyen, K.L.

Was hat uns das Jahr 1962 an neuen Entwicklungen und Erkenntnissen auf dem Gebiet des Schweißens und der artverwandten Verfahren gebracht? Schweißen und Schneiden, 14, 516, 1962

Hygiène

Aron

Estimation, au point de vue de l'hygiène, de l'atmosphère ambiante lors de la soudure automatique sous flux conducteur. Ochroma Pr., Pologne, août 1954, p. 272-277

Beck, R.O.

Anwendung der Autogenverfahren in den Betrieben eines Bergbauunternehmens, Schweißen und Schneiden, 14, 282, 1962

Bernachou, M. et Cavigneaux

Hygiène des soudeurs. Les Cahiers de notes documentaires, n° 29, octobre 1962, 621, 797, 7

Boccia, D.

Les dangers du soudage à l'arc. La semaine médicale, 59, n° 10, sept. 1961, p. 447-452

Brandt, A.D.

Influence de l'ionisation de l'atmosphère sur l'organisme humain. J. ind. hyg., sept. 1933, p. 354-361

Britton, J.A. et Walsh, E.L.

Les dangers pour la santé de la soudure électrique et de la soudure au gaz, *J. ind. hyg. tox.*, 23, n° 4, avril 1948, p. 113-121. Analyse dans *Arch. mal. prof.*, 6, n° 5

De Pape, F.

Recherches cliniques sur les gaz et fumées dégagés par la soudure à l'arc électrique des aciers. *Arcs*, n° 44, juillet 1931

Dif, A.J.

Hygiène de l'ouvrier dans la soudure autogène. Thèse, Paris 1942, n° 71, Vigot Éd.

Dohrmann, R. und Voelkner, H.

Ergebnisse einer werksärztlichen Reihenuntersuchung bei Schweißern in der Hüttenwerk-Salzgitter-Aktiengesellschaft, *Zeitschr. f. Arbeitsmed. und Arbeitsschutz*, 3, 179, 1953

Doig, A.T. et Duguid, L.N.

La santé des soudeurs. Ministry of Labour, H.M. Stationery Office, Londres 1951. Analyse dans *Arch. mal. prof.*, 13, n° 4, 1962, p. 398

Dreessen, W., Brinton, H., Keenan, R., Thomas, T., Place, E. and Fuller, J.

Health of arc welders in steel ship construction, *Public Health Bulletin*, n° 298, Washington, 1947

Fleischer, Nelson et Deirker

Risques dus aux fumées de la soudure. Cité dans *Arch. mal. prof.*, 11, n° 4, 1950

Forsell, P.

Quelques exemples pratiques pour l'évacuation des fumées de soudage. *Schweißtechnik*, 4, n° 3, 1949, p. 34-36

Gilbert, H.

Dangers possibles en soudage à l'arc protégé par un gaz inerte. *Indust. Hyg. Nezs.*, juil. 1950, p. 15-16, Anal. dans *Bull. doc. soud. tech. con.*, 4, n° 4-6, 1952, p. 203

Glanzer

La santé et le soudeur. *VIG Eng.*, 24, n° 9, 1949, p. 39-41, Anal. dans *Bull. doc. soud. tech. con.*, 2, n° 1, 1950, p. 77

Gori, A.

Importance des fumées en soudage à l'arc et leur élimination. Anal. dans *Bull. doc. soud. tech. con.*, 4, n° 1-3, 1952, p. 100

Granjon, M. L.

L'hygiène professionnelle des soudeurs, problème toujours actuel. *Bull. doc. soud. tech. con.*, 3, n° 11-12, 1949, p. 272

Granjon Held, M.L.

Médecine d'usine et soudure autogène. Thèse, Paris 1945

Heim De Balsac et Leroy

Conditions hygiéniques des travaux de soudure. Facteurs de nocivité exigeant des mesures de prévention. Rapports des 2^{es} J. internationales de pathologie

et d'organisation du travail, 22-25 mars 1939. Arch. mal. prof., 2, n° 2, 1939, p. 226-246

Hogger, D.

Les risques pour la santé dans la profession de soudeur. Schweiß., 7, n° 1-2, 1945, p. 37

Hoschek, R.

Über die Ursachen der Beschwerden der Elektroschweißer. Arch. f. Gewerbepath. u. Gewerbehyg., 14, 58, 1955

Koch, H.

Prévention de la santé du soudeur. Schweiß. Schneid., 5, n° 11, 1950, p. 298-300. Anal. dans Bull. doc. soud. tech. con., 4, n° 1, 1952, p. 98

Laugier, H., Kowarski, D. et Weinberg

Un essai de sélection psycho-physiologique d'ouvriers soudeurs. Méthodes et premiers résultats pratiques. Le travail humain, 5, n° 2 juin 1937, p. 182-221, Anal. dans Arch. mal. prof., 1, n° 1, 1938, p. 40

Lebrun, V.

La protection des ouvriers soudeurs contre les radiations lumineuses, les poussières et les vapeurs nocives. Académie de médecine, Paris, déc. 1949, Anal. dans Bull. doc. soud. tech. con., 2, n° 2, 1950, p. 176

Pozzi, N.

Les dangers de la soudure à l'arc, Arch. mal. prof., 1, 389, 1938

Schiötz, E.

Schweißen vom arbeitshygienischen Standpunkt, Nord. Hygien. Tidsskrift, 4, 1941

Tebbens, B. et Drinker, Ph.

Les ventilations dans les soudures à l'arc au moyen d'électrodes enrobées. J. ind. hyg. tox., 7, sept. 1941, p. 322-342

Van Thewschs

Physiopathologie et hygiène de la soudure à l'arc. Arcs, n° 44, juillet 1931

Verly, A.

Dangers offerts par le travail de soudage à l'arc électrique et mesures de prévention. Prév. acc., 2, n° 5, oct. 1948, p. 331-344. Anal. dans Bull. doc. soud. tech. con., 1948, 17, p. 318

Vigliani, E.

Pericoli per la salute nella saldatura ad arco con protezione di gas inerti. Medicina del lavoro, 48, 375, 1957

Viles, F.G. et Silverman, L.

La ventilation dans la soudure à l'arc et sa liaison avec l'insuffisance en oxygène. Hyg. tox., 27, déc. 1945, p. 289-291

Vosburg, B.L. and Ferry, J.J.

Health aspects of welding, The welding Journ., octobre 1956, p. 1015

Sécurité

Algar, S.W.

Soudage à l'arc et sécurité (Arc welding and safety), *Welder*, 19, n° 106, oct.-déc. 1950, p. 23-24, Analyse dans *Bull. doc. soud. tech. con.*, 3, n° 7-8, 1951, p. 263

Blaesche, G.

Quelles mesures de sécurité le soudeur peut-il exiger? (Was kann der Schweißer an Arbeitsschutz verlangen?) *Technik*, 4, n° 1, janv. 1949, p. 22-23, Analyse dans *Bull. doc. soud. tech. con.*, 29, n° 3, 1950, p. 268

Danna, J., Theil, P. et Granjon, M.L.

La sécurité et l'hygiène dans les industries de la soudure. Institut national de sécurité. Cité dans *Arch. mal. prof.*, 5, n° 2-4, 1951 p. 166

Fuchs, E.

La sécurité dans la pratique du soudage. (Safety in the practice of welding). *Inst. Wdg.*, 13, n° 2, juin 1950, p. 87-94, Analyse dans *Bull. doc. soud. tech. con.*, 2, n° 4, 1950, p. 376

Garcia-Perez, J.

La sécurité dans le travail. Précautions en soudage autogène. (La seguridad en el trabajo, medidas en la soldadura autogena) *Meta*, n° 10, 1952, p. 12-14, Analyse dans *Bull. doc. soud. tech. con.*, 5, n° 1-3, 1953, p. 77

Hummitzsch, W. und Zollenkopf, H.

Die elektrische Leitfähigkeit der Umhüllungen und Schlacken von Schweißelektroden, Schweißen und Schneiden 16, 45, 1964

Institut national de sécurité

Soudage à l'arc avec des électrodes enrobées. Note n° 407-37-64, *Cahiers de notes docum.*, 1964, n° 37, p. 283

Institut national de sécurité

Prescriptions relatives au soudage autogène oxyacétylénique et aux techniques connexes. 1959. Note n° 200-19-60, C.D.U. 621-791-5

Institut national de sécurité

Sécurité dans l'emploi du propane. Note n° 253-13-58, C.D.U. 662-767-3

Institut national de sécurité

Hygiène dans le soudage à l'arc en atmosphère inerte. Note n° 96-8-57, C.D.U. 621-791-7

Institut national de sécurité

Prescriptions relatives au soudage à l'arc électrique. Note n° 201-19-60, C.D.U. 621-791-7

Institut national de sécurité

Mesure de sécurité pour l'exécution des travaux de soudage dans l'industrie du pétrole. Note n° 193-18-60, C.D.U. 621-791- : 665-5

Kidd, J.S.

Sécurité et santé en soudage à l'arc. (Safety and Health in arc welding). *N.Z. Engng.*, 7, n° 3, 1950, p. 115-117. Analyse dans *Bull. doc. soud. tech. con.*, 4, n° 10-12, 1952, p. 368

Mignolet, F.

Faut-il protéger nos soudeurs? P.A.C.T., 4, n° 2, 1950, p. 110-122, Analyse dans Bull. doc. soud. tech. con., juillet-sept. 1950, p. 267

Mignolet, F.

La maladie des soudeurs. Enquête sur 216 dossiers médicaux. Med. Usine, juillet-août 1950, p. 111-116, Arch. belge méd. soc., 8, oct. 1950, p. 107-118, Anal. dans Bull. doc. soud. tech. con., 4, n° 4, 1952, p. 202

Renin, W.R.

Mesures de sécurité en soudage à l'arc. (Safety precautions in arc welding) Steel, 184, n° 17, 1949, p. 86-90, Analyse dans Bull. doc. soud. tech. con., 5, n° 10-12, 1955, p. 313

Rosskoff, T.

Étude de la classification des verres de protection pour le soudage à l'arc. Lastich., 17, n° 8, août 1951, p. 110-113

Rosskoff, T.

Relation entre le courant de soudage et la transmission correcte des verres filtrants (Relations between welding current and appropriate transmission of filter glasses). Welding J., 32, n° 8, 1953, p. 689-692

Rundberg, T.

La sécurité dans le soudage. (Bits anstyöja tubabisme) Hitsanstekn, n° 3, mai 1958, p. 47-50

Rutgers, G.A.

Verres de protection pour travaux de soudage (Beschermingsglazen voor lasarbeid). Chim. soc. ind. B.F., 25, n° 4, 1949, p. 170, Anal. dans Bull. doc. soud. tech. con., 2, n° 3, 1950, p. 267

Tebbens, B. and Drinker, Ph.

Ventilation in arc-welding with coated electrodes. J. ind. hyg. tox., 23, 322, 1941

Witting, E.

Sicherheitsmaßnahmen für die Schutzgasschweißung. Zentr. für Arbeitsmedizin und Arbeitsschutz, Juni 1960, 10, Nr. 6, S. 129-134

Mezler, K.

Agenda pour la soudure à l'arc. Leipzig 1937, p. 197

Van Luijt, P.A.

La couleur des murs d'un atelier de soudage à l'arc. Securitas, 31, n° 4, oct. 1949, p. 22-23

Hygiène et sécurité

Leroy, A.

Quelques remarques et suggestions sur l'hygiène et la sécurité en matière de soudure oxyacétylénique et électrique. Protection, sécurité, hygiène dans l'atelier. Bulletin de l'assoc. des industriels de France contre les accidents du travail, nov. 1937, p. 201

FF 14,— FB 125,— DM 9,— Lire 1.560 Fl. 9,— £ 1.1.0 \$ 2,50

OFFICE DES PUBLICATIONS OFFICIELLES DES COMMUNAUTÉS EUROPÉENNES

4613/2/69/1