

**Zeitschrift:** Bulletin technique de la Suisse romande  
**Band:** 60 (1934)  
**Heft:** 23

**Artikel:** L'installation frigorifique pour la patinoire artificielle en plein air de Bâle  
**Autor:** [s.n.]  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-46421>

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

### **Conditions d'utilisation**

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

### **Terms of use**

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

**Download PDF:** 18.07.2025

**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>**

# BULLETIN TECHNIQUE

## DE LA SUISSE ROMANDE

### ABONNEMENTS :

Suisse : 1 an, 12 francs  
Etranger : 14 francs

### Pour sociétaires :

Suisse : 1 an, 10 francs  
Etranger : 12 francs

Prix du numéro :  
75 centimes.

Pour les abonnements  
s'adresser à la librairie  
F. Rouge & C<sup>o</sup>, à Lausanne.

Rédaction : H. DEMIERRE et  
J. PEITREQUIN, ingénieurs.

Paraissant tous les 15 jours

ORGANE DE PUBLICATION DE LA  
COMMISSION CENTRALE POUR LA NAVIGATION DU RHIN

ORGANE EN LANGUE FRANÇAISE DE LA  
SOCIÉTÉ SUISSE DES INGÉNIEURS ET DES ARCHITECTES

### ANNONCES :

Le millimètre sur 1 colonne,  
largeur 47 mm. :  
20 centimes.

Rabais pour annonces répétées

Tarif spécial  
pour fractions de pages.

Régie des annonces :  
*Indicateur Vaudois*  
(Société Suisse d'Édition)  
Terreaux 29, Lausanne.

SOMMAIRE : *L'installation frigorifique pour la patinoire artificielle en plein air de Bâle.* — *Sur la corrosion des soudures*, par FRANCIS MEUNIER, ingénieur, professeur à l'École des Mines de Mons (suite et fin). — *Concours d'idées pour un collège classique et l'aménagement d'un ancien pénitencier, à Lausanne* (suite et fin). — SOCIÉTÉS : *Société suisse des ingénieurs et des architectes.* — BIBLIOGRAPHIE. — CARNET DES CONCOURS. — SUPPLÉMENT COMMERCIAL.

## L'installation frigorifique pour la patinoire artificielle en plein air de Bâle.

La partie essentielle de toute patinoire artificielle, qu'elle soit installée en plein air ou couverte, est toujours l'installation frigorifique. C'est de son système, de ses dimensions et de son exécution que dépend en grande partie le succès de l'entreprise. Lors de l'établissement des projets de la nouvelle patinoire de Bâle, la plus grande piste de ce genre en Suisse (fig. 1), les initiateurs confièrent la solution de ces questions à la maison *Sulzer*, de Winterthur, dont ils connaissaient l'expérience dans la branche frigorifique en général et la tradition de n'accepter de travaux de telle importance qu'après les avoir étudiés sous tous leurs aspects.

Les ingénieurs chargés de cette étude ne se contentè-

rent pas des considérations courantes, mais tinrent à les compléter par l'étude des résultats obtenus avec des pistes créées à des dates diverses et plus particulièrement avec des installations modernes surgies pendant la période de prospérité industrielle aux Etats-Unis et au Canada, patrie du hockey sur glace. Un examen consciencieux des avantages et des inconvénients des divers systèmes amena la maison *Sulzer* à adopter certains procédés entièrement nouveaux, qui marquent un progrès considérable par rapport à ce qui avait été fait jusqu'alors.

Se basant sur le fait qu'une patinoire artificielle ne doit généralement fonctionner qu'en hiver, on en calculait jusqu'à présent l'installation frigorifique en supposant qu'elle ne travaillerait guère qu'avec un écart relativement faible entre les températures d'évaporation et de liquéfaction de l'agent frigorifique. Or, au début et à la fin de chaque saison, notamment par les journées de soleil ou lors de manifestations sportives importantes, la

demande de froid subit un accroissement considérable. Pour y répondre, il est indispensable de pouvoir accumuler suffisamment de froid pendant la nuit en prévision du grand effort à fournir au courant de la journée. Il faut utiliser pour cela de la saumure aussi froide que possible, c'est-à-dire faire marcher l'installation à une température très basse d'évaporation. Précisément à la même époque l'air, et par conséquent l'eau, étant relativement chauds, la liquéfaction de l'ammoniac se fait à température élevée. On voit donc que l'hypothèse de la marche à faible écart entre les températures d'évaporation et de liquéfaction est erronée.

Ces périodes d'avant et d'arrière-saison, où l'installation frigorifique fonctionne presque sans relâche, sont précisément celles qui jouent un rôle prépondérant dans le budget



Fig. 1. — Patinoire artificielle, en plein air, de la ville de Bâle, équipée d'une installation frigorifique *Sulzer* comportant deux compresseurs d'ammoniac de 500 000 frig/h chacun.

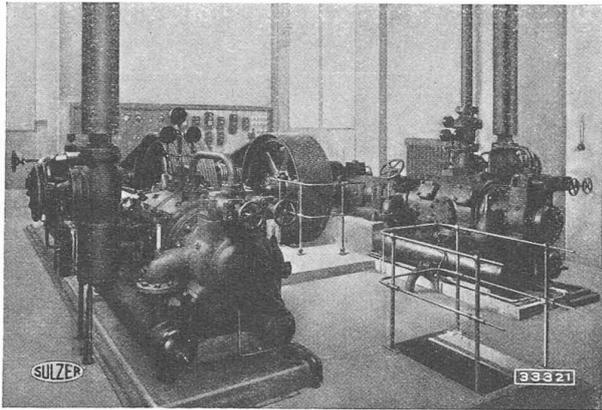


Fig. 2. — Compresseurs d'ammoniaque compound, construction Sulzer, pour la patinoire artificielle de Bâle. Pouvoir frigorifique de chaque machine 500 000 frig/h.

des frais d'exploitation d'une patinoire artificielle. Il est donc très important que l'installation s'adapte aussi aisément que possible aux conditions spéciales qui règnent à ces époques. Aussi, pour l'installation de Bâle, après avoir mûrement étudié ces circonstances, la maison Sulzer se décida à proposer des compresseurs compound qui, par leur consommation de courant plus faible que celle des compresseurs à compression simple, réalisent, en ces journées décisives, une économie pouvant influencer sensiblement le résultat financier de l'entreprise. Ces deux compresseurs d'ammoniaque horizontaux, du type compound, à double effet, à commande électrique (voir les figures 2 et 3), absorbent chacun 140 chevaux et sont dimensionnés pour une production de froid de 1 000 000 frig/h., au total. Leur élément caractéristique est leur piston différentiel. La tige de piston est munie d'une boîte étanche métallique. La tête de crosse, avec patins ajustables, est guidée par une glissière cylindrique faisant partie du bâti. La partie haute pression du cylindre est entourée d'une chambre de circulation d'eau. Toutes les parties du mouvement sont enfermées dans le bâti qui les protège contre la poussière et retient l'huile. Comme seul l'intérieur du cylindre contient de l'ammoniaque

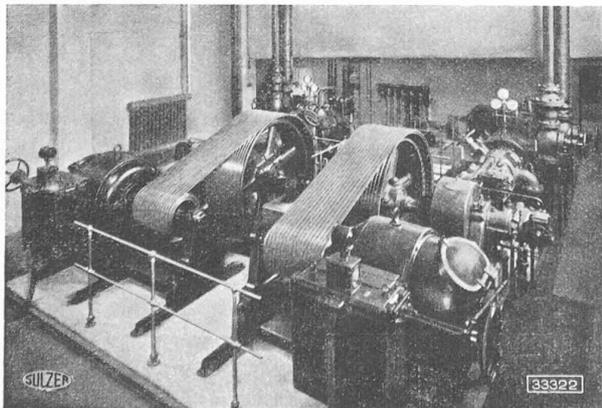


Fig. 3. — Commande des compresseurs d'ammoniaque par courroies trapézoïdales, en caoutchouc cordé.

sous pression, retenu par le presse-étoupe, toutes les parties du mécanisme sont d'un accès facile en cas d'inspection. Les attelages et le cylindre sont lubrifiés automatiquement, au moyen d'un dispositif central de graissage sous pression.

Les machines sont installées sous la tribune principale des spectateurs. Etant donnée la proximité d'immeubles habités, il a fallu éviter, autant que possible, toute trépidation et tout bruit ; aussi la commande des compresseurs se fait-elle au moyen de courroies trapézoïdales en caoutchouc cordé, dont la marche est pratiquement silencieuse. Jusqu'à présent, on n'a constaté nulle part aux alentours le moindre bruit incommode provenant des machines.

Les vapeurs d'ammoniaque sortant des compresseurs sont refroidies et liquéfiées dans un condenseur entièrement clos, à circulation à contre-courant. Ce condenseur (fig. 4) est subdivisé en plusieurs éléments juxtaposés,

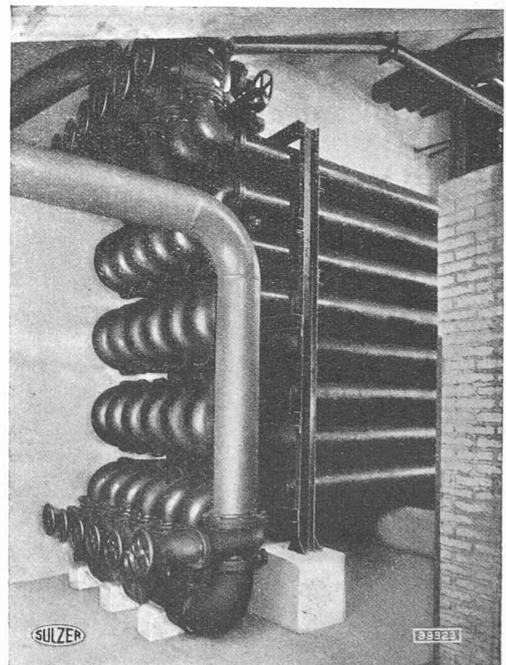


Fig. 4. — Condenseur d'ammoniaque Sulzer, à contre-courant.

posés, travaillant en parallèle et dont chacun, possédant ses vannes d'entrée et de sortie d'eau, peut être mis hors circuit, ouvert et nettoyé sans déranger la marche de l'ensemble.

Afin de réaliser des économies, l'eau sortant du condenseur est reprise par deux pompes de circulation (fig. 5, à gauche dans le fond) et refoulée sur une tour réfrigérante, qui se trouve à proximité. Il aurait été, en effet, trop coûteux d'emprunter au réseau de distribution de la ville toute l'eau réfrigérante nécessaire à la marche de l'installation frigorifique. Le refroidissement de l'eau réchauffée est assuré par la tour réfrigérante à ruissellement, munie, à sa base, d'un bassin dont l'eau s'écoule

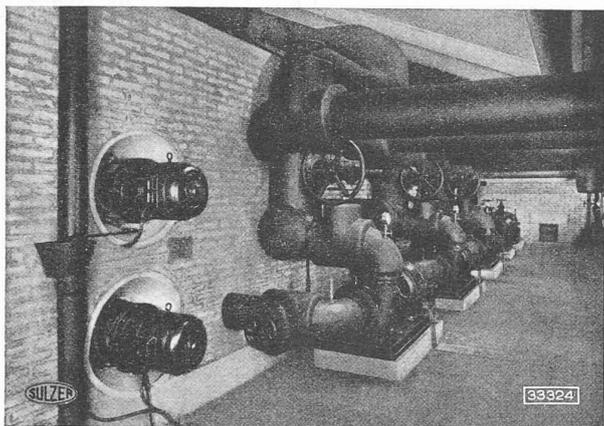


Fig. 5. — Pompes à saumure, installées dans la chambre des pompes de la patinoire artificielle de Bâle et servant à la circulation de la saumure dans les systèmes tubulaires de la piste. Au fond, les pompes de circulation d'eau.

par gravité vers le condenseur d'ammoniaque. Bien qu'un réfrigérant à ventilateurs eût été moins encombrant, on a préféré installer une tour à tirage naturel plus silencieuse. L'eau tombe en pluie dans la tour, à la rencontre de l'air qui monte et ainsi, sous l'effet de la circulation des courants opposés, elle se refroidit. Sa température finale dépend des conditions atmosphériques, notamment de l'état hygrométrique et de la température de l'air. Quant à la consommation d'eau fraîche, elle se borne à la petite quantité nécessaire pour remplacer l'eau perdue par évaporation dans la tour réfrigérante ; ce n'est qu'une faible fraction du débit total en circulation.

Pour le refroidissement de la saumure, grâce à la grande compréhension qu'ils ont rencontrée chez les membres responsables du comité d'initiative, les constructeurs ont pu établir une installation que l'on peut qualifier de modèle du genre.

Pour obtenir l'accumulation de froid, on a aménagé un réservoir de saumure froide d'une contenance de 410 m<sup>3</sup> (fig. 6), qui renferme les évaporateurs à grand rendement (fig. 7) dans lesquels l'ammoniaque s'évapore en refroidissant la saumure environnante.

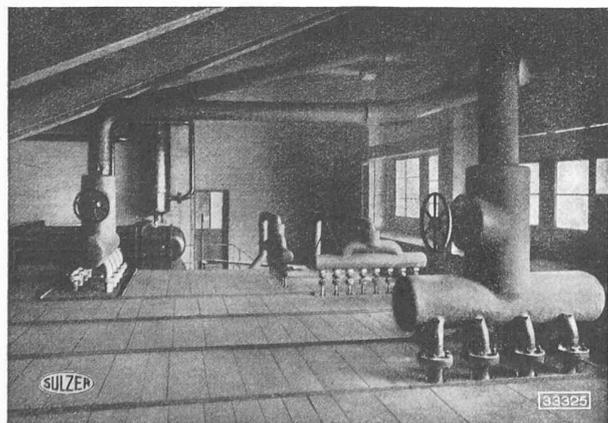


Fig. 6. — Couverture du réservoir refroidisseur de saumure, formant accumulateur de froid ; à gauche dans le fond le condenseur.

dissant la saumure environnante. Un abaissement de 10° du contenu du réservoir représente l'accumulation d'une quantité de froid correspondant à la marche simultanée des deux compresseurs pendant près de quatre heures, à allure normale. On procède à cette accumulation surtout pendant la nuit, soit aux heures à tarif réduit du courant électrique, ou encore le matin de bonne heure, quand la piste absorbe peu de froid.

Pour accumuler du froid, il faut abaisser la température de la saumure dans le réservoir. D'autre part, la saumure circulant dans le réseau de tubes de congélation de la piste doit avoir la température qui, suivant le temps qu'il fait, produit la meilleure glace. Il est donc indispensable que la température dans le réseau puisse être réglée suivant les circonstances, indépendamment de celle qui règne momentanément dans le réservoir d'accumulation.

Dans les patinoires artificielles existantes, ce réglage se fait généralement d'une façon assez compliquée, par la

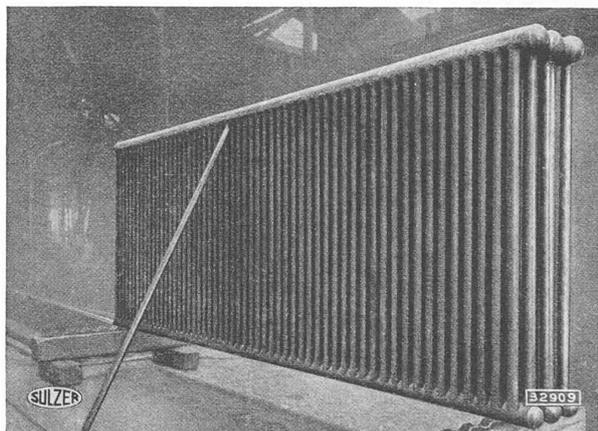


Fig. 7. — Eléments de l'évaporateur d'ammoniaque à haut rendement, immergé dans le bac refroidisseur de saumure.

manœuvre plus ou moins tâtonnante de plusieurs robinets à saumure. Dans l'installation de Bâle, le réglage s'opère le plus simplement possible au moyen d'un seul volant de manœuvre ; l'adaptation aux conditions atmosphériques extrêmement variables s'en trouve grandement facilitée.

Les pompes de circulation de saumure froide et les dispositifs de réglage du débit de saumure dans le réseau de la piste, visibles sur la figure 5, sont installés dans la salle des machines, au poste central de réglage. En dehors de cette salle, il n'y a aucun robinet à saumure à desservir.

La patinoire a une superficie de 6000 m<sup>2</sup>. Le réseau de tubes de congélation est exécuté en tuyaux de cuivre, dont la longueur atteint 83 km, soit à peu près la distance de Bâle à Winterthur. Le réseau est divisé en trois sections, ayant chacune 60 m de longueur sur 33,3 m de largeur. Chaque section a ses conduites de saumure distinctes et peut donc être mise en fonction ou hors circuit isolément. Ce dispositif présente des avantages surtout pendant

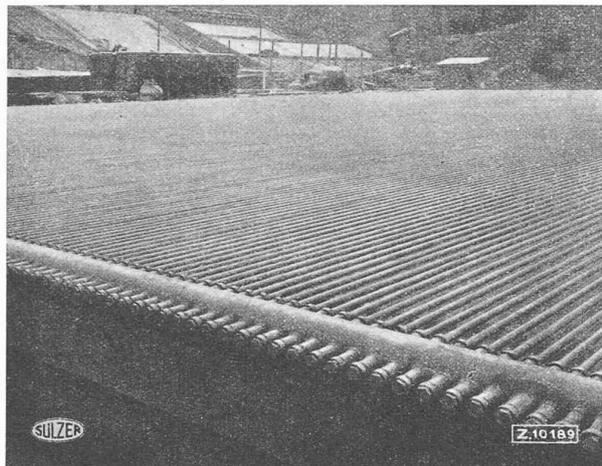


Fig. 8. — Réseau de distribution de froid, pour la patinoire artificielle de Bâle; vue prise pendant le montage. A l'avant-plan, raccords des tubes avec les collecteurs et distributeurs de saumure.

l'avant et l'arrière-saison, lorsque l'air est plus chaud et l'insolation plus forte, ce qui augmente les dépenses de courant électrique, tandis que simultanément le nombre des visiteurs faiblit. Dans ce cas, pour maintenir un certain rendement économique, on a avantage à supprimer une partie de la piste, de sorte que, par exemple, les deux tiers de la superficie totale restent ouverts au public. A remarquer aussi que le sens du courant de saumure dans le système tubulaire peut être inversé à volonté dans chacune des trois sections, indépendamment des autres. La circulation entre le réservoir de saumure et le réseau disposé sous la piste est assurée par trois pompes centrifuges Sulzer.

Les systèmes tubulaires de congélation de la piste se composent de tuyaux sans soudure, en cuivre rouge, de fabrication suisse (fig. 8). On s'est dit que la différence de prix en faveur des tubes en acier doux, relativement peu importante au moment où la commande fut passée, serait largement compensée par la sécurité plus grande que présente le cuivre par suite de sa résistance presque illimitée aux corrosions. De plus, le cuivre conserve sa valeur de matière brute, tandis que les tubes en fer sont détruits au bout d'un nombre assez limité d'années de service et n'ont plus aucune valeur.

Pour que la résistance de la tuyauterie en cuivre aux actions destructives soit maintenue à son maximum, il a fallu prêter la plus grande attention à ce que les tubes soient raccordés entre eux d'une manière absolument irréprochable; ces raccordements ne devaient offrir aucune prise à l'action de la saumure ni aux effets électriques ou atmosphériques.

La soudure à l'étain est sujette à une décomposition lente de l'alliage étain-plomb, bien connue des professionnels. L'étain se transforme, sous l'action du chlorure de calcium de la saumure, en chlorure d'étain. La soudure à l'étain, étant composée de deux métaux, peut aussi, au contact de la saumure, se décomposer par un effet galvanique. De plus, il est difficile d'appliquer la soudure à

l'étain d'une manière parfaite sur les lieux du montage, les tubes devant être assemblés en position horizontale. Pour toutes ces raisons, l'emploi de soudure à l'étain a été écarté.

Le raccordement des tubes a été fait suivant un procédé mis au point par la maison Sulzer; c'est un raccord par soudure autogène qui a fait ses preuves dans les chaudières à haute pression de 100 à 150 kg/cm<sup>2</sup> et à des températures de 400° et davantage.

Le raccord entre les tubes de cuivre du réseau de congélation d'une part et les distributeurs et collecteurs de saumure d'autre part a fait l'objet de soins tout particuliers. On a fait abstraction des liaisons fixes, nécessitant des pièces d'expansion spéciales, telles que boucles flexibles, ainsi que de celles exigeant l'emploi de substances organiques, jute, caoutchouc ou autres. On a préféré établir des joints à presse-étoupe, qui permettent un certain jeu entre les tubes du réseau et les pièces distributrices. Comme le montre la figure 8, chaque presse-étoupe est muni d'un regard, fermé par un écrou borgne, qui fait face au tube et permet de voir l'intérieur du tube pour vérifier si la section de passage est libre. Chaque tube peut aussi être rincé séparément, ou essayé sous pression pour en contrôler l'étanchéité.

Le concours que M. O. Ziegler, ingénieur à Bâle, a prêté à l'exécution des travaux de la patinoire, a été d'une grande valeur pour la Société propriétaire de l'entreprise. C'est lui qui a dirigé les travaux considérables de terrassement et de superstructure, notamment la construction du plateau en béton armé de la patinoire et de la couche isolante en liège aggloméré qui se trouve au-dessous. D'autre part, l'entreprise a profité de différents procédés nouveaux trouvés par la maison Sulzer qui a pris, à cette occasion, divers brevets.

Dans le but de faire participer en large mesure l'industrie de Bâle et de la région bâloise à l'exécution de la patinoire, la maison Sulzer a, dès le début, passé autant de travaux que possible à des sous-traitants locaux. Ainsi, la pose et le soudage des systèmes tubulaires et le montage des conduites d'arrivée et de retour de la saumure furent confiés à la maison Buss S. A., à Bâle; les tuyaux en cuivre furent commandés à la Metallwerke A. G., à Dornach.

Les solutions pratiques et élégantes trouvées par les architectes bâlois Suter & Burckhardt et A. Widmer & R. Calini, pour la partie architectonique des édifices, ainsi que les intéressants travaux de terrassement et de superstructure exécutés en cours de construction de la patinoire, feront l'objet d'un article spécial.

La mise en service de la patinoire fut retardée par des glissements de terrain qui se sont produits dans le parc de Sainte-Marguerite, sur une pente abrupte du voisinage immédiat, de sorte que la piste ne put être ouverte au public que le 17 février 1934. Toutes les installations ont, dès le début, donné entière satisfaction et pendant toute la période d'exploitation, le service n'a pas subi la moindre interruption.

Au match de hockey, qui eut lieu le 25 février entre les Saskatoon Quakers du Canada et les Grasshoppers de Zurich, la glace était en état irréprochable, malgré l'insolation extrêmement intensive et le fœhn violent ; ce fait mérite d'être signalé comme preuve de la puissance largement suffisante de l'installation frigorifique.

## Sur la corrosion des soudures

par FRANCIS MEUNIER, ingénieur,  
professeur à l'Ecole des Mines de Mons (Belgique).

Conférence faite à Lausanne, le 12 novembre 1932,  
à la Journée de la Soudure.

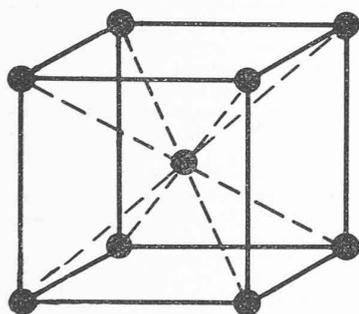
(Suite et fin.)<sup>1</sup>

### Soudure des aciers inoxydables.

On sait que, pour obtenir une résistance considérable aux actions corrosives, on a élaboré des aciers spéciaux, en particulier les aciers austénitiques au chrome-nickel, dont la nuance à 18 % de chrome et 8 % de nickel a donné naissance au fameux « acier 18/8 ».

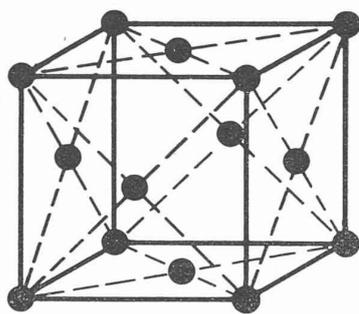
La soudure de ces aciers a soulevé d'importants problèmes de structure et de composition, dont il convient de rappeler les principes fondamentaux.

On sait que le fer, comme beaucoup de métaux, cristallise dans le système cubique. La forme  $\alpha$ , et ses analogues  $\beta$  et  $\delta$ , est caractérisée par le cube à volume centré (fig. 5). La forme  $\gamma$  appartient au cube à faces centrées (fig. 6).



Fe  $\alpha$

Fig. 5.



Fe  $\gamma$

Fig. 6.

Lorsque l'on dissout d'autres éléments dans le fer, celui-ci peut conserver sa forme cristalline ou la voir s'altérer. La dissolution peut en effet, consister en une *substitution*, dans le cristal élémentaire, d'atomes de l'élément à dissoudre à certains atomes de fer. Il peut aussi y avoir *incorporation* de l'atome étranger dans le réseau cristallin entre les atomes primitifs. Pour qu'il puisse y avoir dissolution par substitution et formation d'un cristal mixte idéal, il faut qu'entre le métal dissolvant et le métal à dissoudre existe une certaine parenté physique. Il convient, notamment, qu'ils cristallisent dans un même système et suivant un réseau dont les paramètres aient des valeurs assez rapprochées. Le réseau du métal dissolvant doit être assez extensible et les diamètres des atomes assez semblables. Ces conditions permettent de comprendre que le chrome qui cristallise dans le système cubique à volume centré se dissout facilement par substitution dans le fer  $\alpha$  tandis que le nickel qui appartient au système du cube à faces centrées forme des cristaux mixtes de préférence avec le fer  $\gamma$ .

<sup>1</sup> Bulletin technique du 27 octobre 1934, page 253.

On conçoit aisément que la dissolution par incorporation sera d'autant plus aisée que les atomes à dissoudre seront plus petits. Ainsi les métalloïdes, tels le bore, l'azote, le carbone, voient leurs petits atomes se glisser facilement dans le cube élémentaire et s'y placer dans des positions d'équilibre assez diverses.

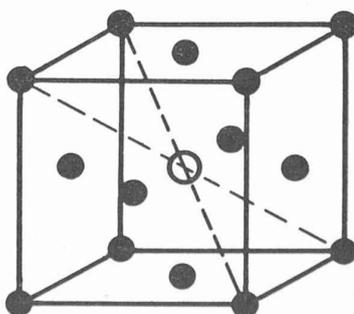
La forme cristalline bien compacte du fer  $\alpha$  permet de se rendre compte que la dissolution par incorporation  $\gamma$  est plutôt difficile. Au contraire le cube à faces centrées du fer  $\gamma$  se prête admirablement à l'incursion des petits atomes. Le carbone notamment s'installe au centre (fig. 7) tandis que l'atome d'azote trouve une position d'équilibre non moins stable au centre de gravité du tétraèdre régulier formé par un sommet et les trois centres des faces adjacentes (fig. 8). Les forces internes de la molécule en sont évidemment modifiées, comme le montrent les propriétés nouvelles de l'alliage ainsi formé.

La réalisation de la structure austénitique  $\gamma$  des aciers ou des alliages riches en fer peut donc être favorisée par la dissolution de métaux cristallisant dans le type cubique à faces centrées. Les éléments à gros diamètre sont insolubles dans le fer. Tous les autres, au contraire, y sont plus ou moins solubles, mais leur dissolution a pour conséquence d'augmenter ou de diminuer l'étendue du domaine de stabilité de la forme  $\gamma$ . A cet égard les trois principaux éléments d'addition des aciers inoxydables qui nous intéressent (chrome, nickel, carbone) ont un mode d'action différent qui peut être pris comme prototype. Le chrome qui cristallise dans le système du cube à volume centré se dissout de préférence par substitution dans le fer  $\alpha$  et rétrécit rapidement la zone de stabilité du fer  $\gamma$ . L'alliage fer-chrome à 15 % ne présente plus de points de transformation et est ferritique à toutes températures. La dissolution facile du nickel dans le fer  $\gamma$  au contraire élargit cette plage. L'alliage fer-nickel à 30 % n'a plus de points de transformation non plus, mais est austénitique. L'incorporation du carbone favorise d'abord la forme  $\gamma$ , ainsi qu'on l'a vu, mais cette action s'annule rapidement par la formation d'un constituant nouveau le carbure de fer  $Fe_3C$ , appelé aussi « cémentite », comme constituant métallographique.

Les systèmes binaires constitués par le fer et les trois éléments précités sont donc parfaitement connus. Lorsque l'on fait une dissolution simultanée des trois éléments on peut s'attendre à obtenir des résultats intermédiaires fort différents car l'intensité d'action varie avec chaque élément. Par exemple tandis que l'alliage fer-chrome pur est complètement ferritique au delà de 15 % de chrome il faut allier jusque 25 à 30 % de ce métal au fer pour obtenir le même résultat lorsque l'acier contient 0,25 à 0,40 % de carbone seulement.

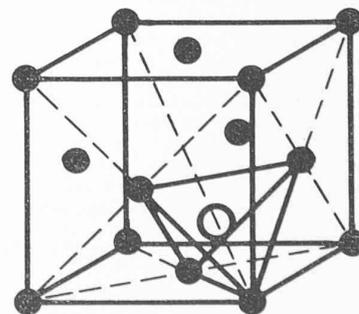
La remarquable inoxydabilité du chrome métallique avait attiré l'attention des chercheurs sur ce métal. Son prix élevé et les difficultés d'usinage incitèrent à réaliser des alliages à base de fer jouissant des mêmes propriétés de résistance à la corrosion. On put ainsi observer que l'alliage fer-chrome ne commence à résister efficacement que pour une teneur de 12 à 15 %. L'inoxydabilité devient excellente si on en incorpore 25 à 30 %. Si on tient compte des valeurs des poids atomiques du chrome et du fer on s'aperçoit qu'à ces chiffres correspond un rapport de un ou deux atomes de

Cr pour 8 de Fe. Cette proportion ne paraît pas due au hasard. Tamann a observé que la vitesse d'attaque d'une solution solide métallique est une fonction discontinue de la concentration. Elle varie brusquement aux teneurs qui correspondent à des rapports



● Fe ○ C

Fig. 7.



● Fe ○ N

Fig. 8.