

chaux vive pour la chaleur est si faible que l'on peut conserver la main sur la face externe de la brique alors que, sur l'autre, la chaux est portée à sa température de fusion. La magnésie, beaucoup plus conductrice, n'a pas donné d'aussi bons résultats que la chaux. Un four de même forme en charbon, avec électrodes isolées au moyen de tubes en magnésie, donne de mauvais résultats, étant donnée la conductibilité relativement considérable du charbon.

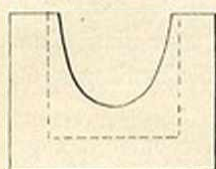


FIG. 63.
Creuset du four Moissan.

Le creuset employé avec le four ci-dessus (fig. 63) est fait au tour dans du charbon de cornue d'un seul morceau; il est cylindrique et porte deux encoches, placées aux extrémités d'un même diamètre et assez grandes pour laisser passer avec facilité les électrodes sans produire de court-circuit.

Pour éviter la formation de carbure de calcium, il ne faut pas mettre directement le creuset au contact de la chaux, mais interposer un lit de magnésie.

C'est ce modèle de four qui a permis à M. Moissan d'étudier la cristallisation des oxydes métalliques, de préparer le graphite foisonnant, d'obtenir la volatilisation facile du platine, la solubilité du silicium dans le carbone, le platine et un grand nombre de métaux.

Four en calcaire. — Le second modèle de four Moissan était représenté par trois exemplaires. Un se trouvait dans la vitrine du Laboratoire de Chimie appliquée de la Faculté des Sciences, un dans l'Exposition centennale de Chimie et le troisième à l'annexe de la Classe 24, où il a fonctionné d'une façon régulière, les mardi, jeudi et samedi de chaque semaine.

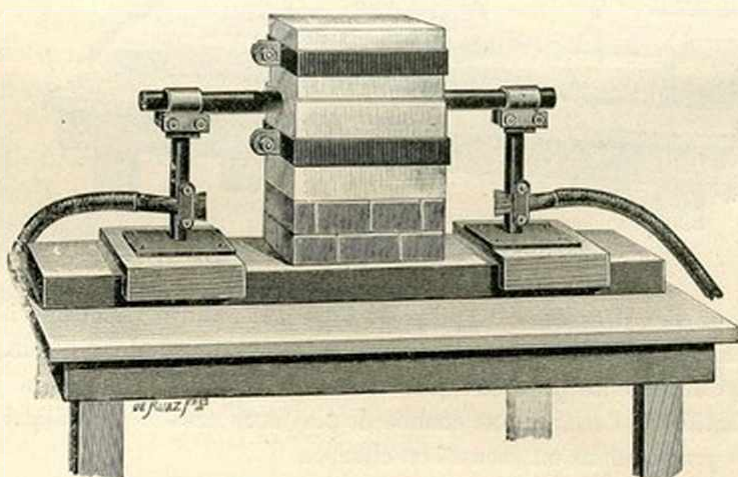


FIG. 64. — Four Moissan.

Ce modèle de four (fig. 64) fonctionne avec 1 000 ampères sous 35 volts; ses dimensions sont les suivantes : longueur des briques 35 cm, largeur 30 cm, hauteur de la brique inférieure 20 cm, hauteur du couvercle 11 cm.

Avec ces dimensions, il est presque impossible d'obtenir des blocs non gercés et homogènes, aussi a-t-il fallu remplacer la chaux vive des fours primitifs par du carbonate de chaux. M. Moissan emploie la pierre à bâtir de Courson (Yonne) dite du « Banc Royal » déjà employée par Deville et Debray pour leurs grandes fusions de platine. Ce carbonate de chaux, que l'on choisit à grain aussi fin que possible, est d'une grande solidité; il se rencontre en blocs aussi gros qu'on le désire; enfin il se taille excessivement bien, ce qui permet de faire au laboratoire les modifications de détail dont on peut avoir besoin.

Le charbon de cornue, employé pour la confection des creusets destinés au four petit modèle présente l'inconvénient de se gonfler beaucoup lorsqu'il se transforme en graphite sous l'action de l'arc; de plus, on ne peut l'employer pour les grandes dimensions. On utilise alors des

creusets faits au moule, par compression et d'une seule pièce, que l'on cuit ensuite à très haute température à la façon des électrodes. Le creuset est toujours placé, comme nous l'avons vu, sur lit de magnésie; cet oxyde étant le seul qui ne soit pas réduit par le charbon dans ces conditions. Dans les expériences de longue durée, la magnésie peut fondre, se combiner à la chaux déjà liquide qui existe dans le four et même se volatiliser, mais ne donne jamais de carbure. Il est utile de laisser autour du creuset 1 cm ou 2 cm de jeu pour permettre à la chaleur rayonnée par le dôme de circuler librement.

Le diamètre intérieur de ces creusets est de 7,5 cm, l'extérieur de 9 cm et la hauteur de 10 cm. Ils sont, comme les petits, munis d'échancrures pour le passage des électrodes (*fig. 63*).

Ces creusets en charbon peuvent être remplacés par des creusets en magnésie, préparée d'après les indications de M. Schlösing, dans le but d'enlever les impuretés qu'elle peut renfermer et qui, même en faible quantité, abaissent considérablement son point de fusion. Ce procédé consiste à calciner pendant plusieurs heures l'hydrocarbonate de magnésie, à mettre digérer le produit broyé en poudre fine dans une solution étendue de carbonate d'ammoniaque, à laver à grande eau et à calciner ensuite à haute température. On délaie la magnésie ainsi obtenue pour en faire une pâte épaisse que l'on moule par compression. On abandonne les pièces formées à une dessiccation lente et finalement on les cuit dans un four à moufle.

Les électrodes employées ont 50 cm de longueur et 5 cm de diamètre. L'extrémité d'une des électrodes est terminée en pointe; l'autre reste plane (dans les modèles de faible puissance, les deux électrodes sont taillées en pointe pour faciliter l'amorçage de l'arc). Les câbles souples amenant le courant sont serrés par des brides aux supports d'électrodes. Le bon contact entre l'électrode et son support est assuré de la façon suivante: l'électrode est enveloppée par une toile métallique faisant plusieurs fois le tour et l'ensemble est serré fortement par une mâchoire à écrous. Les supports sont fixés sur des glissières en bois se déplaçant le long d'un madrier.

Le four ainsi constitué peut servir, lorsqu'il est bien conduit, pour six ou huit expériences. Mais ces expériences doivent être assez rapprochées, car le calcaire se trouve transformé en chaux vive, laquelle se délite et tombe en poussière en absorbant l'humidité de l'air pour donner de la chaux éteinte.

Avant de servir, le four doit être séché avec soin; dans ces conditions, il est rare qu'il se fendille sous l'action de la chaleur lorsqu'il est en marche. Pour prévenir cet accident, le four et le couvercle sont cerclés dans des bandes métalliques serrées par des écrous disposés assez loin des électrodes pour éviter tout court-circuit. On peut également placer le bloc dans une enveloppe en tôle.

Ce modèle de four a permis à M. Moissan d'étudier la reproduction du diamant, la préparation et l'affinage par kilogrammes de métaux tels que le chrome, l'uranium, etc., la préparation des carbures, la volatilisation des métaux, etc...

Four à tube. — Le four à creuset permet de chauffer de grandes masses de produits à une température élevée; mais on ne peut éviter l'action des gaz qui emplissent le four. Ces gaz sont l'acide carbonique provenant de la décomposition du calcaire du four et qui se transforme en oxyde de carbone au contact du charbon des électrodes; l'hydrogène qui provient toujours de la dissociation de l'eau dont il est impossible de débarrasser complètement le four. Le four à tube a pour but d'éviter ces inconvénients.

Ce four se compose comme les autres, de deux blocs de pierre de Courson (*fig. 65*); la bande métallique, destinée à maintenir les morceaux du four dans le cas où il viendrait à se fendre est remplacée par une sorte de caisse en tôle dans laquelle le four est placé. Dans le sens de la largeur, le bloc inférieur est percé d'un trou livrant passage à un tube en charbon dans lequel on met les produits destinés à être soumis à l'action de l'arc.

Les dimensions de ce four sont: longueur, 30 cm, largeur 25 cm, hauteur 15 cm pour la partie inférieure et 5 cm pour la partie supérieure. Le diamètre intérieur du tube peut varier

de 5 à 40 mm; il est disposé de façon à se trouver à 1 cm au-dessous de l'arc et à 1 cm au-dessus du fond. Le four peut fonctionner à 1 000 ampères sous 60 volts.

Lorsque l'un des trois modèles de four dont nous avons parlé doit fonctionner pendant un certain temps avec des courants de haute intensité de 1 200 à 2 000 ampères, ces fours sont rapidement mis hors d'usage. La chaux fond et coule comme de l'eau; elle se volatilise en donnant des courants de fumée; les vapeurs, en s'échappant par les ouvertures donnant passage aux électrodes, produisent un sifflement aigu et finissent même par soulever le couvercle; en même temps il tombe d'une façon continue dans ce liquide de petits fragments de carbonate de chaux qui sont immédiatement dissociés et qui décrépitent en projetant de tous côtés de la chaux fondue. L'expérience devient alors dangereuse. On remédie à cet inconvénient en augmentant la cavité du four; mais alors la température n'est plus aussi élevée.

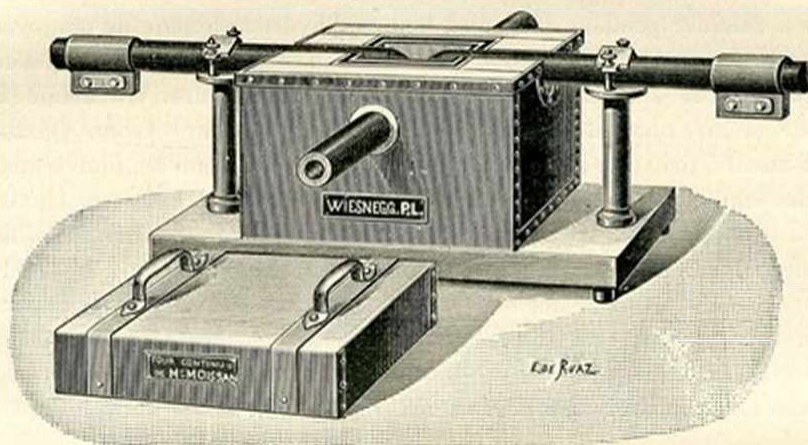


FIG. 65. — Four à tube Moissan.

Il est préférable de garnir la cavité un peu grande de couches de charbon et de magnésie comme cela est représenté dans la figure 65. Les plaques employées sont au nombre de quatre; elles ont 1 cm d'épaisseur et on fait alterner une plaque de magnésie et une de charbon, de telle façon qu'une plaque de magnésie soit au contact de la chaux et une plaque de charbon à l'intérieur de la cavité. On évite ainsi la formation de carbure, la magnésie étant, comme nous l'avons vu, totalement irréductible par le charbon. Le four ainsi disposé peut marcher pendant plusieurs heures.

Le tube ne peut être fait qu'en charbon, tous les autres corps fondant et se volatilisant avant lui. Naturellement tout contact entre le tube et la matière du four devra être évité par l'emploi de magnésie. La partie du tube soumise à la température de l'arc se transforme en graphite; si le tube a été bien fabriqué, en carbone pur soumis à une forte pression, le graphite forme un véritable feutrage et le diamètre reste sensiblement constant.

Les tubes de charbon ont le grave inconvénient d'être poreux et il n'a pas été possible de remédier à ce défaut.

Les substances à chauffer dans ce four sont placées dans des nacelles en charbon. L'opération peut être faite dans un courant gazeux que l'on fait circuler dans l'appareil avec une très grande vitesse. Il faut naturellement que ces gaz soient parfaitement desséchés.

M. Moissan a employé cet appareil pour la synthèse directe du carborundum par action des vapeurs de carbone et de silicium, pour la production des borures, de certains carbures, azotures, etc.

Cet appareil peut servir de four continu en l'inclinant de façon que le tube forme un angle de 30°.

Fonctionnement du four. Fusion et volatilisation de la chaux. — Comme nous l'avons dit, le four en calcaire a fonctionné pendant toute la durée de l'Exposition.

Voici comment l'on procédait pour sa mise en marche :

Prenons comme exemple l'expérience démontrant la volatilisation de la chaux, le fonctionnement étant sensiblement le même dans les autres cas.

Pour cette expérience, on n'a pas besoin de creuset; on utilise directement la matière même du four ou bien l'on remplit la cavité centrale de quelques fragments de chaux vive. Les électrodes sont fixées dans les rainures et serrées dans les mâchoires des supports à glissières; on les rapproche à 2 ou 3 cm l'une de l'autre, de façon que l'une d'elles soit exactement au centre de la cavité, on ferme l'interrupteur, on approche lentement la seconde électrode de façon à amorcer l'arc et l'on écarte immédiatement à la distance voulue. Au début, cette distance ne doit pas être très considérable; car, lorsque le four est froid, l'arc s'éteint avec facilité, sa longueur étant inférieure à 1 cm.

On perçoit immédiatement une odeur pénétrante d'acide cyanhydrique. La petite quantité d'humidité qui se trouve dans les électrodes donne avec le carbone de l'acétylène, lequel, en présence de l'azote se trouvant dans le four au début de l'expérience, réalise la synthèse de l'acide cyanhydrique de M. Berthelot. La lumière émise par le four, colorée par la flamme du cyanogène, a pris dès le début une teinte pourpre qui disparaît bientôt. En deux ou trois minutes les électrodes ne tardent pas à rougir et de longues flammes jaillissent avec force des ouvertures donnant passage aux électrodes de chaque côté du four. Ces flammes sont surmontées de torrents de fumées blanches produites par la volatilisation de la chaux et qu'il est facile de recueillir; ces vapeurs se répandent dans l'atmosphère et restent très longtemps en suspension.

Au début de l'expérience, l'arc possède une certaine mobilité, le four ronfle beaucoup, puis les vapeurs métalliques venant à augmenter la conductibilité, l'arc fonctionne avec régularité et sans bruit.

Dès que le four est en marche normale, la lumière et la chaleur deviennent très intenses, aussi est-il indispensable, pour les personnes se trouvant dans le voisinage immédiat du four, de ne pas exposer le visage à une action prolongée de la lumière électrique et de se garantir les yeux au moyen de lunettes noires. Ces « coups de soleil électriques » ont en effet été fréquents au début des recherches et l'irritation produite par l'arc peut amener des congestions douloureuses. Lorsque l'on emploie des fours en pierres calcaires, il se forme de grandes quantités d'acide carbonique provenant du dédoublement du carbonate de chaux en chaux et en acide carbonique. Ce dernier composé, au contact des électrodes portées au rouge et de la vapeur de carbone, produit d'une façon continue un dégagement d'oxyde de carbone. Ce gaz brûle au contact de l'air à sa sortie du four, mais sa combustion est toujours incomplète, aussi le fonctionnement de cet appareil et des fours électriques en général doit-il avoir lieu dans un local bien aéré pour éviter l'intoxication par l'oxyde de carbone, caractérisée par des céphalalgies intenses, des nausées et une lassitude générale.

Lorsque l'on enlève le couvercle d'un four ayant fonctionné dans ces conditions, on constate que le dôme a été littéralement fondu et, si l'opération a duré un certain temps, il se forme de véritables stalactites de chaux fondue, laquelle a coulé lentement et s'est solidifiée à la fin de l'expérience.

On peut ainsi, dans ces conditions, volatiliser en cinq minutes plus de 100 grammes d'oxyde de calcium.

Volatilisation de la silice. — L'opération est conduite comme pour la volatilisation de la chaux: on met dans le creuset 200 ou 300 grammes de cristal de roche en fragments. En quelques instants la silice entre en fusion et, après sept ou huit minutes, l'ébullition commence. On voit alors sortir en abondance du four, par les ouvertures servant de passage aux électrodes, une fumée extrêmement légère de couleur bleutée. Pour recueillir le produit en quantité, le couvercle du four porte une ouverture verticale au-dessus du creuset (*fig. 66*), ce qui permet de condenser les vapeurs dans une cloche en verre; on peut ainsi obtenir en dix ou quinze minutes une vingtaine de grammes de silice distillée à l'état de poudre blanche très légère contenant un

peu de chaux dont on peut facilement la débarrasser par lavage à l'acide chlorhydrique étendu. La forme de la silice condensée dépend naturellement de la vitesse de refroidissement de la vapeur; si ce refroidissement est relativement lent, on perçoit à l'œil nu de petites sphérules de

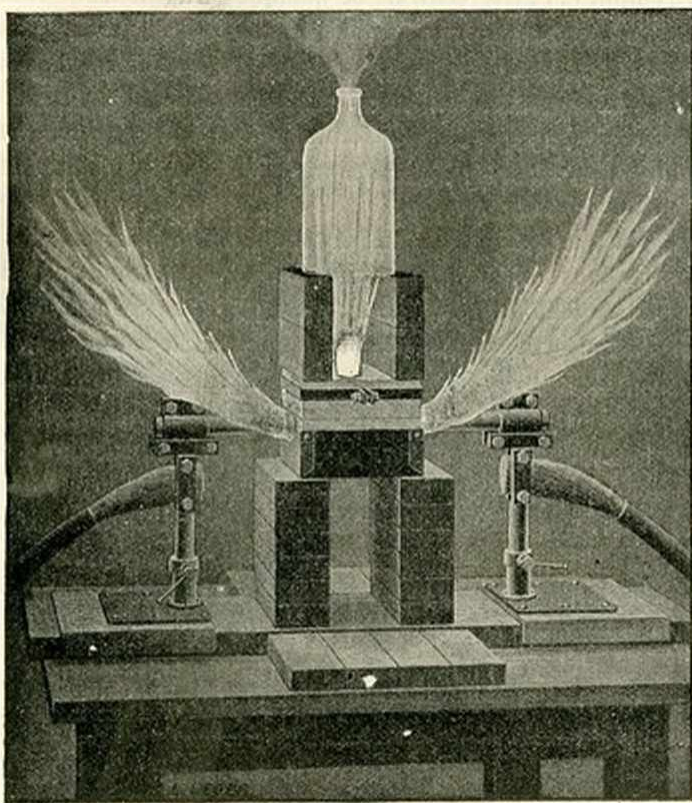


FIG. 66. — Volatilisation de la silice.

silice se dissolvant rapidement dans l'acide fluorhydrique avec un léger bruissement. Examinées au microscope avec un très faible grossissement (*fig. 67*), on remarque qu'elles sont opalescentes,

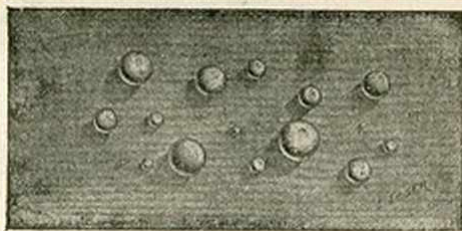


FIG. 67. — Grains de silice volatilisée.

généralement pleines; mais quelquefois elles présentent une partie creuse semblant indiquer que la silice fondue a diminué de volume en passant à l'état solide.

M. Moissan a remarqué que le dépôt que l'on peut recueillir sur les globes de verre des lampes à arc renferme de petites sphères identiques provenant des impuretés du charbon. C'est donc en partie à un dépôt de silice volatilisée que les globes de

lampes à arc ayant fonctionné un certain temps doivent leur opalescence.

Reproduction du diamant. — Pour réaliser cette expérience, on utilise l'augmentation de volume que subit une masse de fonte au moment de son passage de l'état liquide à l'état solide. La fonte solide a en effet une densité plus faible que la fonte liquide. C'est un fait connu dans la pratique industrielle que les saumons de fonte surnagent le bain liquide. Le phénomène est pareil à celui qui se produit pour l'eau.

A la température du four électrique, le fer dissout une quantité considérable de carbone qu'il abandonne par refroidissement à l'état de graphite. Si le refroidissement est brusque, une partie du carbone ainsi déposé se présente sous l'aspect de diamant.

On chauffe dans le creuset 200 gr de fer doux de Suède, coupé en cylindres de 1 à 2 cm de

longueur et de 1 cm de diamètre après avoir recouvert le tout de charbon de sucre. La durée de l'opération est de quelques minutes. On enlève alors le couvercle et le creuset, saisi au moyen d'une pince en fer, est plongé brusquement dans un vase rempli d'eau froide (fig. 68). Le creuse

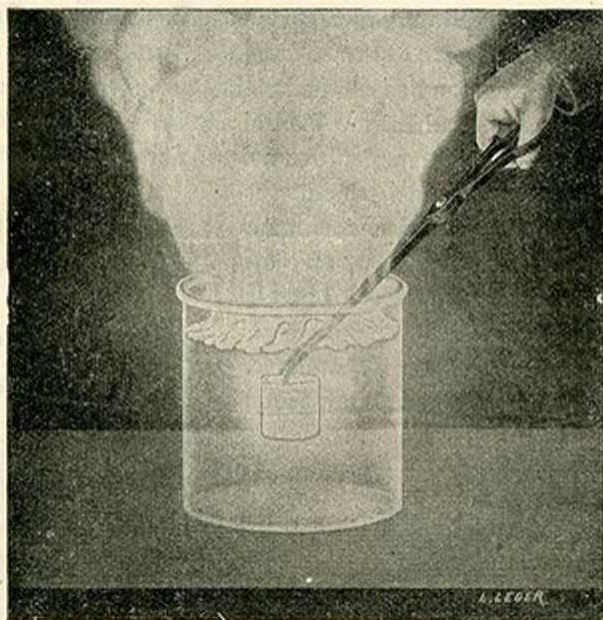


FIG. 68. — Reproduction du diamant au four électrique.

et le métal restent au rouge pendant quelques minutes et dégagent des bulles gazeuses qui viennent crever à la surface du liquide sans s'enflammer. La température diminue rapidement, le creuset se refroidit et toute lueur disparaît finalement grâce à la caléfaction. Cette expérience curieuse, consistant à plonger dans l'eau froide un creuset rempli de fer liquide porté à 3 000°, se fait sans aucun danger.

Le reste de l'expérience ne peut avoir lieu naturellement que dans le laboratoire. Voici sommairement en quoi consiste l'opération : On traite le culot par l'acide chlorhydrique pour enlever tout le fer. Il reste un résidu de charbon sous différentes formes ; ce résidu subit des traitements successifs par l'eau régale, l'acide sulfurique et l'acide



FIG. 69. — Diamants noirs obtenus au four électrique.

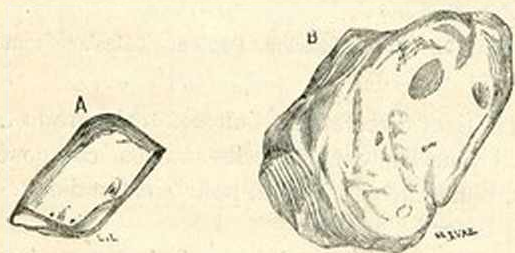


FIG. 70. — Diamants transparents obtenus au four électrique.

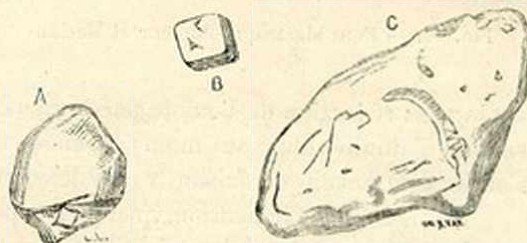


FIG. 71. — Diamants transparents obtenus au four électrique.

fluorhydrique ; on le chauffe ensuite dans l'acide sulfurique à 200°, dans lequel on projette du nitrate de potassium, puis à sept ou huit reprises dans de l'acide nitrique fumant additionné de chlorate de potassium ; finalement on lave à l'acide fluorhydrique et à l'eau. En séparant le résidu par la méthode des densités, au bromoforme, puis à l'iodure de méthylène, on obtient

une poudre cristalline de densité 3 à 3,5, formée de fragments opaques et de fragments transparents.

Les fragments opaques sont plus ou moins noirs, d'un aspect chagriné et présentent des arêtes courbes et des angles bien déterminés qui, à première vue, peuvent appartenir à un cube, (*fig. 69*). Les fragments transparents ont un aspect gras, possèdent des stries parallèles et parfois des impressions triangulaires; ils sont à surface arrondie, d'autres paraissent brisés en morceaux; quelquefois ils ont des formes arrondies et quelquefois se présentent en cubes (*fig. 70 et 71*). Tous ces échantillons rayent le rubis avec facilité; ils brûlent dans l'oxygène en donnant de l'acide carbonique; quelques-uns, notamment les noirs, laissent un faible résidu ocreux.

Les rendements obtenus sont insignifiants et les cristaux obtenus sont microscopiques comme l'indiquent les figures. M. Moissan a pu, en employant le plomb au lieu du fer, arriver à obtenir des cristaux un peu plus gros.

Préparation des carbures, fontes et métaux.

— En général, ces produits se préparent d'une façon

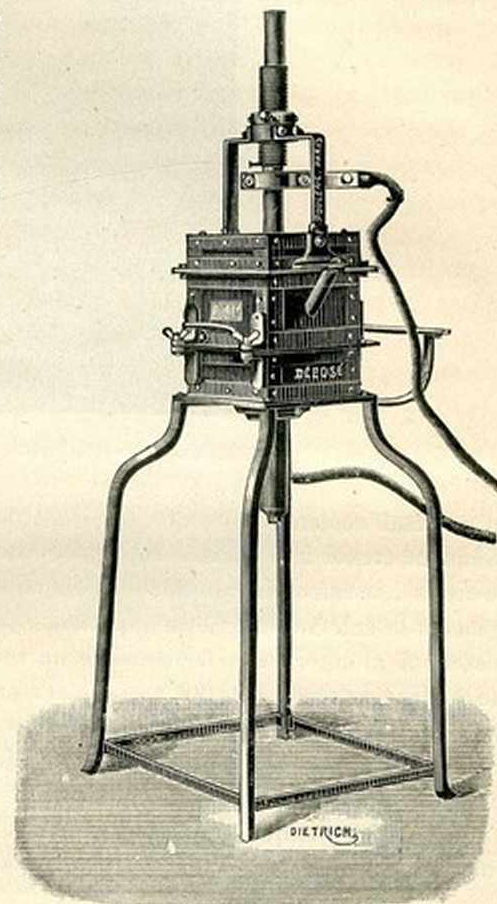
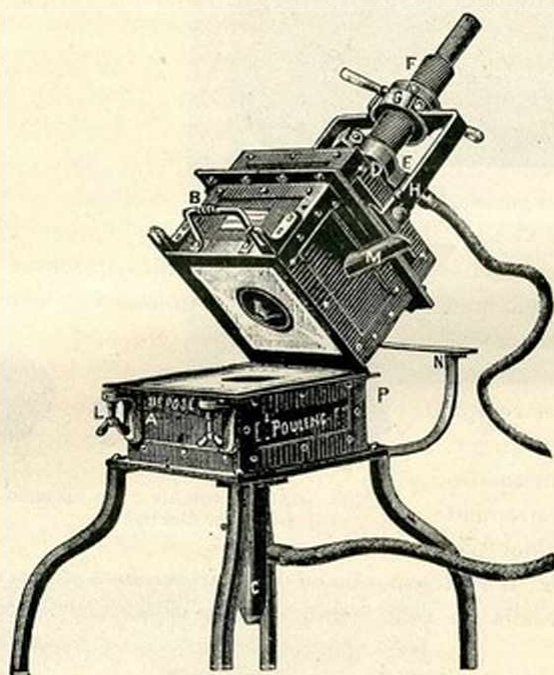


FIG. 72. — Four électrique Poulenc et Meslans ouvert. FIG. 73. — Four électrique Poulenc et Meslans fermé.

analogue : réduction de l'oxyde par le carbone. On obtient directement l'un des trois produits, suivant l'affinité plus ou moins grande du métal pour le carbone; les autres composés s'obtiennent ensuite en faisant varier les conditions, d'une façon spéciale, pour chacun d'eux.

Voici, à titre d'indication, quelques expériences faites à l'annexe.

Le carbure d'aluminium s'obtient directement en chauffant l'aluminium; il n'est pas nécessaire d'ajouter du charbon, celui du creuset suffit. Le carbure traité par l'eau donne non pas de l'acétylène, mais du méthane pur, lequel a un pouvoir éclairant insignifiant.

Le carbure de chrome (Cr^2C^3) s'obtient en chauffant, pendant dix à quinze minutes, du chrome métallique en présence d'un excès de charbon. On obtient une masse friable remplie de cristaux de carbure.

La fonte d'uranium s'obtient au moyen d'un mélange d'oxyde d'uranium et de charbon de sucre; en dix ou douze minutes, on peut obtenir un culot de 200 gr. La teneur en carbone varie

suivant les proportions du mélange, la durée, etc... Pour avoir directement le métal ne contenant pas de carbone, on emploie un grand excès d'oxyde, environ 40 gr de charbon pour 500 d'oxyde; dans ces conditions, en chauffant seulement huit minutes, on obtient un culot de 350 gr pouvant contenir encore un peu d'oxyde.

Le tungstène métallique s'obtient en prenant un excès d'acide tungstique, dix fois le poids du charbon, par exemple, et en se plaçant dans des conditions telles que l'acide en excès soit volatilisé. Pour avoir une fonte, il suffit de mettre, au contraire, un excès de charbon.

Le titane s'obtient directement en chauffant du rutile et du charbon, on obtient par essai environ 200 gr de métal fondu à la partie supérieure, la partie inférieure renfermant de l'azoture et de l'oxyde.

Four électrique de MM. G. Poulenc et M. Meslans. — Ce four est disposé de façon à permettre des manipulations rapides et un changement facile des creusets, lorsque l'on désire faire des opérations successives. Afin de suivre aisément la marche des opérations, il est composé de deux parties réunies par une charnière; la partie inférieure renferme le creuset-électrode, la partie supérieure porte l'électrode proprement dite et peut être rabattue sur un support (fig. 72). Le creuset est ainsi facilement découvert. En ramenant le corps du four dans sa position première, on rétablit aisément le courant (fig. 73). La figure 74 donne une coupe longitudinale de ce four.

La partie inférieure du four est fixée directement sur quatre pieds portant le support N (fig. 72), destiné à recevoir la partie supérieure E, quand on la fait basculer autour des charnières P. Le courant arrive à l'armature C isolée de l'enveloppe A au moyen d'amiante; cette armature se termine à l'intérieur du four par une boîte métallique qui reçoit le creuset en charbon et sert à la fois à conduire le courant à celui-ci et à le soutenir pour l'empêcher de se fendre; une partie mobile assure le contact par serrage. Un bloc de charbon de $150 \times 150 \times 90$ peut servir de creuset ou de porte-creuset pour un creuset cylindrique de charbon de 83 mm de diamètre extérieur et de 40 mm de hauteur. Le bloc de charbon est placé lui-même dans une garniture en pierre réfractaire (bloc de pierre de Courson).

La partie supérieure du four E est maintenue sur la partie inférieure A au moyen des charnières P, d'une part, et de l'autre, au moyen des écrous de serrage mobiles L. Un joint en amiante existe entre les deux parties.

Ce corps E renferme un bloc réfractaire percé d'une ouverture cylindrique verticale

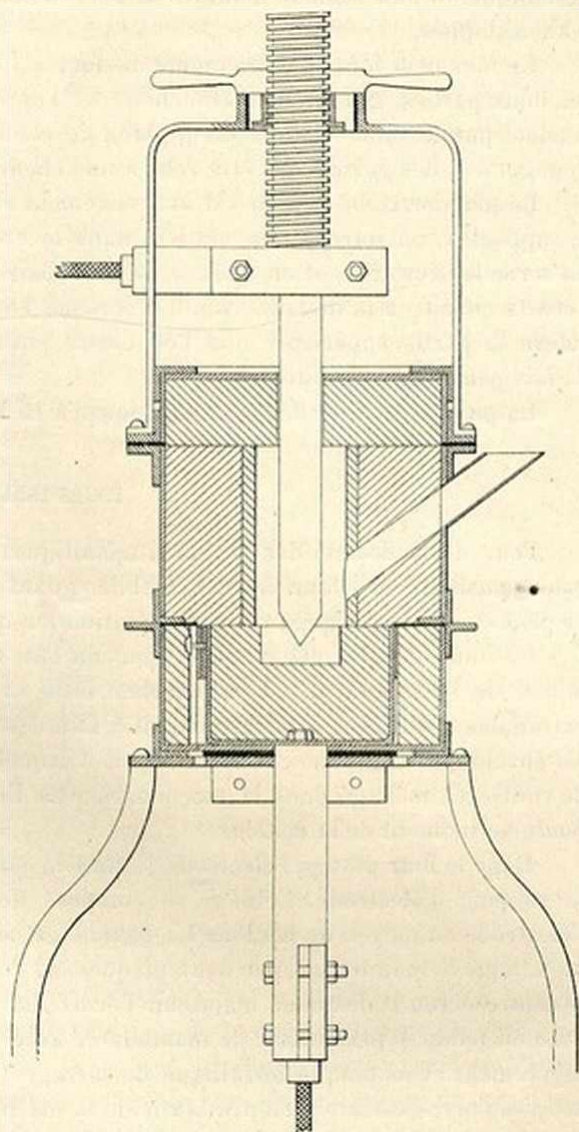


FIG. 74. — Coupe du four électrique Poulenc et Meslans.

de 90 mm de diamètre, garnie elle-même d'un cylindre en charbon qui la protège de l'action de l'arc. Dans cet espace descend l'électrode D à laquelle le courant est amené par la mâchoire E. Cette électrode est fixée dans un cylindre fileté F traversant un écrou engagé dans la monture de l'étrier H, dans laquelle il peut tourner, faisant ainsi monter ou descendre à volonté l'électrode dans le four. Le mouvement est très régulier et permet un réglage aisé du courant. Cette électrode a 40 mm de diamètre. L'étrier est lui-même isolé de la masse métallique du four et de la monture de l'écrou; on évite ainsi toute chance de court-circuit par les enveloppes.

Ce four peut fonctionner comme un four à distillation, grâce au joint d'amiante, fixé entre les deux parties, qui assure l'étanchéité de l'appareil. Dans ce cas, les vapeurs métalliques se rendent par le tube M dans un appareil de condensation. En temps ordinaire, ce tube sert au dégagement des gaz et peut être relié à une cheminée d'appel.

La manœuvre de ce four est excessivement simple: la partie supérieure étant rabattue sur le support N, on introduit la matière dans le creuset, on remet en place la partie supérieure, on serre les écrous L et on amorce l'arc en baissant l'électrode, au moyen du cylindre F; on l'écarte ensuite à la distance voulue; lorsque l'on désire voir ce qui se passe dans le four, on relève la partie supérieure que l'on baisse ensuite. Ce four a fonctionné un certain nombre de fois pendant l'Exposition.

La puissance absorbée peut aller jusqu'à 15 kilowatts.

FOURS INDUSTRIELS

Four de la Société des carbures métalliques. — Ce four constitue un « four à cuve fixe » par opposition au « four à cuve mobile », dans lequel la cuve est montée sur un chariot et peut être enlevée après chaque opération lorsque l'on désire faire du carbure en pains.

Ce four (*fig. 75*) est constitué par un bâti en briques A, dont le fond est garni en son milieu de l'électrode fixe E en charbon tassé et calciné. Dans ce bloc viennent se noyer les extrémités des câbles *f* correspondant à l'un des pôles de la machine. La cuve en maçonnerie est enveloppée dans une caisse en tôle E à laquelle est fixée une coulotte D en regard du trou de coulée C, ménagé dans la maçonnerie. La lingotière H est destinée à recevoir le carbure fondu au moment de la coulée.

Dans le four plonge l'électrode I, dont la tête J est taillée exactement de façon à recevoir le support d'électrode. Celui-ci se compose de deux plaques de fer K, serrant la tête de l'électrode au moyen de boulons L; le tout est supporté par une chaîne O, fixée à une pièce métallique N, maintenant, par deux plaques M, l'ensemble du support auquel elles sont fixés par le contre-écrou P destiné à maintenir l'écart. La chaîne O passe sur une poulie S et fait corps avec un palan T permettant de manœuvrer avec facilité l'électrode I pour l'élever ou l'abaisser légèrement. Une plaque métallique de serrage Q permet de fixer les extrémités R des câbles souples correspondant à l'autre borne de la machine.

Le tout est recouvert d'une hotte U emmenant par la cheminée les poussières et les vapeurs dans l'atmosphère.

Ce four a fonctionné tous les jours pendant la durée de l'Exposition à une intensité de 2 500 ampères sous 40-42 volts (environ 100 kilowatts). L'électrode employée, de section carrée, avait 25 cm de côté.

Le choix et la préparation des matières premières constituent un des points importants de l'industrie du carbure de calcium. La chaux doit être aussi pure que possible et exempte principalement de silicates et de phosphates qui donnent naissance à des phosphures et des siliciures. Nos contrées des Alpes renferment beaucoup de carrières de calcaire propre à cet usage. Le calcaire est cuit dans des fours analogues aux fours à chaux ordinaires. Ils sont presque tous à marche continue. On avait essayé, à un moment, d'employer directement le calcaire; mais cette façon d'opérer était mauvaise, étant donnée la quantité colossale de gaz acide carbonique

qui se dégageait et se transformait en oxyde de carbone, nécessitant de ce fait une quantité de charbon plus considérable. Le charbon employé dans la plupart des usines des Alpes est soit de l'anthracite anglais à 4 ou 5 0/0 de cendres, soit du coke de Saint-Étienne; dans quelques autres pays, on emploie le charbon de bois qui présente l'avantage de n'avoir qu'une quantité insignifiante de cendres. L'anthracite des Alpes, de très mauvaise qualité, renferme souvent jusqu'à 25 0/0 de cendres et quelquefois plus; il paraît peu utilisable, même après lavage et enrichissement, à moins d'utiliser les cendres, comme à l'usine de Bozel, pour faire du ferrosilicium (Voir p. 60). Le charbon employé ne doit pas renfermer de soufre, azote, phos-

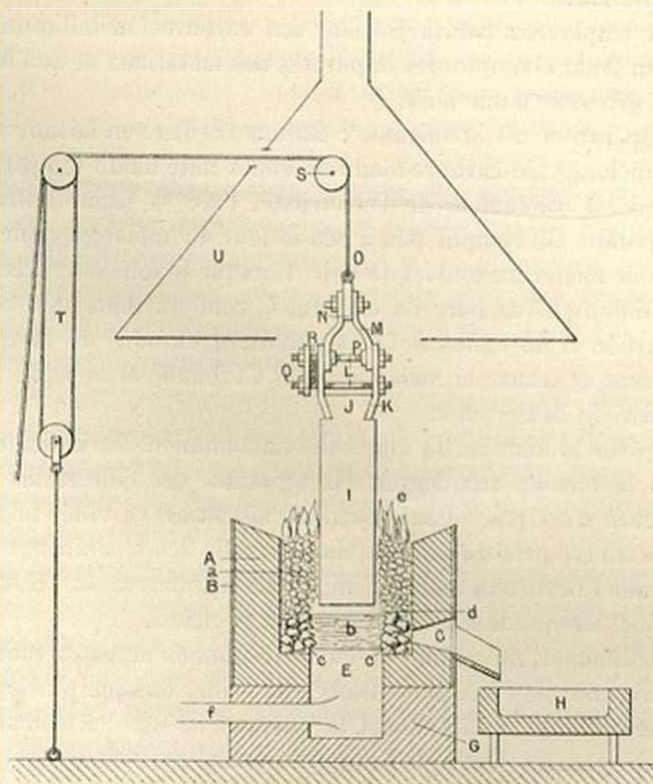


FIG. 75. — Four de la Société des carbures métalliques (Brevets Bullier).

phore, etc. Certaines de ces impuretés n'ont d'autre effet que de baisser la teneur du carbure en acétylène; d'autres donnent, au contact de l'eau, des produits gazeux qui souillent l'acétylène obtenu; le phosphore, enfin, a l'inconvénient de donner du phosphore de calcium, lequel, au contact de l'eau, dégage de l'hydrogène phosphoré.

Les matières premières, chaux et charbon, dans le commencement de l'industrie du carbure, étaient broyées assez finement; on croyait cette pulvérisation nécessaire à la bonne marche des fours; il en résultait une masse semi-pâteuse engobant l'oxyde de carbone, lequel, en se dégageant, projetait du carbure fondu. En outre, une quantité énorme de poussières étaient entraînées, d'où la réputation que possédait l'industrie du carbure à cette époque. Actuellement on se contente de concasser le mélange; de cette façon le gaz oxyde de carbone n'est pas emprisonné et se dégage facilement sans entraîner de poussières; les produits en présence restent donc dans les mêmes proportions, tandis qu'autrefois il fallait mettre un excès de charbon et doser, après chaque opération, les matières non traitées devant servir à l'opération suivante. Les broyeurs employés primitivement sont simplement remplacés par des concasseurs.

Les quantités théoriques nécessaires pour la réaction sont les suivantes : 36 parties de charbon pour 56 de chaux vive.

Pour produire 1 tonne de carbure de calcium, il faut 875 kg de chaux et 562,5 kg de charbon, la différence étant de l'oxyde de carbone, soit 437,5 kg; cet oxyde de carbone brûle, il est vrai, au contact de l'air; mais cette combustion peut être incomplète; on voit donc la nécessité d'aérer énergiquement les ateliers de fabrication du carbure. On peut tenir compte qu'un léger excès de chaux favorise la réaction; on admet, en effet, que c'est la chaux qui fond et dissout ensuite le carbone; mais il ne faut pas naturellement exagérer cette facilité de fabrication. D'un autre côté, une partie du carbone est brûlée; mais cette perte est compensée en partie par l'apport que fournit l'électrode.

Les proportions employées par la Société des carbures métalliques correspondent aux chiffres théoriques, en tenant compte des impuretés des matériaux et de l'humidité du charbon. Les morceaux ont la grosseur d'une noix.

La marche de l'opération est la suivante : On amorce l'arc en faisant un court-circuit, puis on ajoute un peu du mélange; le carbure fondu obtenu à cette haute température, vient se réunir sur la sole; comme il est conducteur de l'électricité, l'arc se forme entre le bain fondu et la base de l'électrode mobile. On remplit peu à peu le four du mélange pour chauffer celui-ci et empêcher l'électrode de brûler au contact de l'air. Lorsque le four est en marche normale, il y a formation d'un bain liquide de carbure de calcium *b*, contenu dans une sorte de creuset formé d'un magma de charbon et de chaux à l'état pâteux *c*, entouré de morceaux *d* formant une croûte solide; au dessus se trouve le mélange *a* qui s'échauffe et se sèche au contact de l'oxyde de carbone chaud qui vient brûler en *e*.

L'ouvrier chargé de la marche du four suit constamment les indications du voltmètre et maintient constante la tension aux bornes en agissant sur l'électrode mobile, l'élevant ou l'abaissant. Sa présence n'est pas rigoureusement nécessaire à côté du four. Dans certaines usines, cet ouvrier se trouve près du tableau, dans la salle des machines, mitoyenne de celle des fours; le travail est alors beaucoup moins pénible. La manœuvre de l'électrode est assez délicate, surtout au début, lorsque le four n'est pas encore chaud.

Le four, en fonctionnant, fait entendre un bourdonnement assez puissant, plus ou moins régulier et dû à la vibration de l'électrode. Dans une usine, lorsque plusieurs fours se trouvent dans le même atelier, il se produit souvent le phénomène des battements; étant donnée l'intensité du son produit par les fours, le bruit occasionné par ces battements devient complètement assourdissant.

Le carbure formé s'accumule en *b*. Lorsque le moment de la coulée est venu, ce dont on s'aperçoit aux poussées de carbure accompagnées de projections, le second ouvrier, qui a pour mission de charger le four et de disposer le mélange avec soin pour que les flammes d'oxyde de carbone se forment assez loin du centre et ne viennent pas lécher la surface de l'électrode, opère de la façon suivante :

Par le trou de coulée *C*, il fait tomber dans une pelle les matières contenues dans le voisinage de *d* et non agglomérées, de façon à former une sorte de voûte maintenant le mélange. Au moyen d'un pic, il perce la paroi *c* et le carbure s'écoule et tombe dans la lingotière; il est très fluide et se trouve porté au blanc éblouissant. Pendant la coulée, le premier ouvrier doit baisser l'électrode au fur et à mesure pour rattraper la surface du bain. Il règle toujours la tension d'après les indications du voltmètre.

La première coulée se fait après un temps assez long, en raison des chaleurs perdues pour chauffer le four. A l'Exposition, cette coulée avait lieu au bout de trois quarts d'heures à une heure; elle est également moins fournie que les autres, qui ont lieu de demi-heure en demi-heure et sont de 25 à 30 kg.

Lorsque, pour une raison quelconque, le four se comporte mal, il s'empâte et l'on ne peut plus faire de coulée; dans ces conditions, on élève l'électrode au fur et à mesure de la formation du carbure. Celui-ci se solidifie, sauf la partie immédiatement dans le voisinage de l'arc. Lorsque

électrique A (fig. 76 et 77), noyées dans un garnissage de charbon B qui est aggloméré convenablement et cuit dans un four à moufle disposé spécialement. Huit conducteurs en forme de lames, C, reçoivent le courant et le transmettent aux âmes en charbon ayant une haute conductance. Le contact avec les faces des conducteurs est obtenu par l'interposition de garnitures élastiques en cuivre, D.

La suspension de l'électrode est assurée en toute sécurité par des lames de serrage E, convenablement disposées.

Un dispositif spécial P prévient le desserrage de la connexion supérieure sous l'effet de la dilatation.

La majeure partie du courant passant dans l'électrode se propage à travers les âmes, plus conductrices que le garnissage qui les entoure, et l'échauffement résultant du passage du courant a une tendance à se localiser dans la partie centrale de l'électrode. Il en est de même pour la chaleur ayant son origine au foyer même du four et qui est transmise par conductibilité calorifique.

Les âmes en charbon étant, par leur partie supérieure, en communication directe avec des lames métalliques de grande surface rayonnante, il en résulte un refroidissement, intéressant par conséquent la partie centrale de l'électrode seule sujette à un fort échauffement.

La surface extérieure en aggloméré se trouve ainsi préservée d'un accroissement excessif de température pouvant la porter au rouge et en provoquer la combustion au contact de l'oxygène de l'air ambiant.

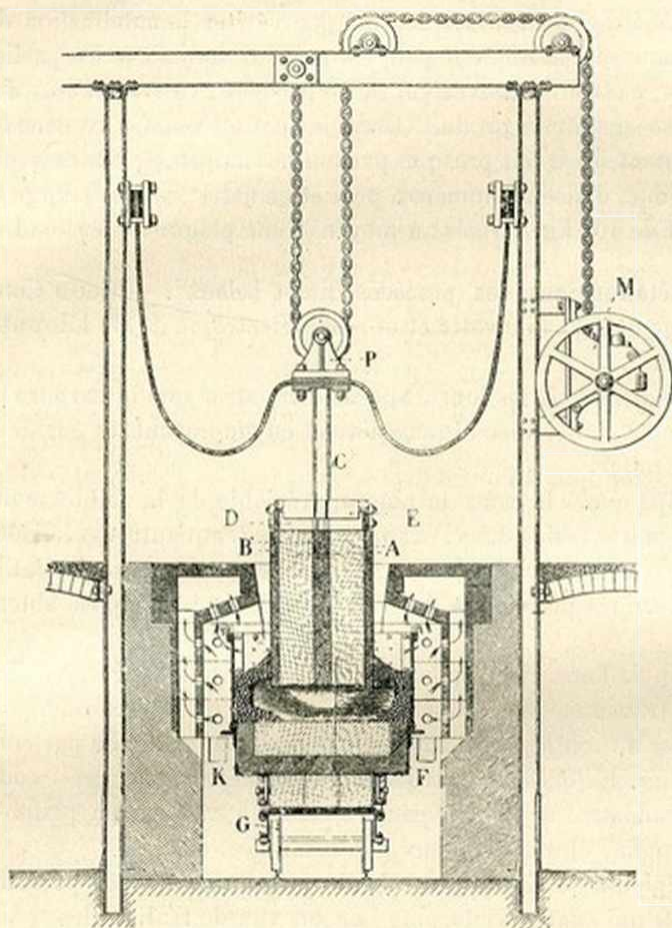


FIG. 76. — Four Gin et Leleux. Coupe de face.

Cette combustion, qui occasionne dans la plupart des fours une usure si considérable des charbons, se trouve ainsi facilement évitée.

L'emploi d'électrodes mixtes a encore pour effet de répartir l'action calorifique sur une surface dont l'étendue, convenablement calculée, permet d'obtenir une température légèrement supérieure à celle de fusion ou de réaction des corps traités.

On réduit ainsi au minimum les phénomènes de dissociation et de volatilisation qui résultent des températures excessives ; l'on supprime en même temps les pertes d'énergie et de matières qu'entraînent ces phénomènes.

L'électrode plonge au centre de la matière à traiter contenue dans une enveloppe métallique perforée. Cette enveloppe repose sur un chariot G qui, pour l'opération, est introduit à l'intérieur du four.

Ce four est construit en maçonnerie réfractaire ; dans ses parois sont pratiqués des carnaux qui recueillent les gaz provenant de la réaction ; ces carnaux se réunissent pour déboucher dans un collecteur d'aspirations communiquant avec un ventilateur qui envoie les gaz dans une chambre où se fait la décantation et la récupération des poussières entraînées par les gaz.

Des perforations pratiquées dans l'enveloppe facilitent encore la division des gaz en multipliant les points d'évacuation.

Cette disposition a aussi pour avantage de soustraire les ouvriers à l'action délétère de l'oxyde de carbone, en même temps qu'elle assure l'aération de la salle et empêche les poussières de s'y répandre.

La coulée se fait par un orifice R, pratiqué à la partie inférieure de l'enveloppe métallique placée directement au-dessus de la sole.

La sole est composée de 2 couches ; l'une, aussi réfractaire que possible, K, formant une sorte de cuve dans laquelle se trouve tassé du charbon formant la sole U. Le courant est amené à cette sole de la façon suivante : au-dessous de la couche K, le fond du chariot est rempli d'une couche bonne conductrice U', de substance analogue à celle de U. Les deux parties U et U' sont reliées électriquement par un conducteur T de même substance. En avant du four, autour du trou de coulée R, la substance réfractaire est remplacée par ce même mélange bon conducteur, de façon à conserver en ce point une température assez élevée permettant d'éviter l'obstruction de l'orifice et de couler pendant très longtemps le corps obtenu. S'il s'agit de la fabrication du carbure de calcium, lorsque cette obstruction finit par se produire après plusieurs jours de marche et que la coulée est devenue impossible, l'électrode est levée progressivement et l'opération est arrêtée lorsque l'on a obtenu un pain de la hauteur de l'enveloppe métallique. Les coulées se font, en marche normale, toutes les deux heures et n'occupent pas beaucoup les hommes, de sorte que la main-d'œuvre est très réduite. De plus, le carbure coulé dans des lingotières spéciales est bien pur et n'a besoin d'aucun nettoyage pour être concassé et mis en bidons.

Un treuil à vis sans fin M permet de réaliser, sans grand effort et avec précision, les mouvements de l'électrode nécessaires pour le réglage de la tension.

Les connexions supérieures restent toujours à l'extérieur de la maçonnerie du four et ne peuvent se détériorer sous l'action de la haute température du foyer. D'après la Compagnie, les avantages de ce four, dont la figure 78 montre la vue d'ensemble, seraient les suivants :

La durée du four est considérable et les réparations sont peu fréquentes ; la réfection des soles s'effectue tous les ans environ ; toutes les pièces mécaniques sont prévues pour être facilement démontables et réparables.

Un seul ouvrier peut aisément surveiller et diriger la marche de plusieurs fours.

Enfin, ce four ne comporte aucune perte d'électrodes résultant de la combustion directe ou de longueurs inutilisées. Au-delà d'une certaine usure, on est obligé de changer d'électrodes ; mais le morceau remplacé n'est pas perdu ; on le concasse et on l'agglomère pour servir à la fabrication des électrodes mixtes.

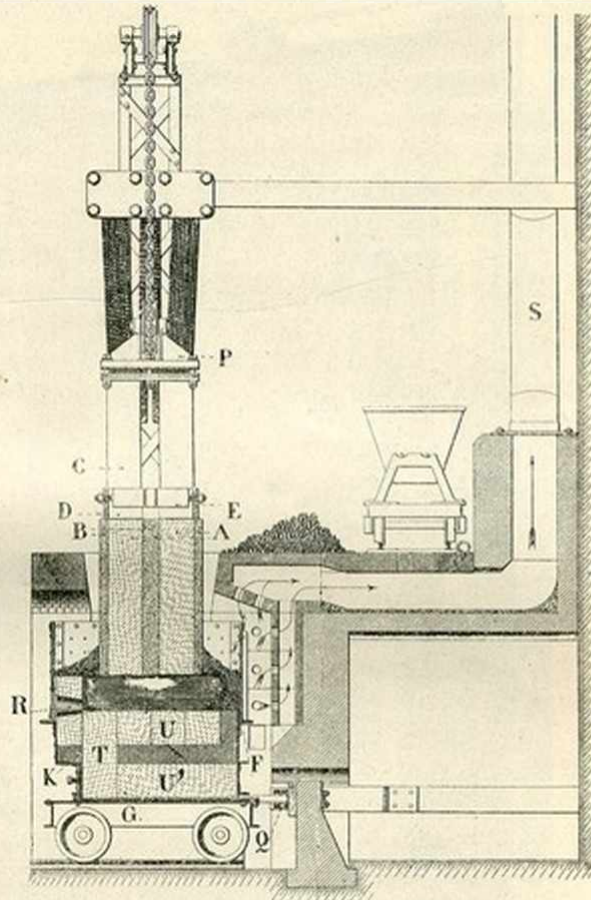


FIG. 77. — Four Gin et Leleux. Coupe latérale.

Pour cette fabrication, il a été étudié un matériel simple et peu coûteux qui permet, par l'emploi des longueurs d'électrodes non utilisées, de réaliser une économie considérable. Pour permettre d'apprécier cette économie, il suffit de dire que la masse agglomérée représente la moitié du volume de l'électrode et coûte 6 fois moins cher que la partie à haute conductance.

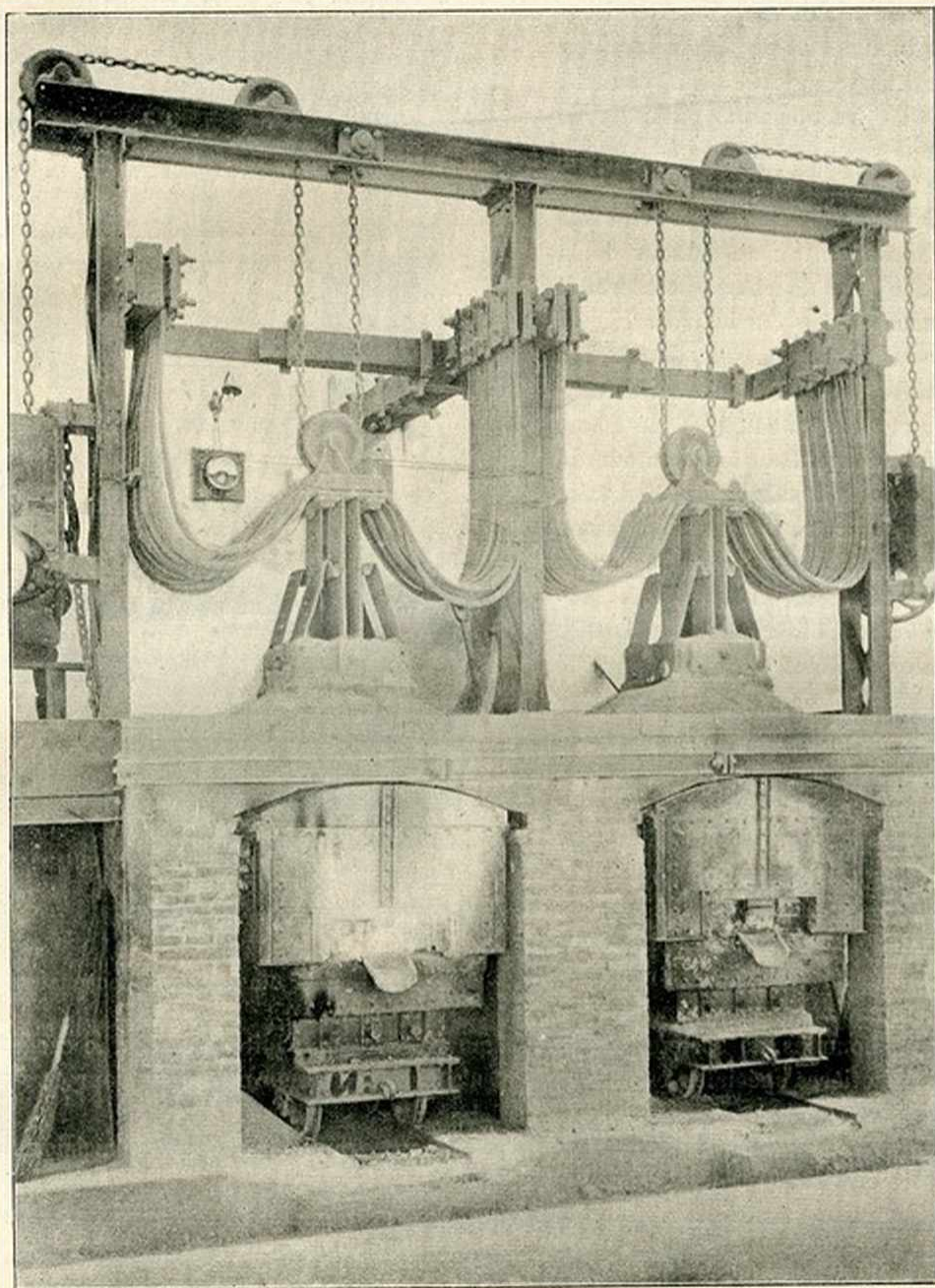


FIG. 78. — Four Gin et Leleux.

Cette description se rapporte au four de 300 kilowatts à 8 000 ampères sous 25 à 40 volts. Le four en fonctionnement marchait à 40 volts et 1 300 ampères environ. Le mélange était formé de chaux et de charbon concassés dans le rapport de 66 de chaux pour 34 de charbon. D'après la Compagnie, le rendement de ce four est de 4,5 kg de carbure à 300 litres (à 15°) par cheval-jour. Une tonne de carbure demandant environ 1 560 kg de mélange.

La Compagnie exposait également les matières premières de quelques sociétés concessionnaires de ses brevets : calcaire, chaux, charbon, etc., et deux appareils de dosage :

1° Un dispositif pour le dosage rapide de la chaux contenu dans le mélange, chaux et charbon. Il se compose de deux burettes graduées (*fig. 79*) à remplissage automatique au moyen de deux flacons à poire de caoutchouc contenant des liqueurs titrées d'acide chlorhydrique et de soude. On place dans un verre à dosage un poids déterminé du mélange, on ajoute un indicateur, de la phtaléine par exemple, et on verse un excès d'acide pour dissoudre toute la chaux. Au moyen de la seconde burette, on ajoute de la soude jusqu'à coloration rouge. Les

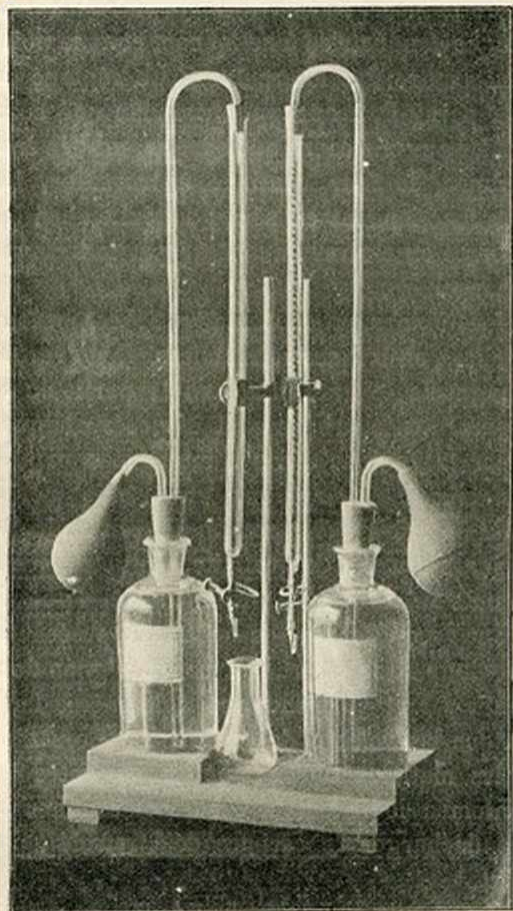


FIG. 79. — Appareil pour le dosage rapide de la chaux dans le mélange de chaux et de charbon.

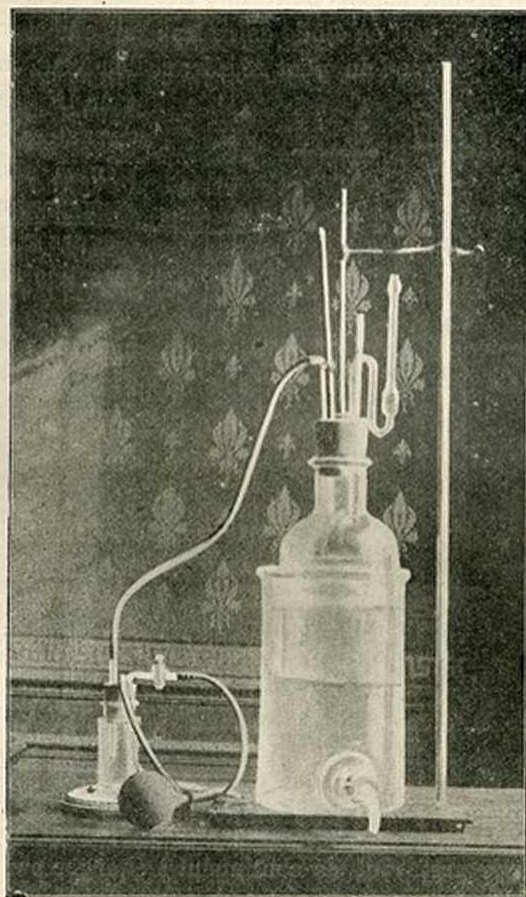


FIG. 80. — Acétylénomètre.

deux liqueurs sont titrées de telle façon que, pour un poids donné de mélange, la différence entre le chiffre d'acide et le chiffre de base (chiffre réel d'acide, par conséquent) donne directement la teneur en chaux du mélange. Le dosage peut ainsi être fait directement à l'atelier par un ouvrier ;

2° Un acétylénomètre (*fig. 80*) composé d'un grand vase en verre de 4 litres sans fond, plongeant dans un récipient en verre contenant de l'eau que l'on peut vider au moyen d'un robinet placé à la partie inférieure. L'orifice supérieur du vase est fermé par un bouchon de caoutchouc, donnant passage à un manomètre, à un thermomètre, à un tube à robinet avec bec permettant de brûler l'acétylène produit et, enfin, à un tube de verre communiquant par un tube de caoutchouc avec un petit flacon contenant un poids déterminé de carbure (10 grammes environ). Au moyen d'une poire contenant de l'eau, on en projette un peu sur le carbure. Il y a attaque. Le gaz se rend dans le flacon formant cloche. On s'arrange, au début, pour que les

niveaux de l'eau, intérieur et extérieur de la cloche, soient dans le même plan. A mesure que le gaz se forme, il y a dénivellation; par le robinet on fait couler de l'eau pour maintenir les niveaux constants. On note le volume du gaz, on ramène à 0° et à la pression de 760 mm et on calcule le volume par kilogramme.

Four électrique à courants triphasés de la Société piémontaise pour la fabrication du carbure de calcium. — Cette Société a fait figurer parmi les pièces de son exposition le dessin du four Memmo employé à son usine de Saint-Marcel d'Aoste (Italie). On obtient, au moyen des courants triphasés, trois arcs au lieu d'un seul que l'on dispose de façon à obtenir une sphère d'irradiation plus grande et plus uniforme. Les arcs peuvent se développer, soit en triangle entre les trois charbons, soit en étoile entre les charbons et une plaque conductrice fonctionnant comme point neutre et que l'on peut réunir, si l'on veut, au point neutre des alternateurs. Le réglage du

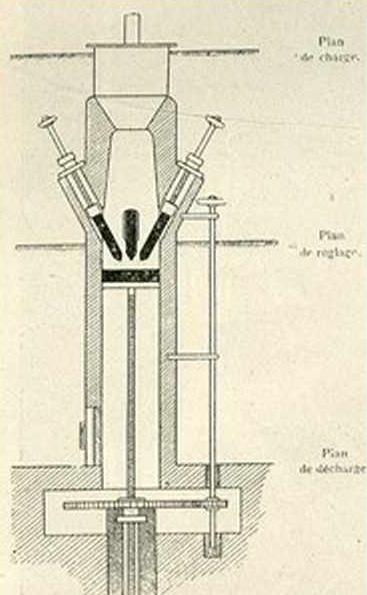


FIG. 81. — Four continu à courants triphasés.

four triphasé est, paraît-il, beaucoup plus facile que celui des autres fours; si, pour une cause quelconque, un des arcs vient à s'interrompre, le four continue à travailler, les deux arcs restants fonctionnant en série; on évite ainsi les à-coups et les vitesses excessives du moteur par la brusque cessation de la charge.

L'appareil à fonctionnement continu (fig. 81) est un four à colonne, cylindrique, en briques réfractaires. Il est revêtu de briques en magnésie et graphite dans la partie où se développent les arcs. Les charbons sont disposés obliquement et réglés par trois tiges à vis commandées par de petits volants. Le four est chargé par une trémie métallique disposée à la partie supérieure. Un plateau en fonte, recouvert de plusieurs couches de graphite, peut être monté et descendu sur toute la hauteur du four au moyen d'une vis commandée par une roue d'engrenage qui est disposée à la partie inférieure. Cette roue engrène avec un pignon dont l'axe porte un petit volant de manœuvre à la même hauteur à peu près que les volants des charbons. Lorsqu'on charge le four, les matières tombent peu à peu entre les

charbons, le carbure se forme et l'on fait descendre lentement le plateau. Après six ou sept heures de travail, le plateau est arrivé au bas et on peut décharger le carbure déjà refroidi, par l'ouverture, tout en continuant à charger par le haut.

Le four peut donc fonctionner sans arrêt et le réglage du courant doit être fait au moyen du plateau; les charbons ne doivent être déplacés que pour régler leur usure.

La même Société emploie également un four intermittent formé simplement d'un cube de 1,8 m de côté, dont la cavité intérieure a 1 m² de surface sur 1,2 m de hauteur; la voûte est percée de trois trous livrant passage aux trois électrodes; les charbons ont 10 cm de diamètre.

Une particularité de la fabrication consiste dans l'emploi du charbon de bois. Le bois est transformé en charbon par les procédés ordinaires en employant des cornues; le gaz est recueilli dans un gazomètre; il est utilisé soit pour chauffer les cornues, soit pour la cuisson de la chaux.

A notre avis, le gros inconvénient des fours triphasés, en général, est d'être excessivement compliqués et d'une manœuvre délicate; ils ne peuvent se prêter aux installations de grandes puissances. Il semblerait préférable d'employer les courants di ou triphasés en employant autant de fours qu'il y a de phases. On retombe alors dans le cas des fours ordinaires. Ce système est employé dans un certain nombre d'usines utilisant du transport d'énergie ou ayant des machines suffisamment puissantes pour permettre l'alimentation de deux ou trois fours avec une seule dynamo.

Four électrique de la maison Siemens et Halske. — Ce four électrique n'existait pas en nature à l'Exposition, l'annexe étant réservée aux industriels français. La partie caractéristique de ce four est son électrode tubulaire.

Cette électrode a la forme d'un cylindre creux ; deux échantillons figuraient à l'Exposition : un de 1 m de hauteur et de 55 cm de diamètre, le second un peu plus grand. Comme il n'est pas possible de faire des pièces de cette dimension d'un seul morceau, les électrodes sont formées d'une quarantaine d'éléments, pouvant s'emboîter les uns dans les autres, comme le montre la figure 82. Ces éléments sont maintenus en place par des cercles de cuivre. Il est évident qu'en service, ils doivent être réunis d'une tout autre façon que la maison ne veut pas divulguer. Un des éléments exposés avait 1,50 m de longueur. On y voyait les rainures permettant l'emboîtement facile.

D'après le schéma de la figure 83, le four diffère du four à cuve ordinaire par son électrode tubulaire R et par la sole percée d'un trou au centre ; le carbure formé s'écoule par ce

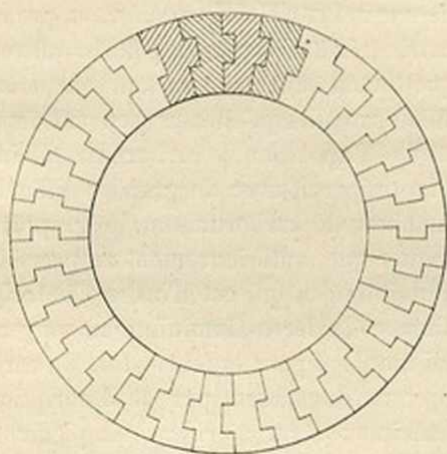


FIG. 82. — Coupe de l'électrode Siemens et Halske.

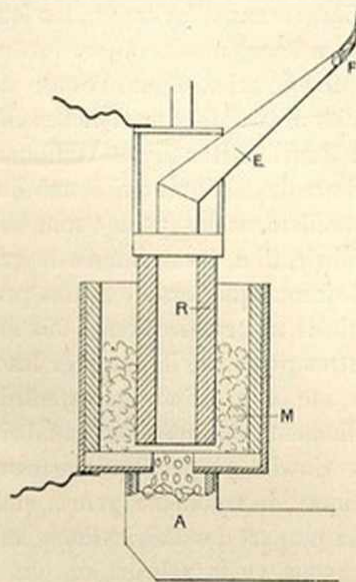


FIG. 83. — Four Siemens et Halske.

trou dans un canal coudé A, où il se solidifie ; on le retire par la partie horizontale dès qu'il est refroidi. L'action se produit entre l'électrode tubulaire et la sole en charbon du four. Le mélange à traiter forme une couche M qui protège la partie chaude de l'électrode du contact de l'air extérieur et force l'oxyde de carbone à s'échapper, avant de brûler, par l'intérieur de l'électrode et le conduit en tôle E pour brûler en F à l'extrémité de ce conduit.

C'est donc un four à marche continue ; le carbure est extrait au rouge sombre, mais on peut pousser le refroidissement aussi loin que l'on veut en augmentant la longueur du canal. En supprimant le canal de départ et fermant l'ouverture du fond, on peut obtenir du carbure en pains présentant l'avantage d'être de grandes dimensions et de mettre un temps plus considérable à se former en raison du grand diamètre de l'électrode. En outre, il n'y a pas de flammes autour de l'électrode.

D'après M. Frœlich, ingénieur de la maison Siemens et Halske, ce modèle de four présenterait un certain nombre d'autres avantages, dont les principaux sont les suivants :

Dans le four à cuve donnant du carbure coulé, on perd la chaleur assez grande emportée par le carbure à l'état liquide, mais on utilise pour la suite la chaleur du four et celle de l'électrode ; si l'on fait du carbure en pain, on perd seulement la quantité de chaleur correspondant au bloc de carbure, lequel n'est pas à une température élevée ; on perd également la chaleur emportée par le four ; mais on peut utiliser la plus grande partie de la chaleur de l'électrode en l'employant immédiatement pour une autre opération. Dans le four Siemens et Halske, il n'y a aucune perte de chaleur provenant soit du four, soit de l'électrode, soit du carbure, puisque

l'on peut recueillir ce dernier à une température aussi basse qu'on le désire. Ce carbure, par suite de son refroidissement à peu près complet dans le four, cède donc sa chaleur à la zone avoisinant l'arc et par conséquent au carbure à former. La quantité d'énergie nécessaire à la fabrication du carbure est de ce fait moins élevée.

La température de ce four est beaucoup plus régulière; cela a peu d'intérêt pour la fabrication du carbure de calcium, qui peut être obtenu dans de grandes limites de température; il n'en est plus de même si l'on emploie le four à d'autres usages, notamment pour des réactions se passant à une température plus ou moins constante.

APPLICATIONS DES FOURS ÉLECTROTHERMIQUES

Comme nous l'avons vu, les fours électrothermiques transforment directement l'énergie électrique en énergie calorifique. Les principales applications auxquelles ils ont donné lieu sont, au point de vue scientifique, l'étude des températures élevées, représentée à l'Exposition par les produits de M. Moissan et de ses élèves, MM. Lebeau, Defacqz, Dufau, Guichard, Jaboin, Maronneau, Murlot, Renaux et Williams. Au point de vue industriel, il faut citer, en première ligne, le carbure de calcium, qui donne lieu à une industrie très florissante, trop florissante même, puisqu'actuellement les usines sont obligées presque toutes de fermer ou tout au moins d'arrêter leur fabrication, étant donnée la grande quantité de produits qu'elles ne peuvent écouler. Il y a lieu de remarquer que, lors des premiers projets de l'Exposition, le carbure de calcium était un produit de laboratoire tout à fait impur et que l'on préparait avec de grandes difficultés. Parmi les autres produits, il faut citer les métaux réfractaires, le carborundum, le graphite, le phosphore, etc. Il y a lieu également de faire remarquer que, antérieurement au procédé Héroult, actuellement employé pour la fabrication de l'aluminium et qui est d'ordre électrolytique, les frères Cowles préparaient le bronze d'aluminium et le ferro-aluminium au moyen d'un four électrique du troisième genre, analogue à celui employé pour la fabrication du carborundum.

La plupart des fabrications au four électrique ne demandent pas de description spéciale. Nous avons vu la fabrication du carbure de calcium; nous décrirons simplement celles du carborundum, de graphite et des charbons électro-graphitiques qui présentent certaines particularités, puis nous passerons en revue les divers produits exposés.

Carborundum. — Le siliciure de carbone amorphe SiC a été découvert, en 1892, par Schützenberger en chauffant un mélange de silicium métallique, de silice et de charbon. A la même époque, M. Acheson, en chauffant un mélange de silice, coke, alumine et sel marin, obtenait un corps cristallisé excessivement dur, qu'il prit dès le début pour un corps voisin du corindon, d'où le nom de carborundum, qu'il lui donna. L'année suivante, M. Moissan publia un certain nombre de travaux sur les propriétés de ce corps et ses divers modes de préparation.

La préparation industrielle du carborundum est très intéressante. Voici en quoi elle consiste :

Les matières employées sont le coke pulvérisé (20 parties) et le sable (29 parties); on ajoute au mélange une petite quantité de sciure de bois (2 parties) et du sel marin (3 parties). Le four appartient à la troisième catégorie. C'est un immense parallélépipède (*fig. 84*) ayant à peu près les dimensions suivantes : longueur, 5,8 m; largeur, 1,75 m; hauteur, 1,5 m. Les petits côtés du four sont construits une fois pour toutes. Ils sont en briques réfractaires et d'une épaisseur de 60 cm. Au centre de chacun de ces murs se trouve une plaque de fer percée d'une soixantaine de trous dans lesquels sont fixés autant d'électrodes de 75 cm de longueur et de 7,5 cm de côté. L'intervalle entre les électrodes est rempli de graphite fortement tassé, de façon que le tout forme une seule masse à laquelle le courant est amené par quatre câbles fixés à la plaque de fer. Les autres côtés du four, également en briques réfractaires, sont démolis après chaque opération, les briques employées devant chaque fois être désunies, grattées et nettoyées pour enlever les incrustations qui se forment et qui, en raison de leur conductibilité, produisent une dérivation

du courant. On remplit le four aux $\frac{4}{5}$ avec le mélange indiqué plus haut en ayant soin de réserver au moyen de plaques de tôles, une rainure entre les deux électrodes. Dans cette rainure, on tasse environ 400 kg de coke en grains, on achève de remplir avec le mélange en haussant la partie centrale en forme de dos d'âne, de telle façon que la hauteur totale des matières soit, au centre, de 2,4 m. On constitue ainsi, au milieu de cette masse, une âme semi-conductrice de 4,2 m de longueur et de 35 cm de diamètre.

La puissance nécessaire pour alimenter un tel four est de 1 000 chevaux. Les fours sont au nombre de 10 et chaque opération dure 36 heures. A l'usine de Niagara Falls, le courant arrive à 2 200 volts; il est ramené à 185 par un transformateur à circulation d'huile. Un régulateur permet de faire varier la tension de 100 à 260 volts. Au début de l'opération, la résistance est considérable; mais, au fur et à mesure que le coke placé dans la partie centrale du four s'échauffe, cette résistance décroît; on diminue peu à peu la tension, jusqu'à ce que l'on soit en

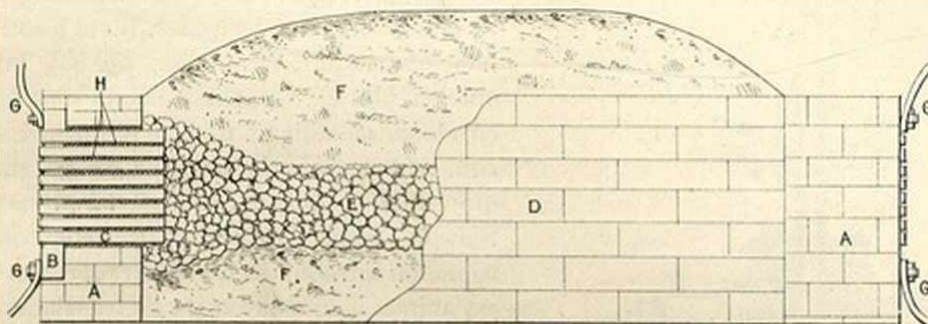


FIG. 84. — Four à carborundum et à graphite.

régime normal; plus le charbon employé pour la confection de l'âme a servi de fois, plus l'opération se trouve rapidement en régime normal; en effet, ce charbon se trouve transformé en graphite beaucoup plus conducteur. Dans ces conditions, une heure suffit. Dès que le four commence à chauffer, on voit se dégager par toutes les fissures de l'oxyde de carbone qui vient brûler au contact de l'air, cet oxyde de carbone provenant de la réduction de la silice par le charbon. La sciure de bois a pour but principal de donner de la porosité à la masse et de faciliter le dégagement gazeux en évitant les boursoufflements et les projections.

Lorsque l'opération est terminée, on attache les conducteurs au four suivant que l'on met en œuvre et on laisse refroidir celui qui vient de fonctionner. On démolit alors le four, on enlève les matières n'ayant pas agi, puis la couche du carborundum amorphe et on arrive au carborundum cristallisé, puis à l'âme. Le coke qui formait celle-ci a changé d'aspect; il est partiellement transformé en graphite; autour de l'âme se trouvent des cristaux de carborundum d'autant plus petits qu'ils sont recueillis plus loin.

Une opération donne environ 2 tonnes de carborundum. La production de l'usine de Niagara Falls est de 1 000 tonnes par année environ (exactement 884 239 kg en 1899) en utilisant deux séries de fours et une puissance de 2 000 chevaux; l'usine de l'Arbine, située au village de la Bathie (Savoie), produit environ la moitié; une troisième usine existe à Benatek, en Bohême.

M. Acheson exposait de magnifiques blocs de ce carborundum cristallisé, garnis de géodes tapissées de cristaux bleu violet à reflets métalliques irisés. Ces cristaux étaient en forme de prismes plus ou moins aplatis atteignant 1 ou 2 cm.

La maison Grauer exposait de son côté les produits venant de l'usine de la Bathie, tels que pierres (160 × 65 × 60 mm) limes triangulaires, carrées, plates, rondes, demi-rondes, etc... Ces limes étaient fabriquées en produit concassé ou en poudre de une à soixante minutes.

Comme usage, le carborundum paraît devoir remplacer, dans certains cas, l'émeri; il détrempe beaucoup moins, produit à poids égal un travail beaucoup plus considérable. Par

contre, il présente l'inconvénient de ne pouvoir, comme l'émeri, être aggloméré au caoutchouc; il est en effet facilement clivable et ses arêtes, très aiguës, coupent l'agglomérant; pour la même raison, il est difficile de fabriquer des toiles ou des papiers, le support se trouvant rapidement coupé. Il est donc nécessaire de prendre, comme agglomérant, de la pâte à porcelaine ou un produit analogue; les frais de fabrication et de cuisson augmentent le prix du produit déjà plus cher que l'émeri.

Le carborundum peut servir à faire, outre des limes, des meules, des molettes; il est employé dans le travail du verre, du cristal, des métaux durs, l'affutage des scies, le polissage du granit, etc... On l'a proposé dans l'industrie de l'acier pour remplacer le ferro silicium, etc...

Graphite. — *Charbons électro-graphitiques : Procédé Girard et Street.* — L'appareil employé est destiné à transformer en graphite des barres de charbon déjà préparées, dans les-

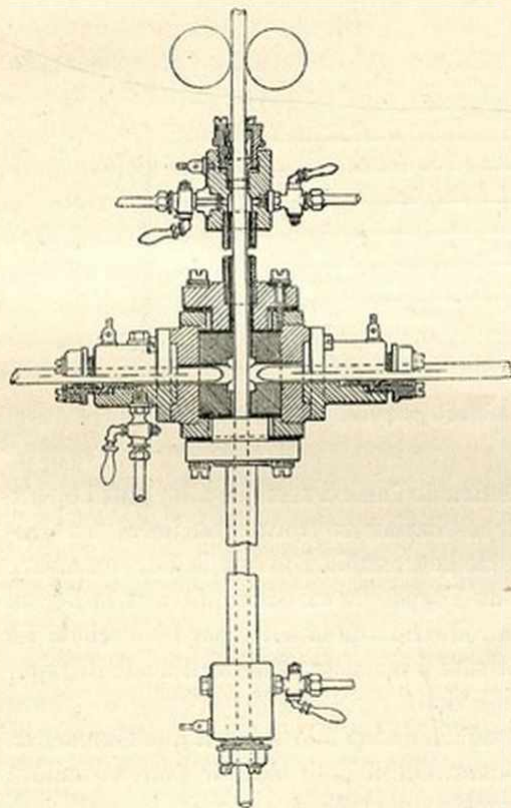


FIG. 85. — Four pour la fabrication des charbons électro-graphitiques par le procédé Girard et Street.

quelles on pourra ensuite tailler des balais pour dynamos, des pièces diverses ou les employer directement comme électrodes. Il est formé par un bloc en matière réfractaire (fig. 85), formé de une ou plusieurs parties, maintenues par une enveloppe métallique. Ce bloc réfractaire en charbon, par exemple, présente au centre une cavité qui est la chambre de chauffe proprement dite. Suivant l'axe de l'appareil se trouve un canal dans lequel on introduit la barre à traiter. Cette barre est animée d'un mouvement de translation qui lui fait traverser le four et la chambre de chauffe avec une vitesse fonction de sa masse et de la température à laquelle on désire la porter. Perpendiculairement au premier canal s'en trouve un second aboutissant également à la chambre de chauffe et dans lequel se trouvent deux électrodes arrivant de chaque côté de la pièce à graphiter et formant avec elle un double arc. Ces arcs se maintiennent fixes malgré le mouvement de translation et portent les points de deux génératrices opposées à une température très élevée. Etant donnée l'exiguïté de la chambre de chauffe, on peut, si la vitesse de translation est faible, admettre que la température est sensiblement la même en tous les points de cette chambre. Les électrodes et la pièce à traiter sont munies, à leur entrée dans le four, de presse-étoupes, destinées à maintenir l'appareil étanche dans le cas où l'on désire faire la graphitisation en présence d'un gaz approprié. On règle la distance des électrodes par un des dispositifs employés dans le réglage des lampes à arc. Avant l'entrée et après la sortie de la chambre de chauffe proprement dite, se trouvent des tubes dans lesquels la pièce circule pour se préparer à l'action de l'arc en s'échauffant dans le gaz employé et, pour se refroidir ensuite; les presse-étoupes se trouvent aux extrémités de ces tubes. Le mouvement de translation est imprimé à la pièce à traiter au moyen de galets d'entraînement actionnés par un moteur électrique.

Ce procédé est utilisé par la Société « le Carbone », dans son usine de Levallois-Perret où elle peut disposer d'un courant de 300 ampères; cette Société vient d'installer à Notre-Dame-de-Briançon (Savoie) une usine de graphitage qui lui permettra d'obtenir des pièces de dimensions plus considérables, jusqu'à 350 mm de diamètre (section ronde), 350 × 350 et 450 × 100 (sections carré et rectangulaire) avec une intensité de 800 à 1 000 ampères.

Procédé Acheson. — Dans la fabrication du carborundum, on retrouve après l'opération l'âme centrale transformée en graphite; de plus il existe autour de cette âme, dans la partie la plus chauffée, une couche de graphite qui se présente, en général, sous une forme analogue à celle des cristaux de carborundum; ces cristaux s'aplatissent entre les doigts et laissent une tache noire, brillante; il y a ainsi une sorte de pseudomorphose, une transformation du siliciure de carbone en carbone, par suite de la dissociation du carborundum à haute température et de la volatilisation du silicium.

Se basant sur ces remarques, M. Acheson a établi un procédé original de fabrication du graphite.

Si on chauffe du carbone pur, il n'est pas transformé en graphite; si l'on chauffe du carbone en présence de matières susceptibles de donner des carbures, telles que silice, alumine, oxyde de fer, mises en proportions moléculaires, on obtient du graphite. Le plus intéressant est que l'on en obtient même en mettant une quantité de ces matières tout à fait insuffisante pour obtenir la transformation totale du carbone en carbure, par exemple, 97 parties de charbon pour 3 parties d'oxyde de fer. Dans tous ces cas, cependant, la formation de graphite est plus ou moins irrégulière. On obtient de très bons résultats en employant au lieu de charbon pur mélangé d'un oxyde, des charbons impurs dans lesquels l'impureté paraît répartie d'une façon uniforme dans toute la masse. On peut admettre que ces impuretés sont transformées en carbures, lesquels sont dissociés; la matière volatilisée agit sur l'élément voisin, et ainsi de suite de proche en proche, jusqu'à ce qu'elle s'échappe finalement. Il y a lieu de remarquer, en effet, que la teneur en cendres diminue beaucoup dans ce graphite artificiel. En partant d'anthracite à 60/0 de cendres, on arrive à un graphite tenant seulement de 0,03 à 0,04 0/0, ce qui rend très admissible la théorie d'Acheson.

Il y a lieu de remarquer que certains charbons provenant de bois riches en cendres, tel celui de saule, peuvent également convenir; par contre les charbons minéraux, dans lesquels les impuretés ne sont pas réparties uniformément dans la masse, tels les charbons bitumineux, schisteux, ne peuvent être employés.

Voici la façon de procéder: On moule les objets à transformer en graphite, qui peuvent être quelconques; prenons le cas d'électrodes, la matière première sera du charbon additionné de 30/0 d'oxyde de fer, ou mieux, comme nous l'avons vu, un anthracite riche en cendres. Ces pièces, moulées et préalablement cuites, sont placées dans un four analogue à celui pour la préparation du carborundum; mais, dans ce cas, l'âme en charbon pourra être un peu diminuée en diamètre; au début, les constantes du courant sont de 150 volts et 300 ampères; mais peu à peu, au fur et à mesure de l'échauffement du four et de la formation de graphite, on peut augmenter l'intensité jusqu'à 7 000 ampères pour 100 volts.

Comme nous l'avons vu, les impuretés ne se retrouvent pas dans le graphite obtenu qui est d'une pureté parfaite.

M. Acheson avait exposé une collection d'électrodes fabriquées d'après ce procédé.

Applications du carbure de calcium. — *Acétylène.* — La grande vogue du carbure de calcium tient à ce que ce produit fabriqué au moyen des produits les plus communs, le charbon et la chaux, donne, au contact de l'eau, de l'acétylène dont le pouvoir éclairant est considérable, environ quinze fois celui du gaz ordinaire de houille. En brûlant, ce gaz est dissocié, et les particules de carbone sont portées au blanc éblouissant; mais il en résulte un grave inconvénient, c'est que, malgré tous les dispositifs employés, la combustion de ce carbone mis en liberté est incomplète, et une partie non brûlée s'échappe, recouvrant tout d'une couche de suie sensible à la longue et beaucoup plus importante que celle produite par le gaz de houille; si l'on ajoute à cela son odeur désagréable et surtout les grands dangers d'explosion, lorsque l'appareil est manipulé par une personne incompétente, on conçoit que la consommation ne puisse augmenter que lentement. Tandis que le gaz de houille, mélangé à l'air, doit être en proportion de 30 0/0 au moins pour amener une explosion, il suffit de 9 0/0 d'acétylène.

La fabrication de l'acétylène est excessivement simple; aussi le nombre des industriels qui fabriquent des appareils est-il considérable. Nous nous contenterons de donner une idée de l'Exposition de cette industrie en fournissant la classification des appareils, présentée par M. Besnard, président de la Classe 75 (Éclairage non électrique) au Congrès de Chimie appliquée. Nous avons supprimé de ce rapport la liste des exposants et les descriptions sommaires d'appareils.

- 1° Appareils à main et lampes portatives (21 exposants);
- 2° Appareils à chute d'eau sur le carbure (69 exposants);
- 3° Appareils à contact d'eau attaquant le carbure par le bas des paniers à compartiments ou autres dispositions analogues (35 exposants);
- 4° Appareils à chute de carbure dans une masse d'eau:
 - Section A carbure granulé (16 exposants);
 - Section B carbure tout venant (22 exposants);
- 5° Appareils à gaz acétylène dissous dans un liquide ou autres (2 exposants);
- 6° Brûleurs à acétylène (6 exposants).

Signalons, comme application de l'acétylène à l'Exposition, l'éclairage des berges de la Seine par le Syndicat des Fabricants d'appareils à acétylène, qui avait fait installer, sur chaque rive, une petite usine pouvant fournir de 15 à 20 m³ à l'heure; chaque usine alimentait environ un millier de becs.

Acétylène dissous. — Le seul procédé d'éclairage à l'acétylène sortant de l'ordinaire est l'emploi de l'acétylène dissous d'après les procédés de MM. Claude et Hess.

Les difficultés d'utiliser l'acétylène pour de petites installations dans l'intérieur des villes avaient suggéré l'idée d'employer ce gaz comprimé ou même liquéfié; malheureusement, dans ces conditions, l'acétylène devient un explosif violent en raison de ses propriétés endothermiques. MM. Claude et Hess ont fait la remarque que l'acétylène possède la propriété de se dissoudre en abondance dans l'acétone. Cette solubilité est telle qu'un volume du liquide dissout 30 fois son volume du gaz; si on prend, au lieu du produit pur, le produit commercial non rectifié, la solubilité est de 24 fois environ son volume par kilogramme de pression. Si on diminue la pression, le gaz se dégage régulièrement et peut être utilisé pour les applications ordinaires de l'éclairage. Les expériences effectuées au Laboratoire des poudres, en 1897, ont confirmé les prévisions des inventeurs, et si l'on ne dépasse pas le degré de saturation correspondant à une pression de 10 kg à la température de 15°, on a un liquide absolument inerte, ne détonant ni par le choc, ni par l'amorce au fulminate.

L'atmosphère d'acétylène comprimé qui surmonte le liquide reste explosive; mais l'explosion, provoquée artificiellement, ne se propage pas au liquide.

L'emploi, pour l'éclairage, de récipients contenant des liquides, présente certains inconvénients dont le principal est que le liquide peut être répandu, d'où peut résulter une incertitude dans le remplissage des récipients. On obvie à cet inconvénient en remplissant les récipients de briques préparées spécialement, et dont la porosité est de 80 0/0 environ. Des canaux moulés permettent la diffusion des gaz à travers la masse poreuse et suppriment la nécessité de la chambre à gaz. Ajoutons que, en cas d'explosion dans les canaux collecteurs, non seulement l'explosion ne se propage pas, mais il se produit un refroidissement tel que la pression moyenne s'élève à peine au double de la pression initiale.

Le fait de l'absorption de l'acétylène fait augmenter considérablement le volume de l'acétone; en pratique, on admet qu'il faut introduire un volume d'acétone neuf correspondant aux 3/7 du volume utile du récipient. On voit donc que si l'on emploie un récipient de 7 litres à 10 kg on pourra emmagasiner 720 litres d'acétylène ($3 \times 24 \times 10$), soit environ cent fois l'espace utile. Le gaz qui s'échappe entraîne un peu d'acétone, on admet que cette perte correspond à 7 centimes par mètre cube de gaz.

Le tube employé est fixé sur une planche-support de façon à être légèrement incliné (*fig. 86*). Il est maintenu par deux étriers, dont un sert en même temps à assurer l'étanchéité d'un joint

entre un téton fixé sur le support et un orifice se trouvant sur le tube. On ouvre au moyen d'un écrou et le gaz est utilisable à la suite d'un mano-régulateur placé à demeure sur la planchette.

La Société de l'Acétylène dissous utilise un autre procédé sans dissolvant, consistant à remplir les récipients d'une sorte de béton à base de charbon de bois, ce corps possédant, comme on le sait, la propriété de condenser les gaz au plus haut degré. Dans un tel récipient, on peut comprimer l'acétylène à 30 kg, c'est-à-dire au voisinage de son point de liquéfaction, sans danger

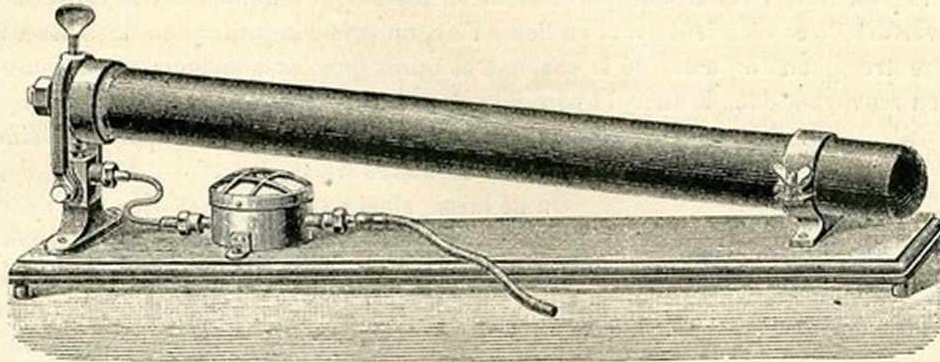


FIG. 86. — Récipient à acétylène dissous.

aucun. L'explosion se trouvant limitée à l'espace formé par les canaux, le refroidissement qui se produit au contact de la masse poreuse l'empêche de se propager.

Noir d'acétylène. — L'acétylène renferme les 12/13 de son poids de carbone, auquel ce gaz doit son grand pouvoir éclairant et également la fuliginosité de sa flamme mal réglée. Divers auteurs ont pensé faire avec l'acétylène un noir par combustion incomplète, comme cela a lieu pour les corps gras et autres substances dont on retire le noir de fumée. Dans ces conditions, le rendement est mauvais puisqu'il atteint à peine 25 0/0 de la théorie; de plus le noir obtenu renferme des goudrons, comme les autres noirs industriels, et a besoin d'être épuré pour être livré aux fabricants d'encre d'imprimerie.

M. Hubou a cherché à obtenir le rendement total de l'acétylène en noir et y est arrivé en profitant de la propriété endothermique de l'acétylène et de sa facilité d'explosion au-dessus de 2 atmosphères.

A cet effet M. Hubou comprime de l'acétylène dans un récipient de résistance appropriée, après en avoir chassé l'air au moyen d'un courant d'hydrogène provenant d'une opération précédente. L'acétylène est comprimé à 5 kg : cm² seulement.

L'appareil employé (fig. 87), dont un spécimen se trouvait exposé à l'annexe, se compose d'un tube en acier A, très résistant, fermé, à ses extrémités, par des obturateurs à vis et à joint métallique, B, B'. L'obturateur B porte un robinet à pointeau servant à l'introduction de l'acétylène sous pression et à la sortie du gaz après la réaction; il porte, en outre, un bouchon de mise de feu F, auquel est fixé un petit fil métallique F' qui doit être porté à l'incandescence par le passage d'un courant électrique. Un des pôles du circuit électrique est relié au bouchon de mise de feu F, qui est isolé; l'autre est fixé à la masse du tube A; le courant peut être établi ou interrompu au moyen d'un commutateur. L'obturateur B' porte un robinet-pointeau R' servant à l'évacuation du gaz et un bouchon à piston M avec une petite masse de cuivre formant *crusher* et destinée, par son écrasement, à mesurer la pression au moment de la décomposition de l'acétylène. Le tube A est maintenu sur son support par deux colliers T.

Sur la droite de la figure 87, on a représenté un ensemble de quatre appareils AAAA.

On introduit dans ce tube de l'acétylène comprimé, par exemple à 4 kg : cm², et on lui fait faire explosion, en fermant le circuit de la pile sur le fil métallique qui se trouve

ainsi porté à l'incandescence et commence la décomposition qui se propage immédiatement dans toute la masse de gaz.

La pression dans le tube monte instantanément à 25 kg : cm² pour l'exemple choisi et retombe aussitôt; elle revient bientôt à la pression de 4 kg : cm²; elle est due au gaz restant, qui est de l'hydrogène résultant de la décomposition de l'acétylène.

On ouvre le robinet pointeau R pour laisser échapper cet hydrogène qu'on recueille dans un gazomètre après l'avoir fait passer dans des flacons laveurs. On ouvre ensuite les bouchons obturateurs pour retirer le carbone pulvérulent en masse qui remplit toute la capacité du tube.

L'ouverture de ce récipient ayant eu lieu à l'air, on prend la précaution de chasser tout l'air qui a pu rentrer quand on a enlevé le carbone et après que les bouchons obturateurs ont été replacés en renvoyant dans le tube l'hydrogène de cette précédente opération. Cet hydrogène est introduit par le robinet R et sort par le robinet R' en enlevant les dernières traces d'air.

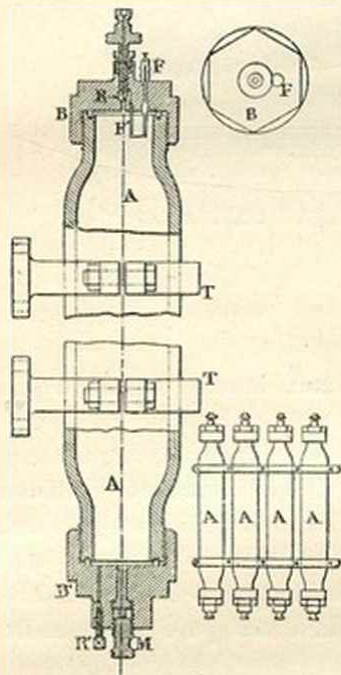


FIG. 87. — Appareil pour la préparation du noir d'acétylène.

On ne laisse ainsi dans le tube A que de l'hydrogène à la pression atmosphérique et on recommence l'opération en faisant arriver de l'acétylène comprimé. La nouvelle opération et toutes les suivantes se feront donc sur un mélange comprimé d'acétylène et d'hydrogène. Avec un mélange à 5 kg : cm², par exemple, nous aurons introduit dans le tube de l'acétylène à 4 kg : cm²; le récipient clos contiendra mélange de 1/5 d'hydrogène et de 4/5 d'acétylène, que nous ferons ensuite détoner comme précédemment.

Ce mode opératoire présente deux avantages essentiels. On est certain d'avoir éliminé complètement l'air et, de plus, la réaction due à l'explosion du mélange est moins énergique que celle de l'acétylène employé seul. On peut aussi faire varier la puissance de la détonation en faisant varier les proportions d'acétylène et d'hydrogène du mélange.

On obtient ainsi :

1° Du carbone ou noir d'acétylène qui se dépose en masse dans le récipient et le remplit complètement ;

2° De l'hydrogène en volume égal à celui de l'acétylène.

Un mètre cube d'acétylène donne un mètre cube d'hydrogène

et un kilogramme de noir à 99,8 de pureté.

Le noir d'acétylène est pur, noir avec une teinte légèrement bleutée, sec, privé de matières grasses, d'une ténuité et d'une légèreté extrêmes. Il se mêle en toutes proportions aux huiles, aux gommes, à la dextrine, à la colle et aux essences. Essayé au blanc de zinc dans les mêmes conditions que les autres noirs, il donne un gris argentin d'un ton absolument uniforme, tandis que les autres donnent un gris de ton inégal. Quand il a été mélangé avec de l'huile et qu'on applique le mélange sur un buvard, on trouve autour du centre noir une tache annulaire bien blanche.

M. Hubou pense que la fabrication de ce noir pourrait être effectuée dans les usines mêmes de fabrication de carbure de calcium, dans le but d'utiliser les produits à faible teneur non commerciaux. On pourrait également l'obtenir comme sous-produit de la fabrication de la strontiane et de la baryte, 1 tonne de carbure de baryum permettant de faire 2 tonnes de baryte hydratée et 138 kilogrammes de noir d'acétylène.

Propriétés réductrices du carbure de calcium, procédé de fabrication de métaux et alliages. — M. Bullier et la Société des carbures métalliques ont pris, en 1899, deux brevets pour la préparation des métaux et alliages par l'action réductrice du carbure de calcium sur les chlorures (13 mars) et sur les sulfures métalliques et minerais sulfurés (13 novembre). Voici en quoi consiste ce procédé, dans le cas d'un sulfure, chalcopirite par exemple (sulfure naturel de fer et de cuivre). On chauffe le minerai broyé en présence de carbure pulvérisé et d'un fondant

approprié; on maintient une heure au rouge clair, puis on coule; on obtient, d'une part, du cuivre pur exempt de soufre et, d'autre part, du fer carburé; il y a formation de sulfure de calcium entré dans la scorie avec le fondant. Si le métal n'est pas carburable, le carbone se retrouve en liberté; ce sera le cas du cuivre seul.

La Société des carbures métalliques avait exposé divers échantillons de cuivre obtenus par ce procédé: un culot scié en deux, du cuivre coulé en lingots, un prisme de cuivre taillé dans un culot.

Le procédé au chlorure est encore plus simple, l'opération se faisant sans chauffage préalable une fois la réaction amorcée. Un certain nombre d'expériences ont d'ailleurs été faites à l'annexe pendant la durée de l'Exposition. Dans le cas du plomb, par exemple, on mélange du chlorure de plomb et du carbure de calcium en proportions moléculaires, après avoir pulvérisé séparément chaque substance. On met le mélange dans un creuset et on introduit une allumette-tison enflammée; l'incandescence se produit en ce point et la réaction très vive gagne toute la masse. Il y a formation de chlorure de calcium, de charbon et de plomb.

La réaction se produit également très bien avec d'autres chlorures: cuivre, argent, zinc; dans ce dernier cas, le métal est volatilisé et s'enflamme. Avec le manganèse, il y a formation de carbure qui, au contact de l'eau, donne non plus de l'acétylène, mais un mélange d'hydrogène et de méthane. On se trouve ainsi changer de série de carbure. La réaction qui se passe est simple, le carbure de calcium et le chlorure de manganèse donnent du chlorure de calcium et du carbure de manganèse.

Outre les métaux et alliages obtenus directement au four électrique, la Maison Siemens et Halske exposait également une série d'échantillons obtenus au moyen du carbure de calcium. Le principe consiste, comme nous l'avons vu, à traiter un composé d'un métal par le carbure de calcium, ce composé pouvant être un chlorure, un oxyde ou, directement, un minerai grillé, chloruré ensuite. D'après les produits obtenus, le procédé paraît s'adresser surtout au cuivre et à ses alliages. Parmi les échantillons exposés, nous citerons: cuivre, nickel, cuivre-nickel, cuivre-manganèse (cet alliage est employé sous le nom de manganin par la Société pour la fabrication de résistances), cuivre-calcium, cuivre-étain (bronze), cuivre-étain-silicium (bronze silicié), cuivre-silicium, cuivre-nickel-zinc (mallechort), cuivre-aluminium (bronze d'aluminium), ferro-nickel, etc...

Le bronze d'aluminium est obtenu en partant du chlorure de cuivre et de d'alumine; les alliages cuivre-nickel, en partant des mattes grillées et chlorurées. L'alliage plomb-sodium est obtenu au moyen de l'oxyde de plomb et du sel marin; l'alliage cuivre-calcium avec le chlorure de cuivre et la chaux vive, etc...

Cette exposition était plus complète que celle de la Société des carbures métalliques; il y a lieu de remarquer, toutefois, que le brevet de la Maison Siemens et Halske (20 novembre 1899) est postérieur aux brevets de la Société française qui possède également les brevets allemands.

PRODUITS EXPOSÉS

Fontes, métaux et alliages. — M. Clerc exposait des échantillons industriels de ferro-manganèse à 85 0/0 de manganèse et des échantillons de ferro-chrome à 65 0/0 de chrome.

M. Moissan présentait une nombreuse série de produits, parmi lesquels il faut citer: des fontes de manganèse, thorium, titane, etc..., du chrome, du tungstène, du titane, de l'uranium, du vanadium, du molybdène et des ferro-chrome à divers titres.

La Néo-Métallurgie exposait une collection magnifique de métaux et d'alliages obtenus au four électrique, dans son usine de Rochefort-sur-Mayenne, près de Laval: des fontes de chrome, titane, tungstène, uranium et ferro-chrome, des métaux affinés et fondus en très gros blocs, tels que molybdène, chrome, titane et tungstène, et une nombreuse collection d'alliages: nickel-molybdène (50/50, 25/75), ferro-tungstène (30/70), ferro-bore (80/20), ferro-sili-

cium (67/33), ferro-titane (78/22), ferro-chrome (33/67), nickel-bore (80/20), nickel-titane (70/30), nickel-chrome (25/75), manganèse-silicium (80/20), cuivre-chrome (90/10, 70/30).

MM. Poulenc frères avaient dans leur exposition des culots de molybdène, chrome, tungstène obtenus au four électrique de MM. C. Poulenc et M. Meslans.

La Société des carbures métalliques avait exposé des échantillons de cuivre obtenus par le procédé Bullier (Voir aux applications du carbure de calcium, page 56).

La Maison Siemens et Halske exposait, à côté de nombreux métaux extraits par le procédé au carbure de calcium dont nous avons parlé, des ferro-manganèse, ferro-chrome et ferro-titane, obtenus directement au four électrique.

Oxydes. — M. Moissan présentait des échantillons de magnésie et chaux fondus, de zircone et de silice distillées; M. Dufau, des chromites de calcium, baryum, magnésium et du cobaltite de magnésium; M. Renaux, des zirconates de calcium, strontium et baryum.

M. Lebeau exposait de beaux échantillons de glucine. En chauffant l'émeraude au four électrique, ce minerai fond, net arde pas à se décomposer, et il distille de la silice. Lorsque le dégagement s'arrête, on interrompt l'opération, le résidu est formé d'un silicate basique de glucinium assez facilement soluble dans les acides. Si on pousse l'opération plus longtemps, dix minutes au lieu de trois, avec un courant de 1 000 ampères sous 45 volts, on arrive à la réduction totale de l'émeraude et il reste un mélange de carbures d'aluminium et de glucinium contenant un peu de siliciure de fer et de carbone; un traitement à l'acide fluorhydrique donne directement du fluorure de glucinium soluble et pur. Dans l'expérience précédente, le charbon est fourni par le creuset, la réduction est plus rapide en ajoutant du charbon au minerai ou mieux du carbure de calcium. L'opération industrielle porte sur 100 kg d'émeraude et 50 kg de coke pulvérisé, ou sur 50 kg d'émeraude et 58 kg de carbure; le temps de chauffe est de une heure et demie avec 1 500 ampères. Le résidu est traité, comme nous l'avons vu, par les acides sulfurique ou fluorhydrique. La glucine est fusible au four électrique; les échantillons exposés sont à cassure cristalline et brillante; ils sont parfaitement blancs. M. Lebeau exposait également un échantillon de glucine distillée; cet oxyde est en effet volatil vers son point de fusion.

La Société des carbures métalliques et la Volta suisse exposaient des échantillons d'alumine fondue ou corindon artificiel que l'on peut employer au lieu de l'émeri, le produit artificiel possédant les propriétés du produit naturel.

Sulfures. — M. Defacqz exposait du bi et du trisulfure de tungstène, M. Guichard, du sesquisulfure de molybdène et M. Mourlot, une collection de divers sulfures, notamment ceux de magnésium, baryum, strontium, manganèse, zinc, nickel, cobalt, plomb et un bel échantillon de sulfure de manganèse cristallisé.

Azotures. — M. Moissan avait dans son exposition un échantillon d'azoture de titane.

Phosphore et ses dérivés. — L'Exposition collective allemande de produits chimiques renfermait deux bocaliers de phosphore jaune et de phosphore rouge provenant de la Chemische Fabrik Griesheim-Elektron (Usines de Rheinfelden et Bitterfeld).

Le phosphore jaune se prépare en chauffant un mélange de métaphosphate de calcium et de charbon, il y a formation de phosphore qui distille, d'oxyde de carbone et de phosphate tricalcique. On a proposé de faire cette opération au four électrique à distillation, l'appareil Readman (*fig.* 88) a été employé avec succès en Allemagne et en Angleterre où cette fabrication a été montée, alors qu'avant l'emploi du four électrique, tout le phosphore venait de France et d'Angleterre. Il est intéressant de signaler le procédé Dill, consistant à chauffer un mélange d'acide phosphorique sirupeux et de charbon au four électrique. Comme il ne se forme que des produits volatils : phosphore, eau, oxyde de carbone, l'opération est continue.

M. Jaboin exposait des phosphures de strontium et baryum; M. Maronneau, des phosphures de chrome, cobalt, fer, nickel et cuivre; M. Moissan, du phosphure de calcium.

Arséniures. — M. Lebeau : arséniures de sodium, lithium, baryum, strontium et calcium.

Borures. — M. Moissan : borures de carbone, baryum, calcium, strontium, fer, cobalt et nickel ; M. Lebeau : boro-carbure de glucinium.

Carbone et ses variétés. — M. Acheson avait exposé un certain nombre d'électrodes en graphite artificiel, constituées par des barres de $10 \times 10 \times 60$ cm et $4 \times 8 \times 60$ cm. A côté de ces électrodes se trouvait une collection de grains de toutes dimensions.

M. Hubou exposait une série d'échantillons de noir d'acétylène, des encres, des produits obtenus avec et finalement une collection d'imprimés et d'épreuves.

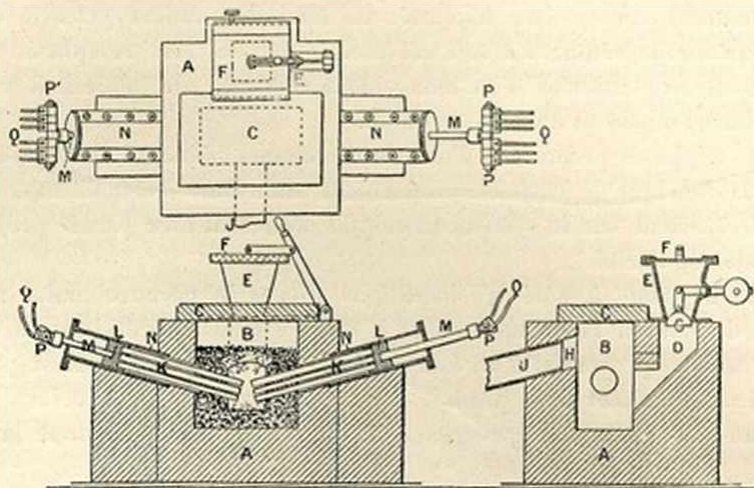


Fig. 88. — Four Readman pour la préparation du phosphore.

M. Moissan présentait un certain nombre de lamelles de microscope avec des poudres de diamant et de graphite. A côté d'échantillons de graphite du fer et autres déjà connus, il a préparé notamment le graphite de l'aluminium et celui du manganèse, ce dernier ne se produisant qu'au moyen du four électrique. Le mode opératoire pour la préparation de ces graphites est le suivant : On prépare d'abord le carbure du métal, puis on sature de carbone au four électrique ce carbure métallique. Le culot obtenu, traité par les acides ou chauffé au rouge dans un courant de chlore, laisse un résidu formé de graphite et de carbone amorphe, qui est mis en digestion dans de l'acide nitrique fumant, à la température de 40° , dans lequel le graphite est inattaquable. Le produit est traité successivement par l'acide sulfurique, l'acide fluorhydrique, lavé et séché.

La Société anonyme « le Carbone » exposait aussi des électrodes en charbon électrographique préparé par le procédé Girard et Street. Ces électrodes sont remarquables par leur densité, leur homogénéité et leur résistance aux divers électrolytes. Leur résistivité est de deux fois et demie à trois fois plus faible que celle des charbons non traités par ce procédé.

Cette Société exposait également des balais en charbon électrographique de marque X et EGZ. Le charbon X possède un grain particulièrement fin, une homogénéité parfaite, une consistance remarquable et une résistance au contact et une résistivité propre de beaucoup inférieure aux charbons ordinairement employés. Ces qualités permettent de l'employer couramment pour des densités de courant de 15 à 20 ampères par centimètre carré de surface frottante. On peut citer le cas d'une machine de 700 ampères, 125 volts, 600 tours, marchant pendant dix heures par jour à 28 ampères par centimètre carré sans échauffement anormal du collecteur ou des balais. La dureté de la qualité X est assez grande pour que l'on n'ait pas à craindre l'encrassement des collecteurs pour une cause purement mécanique, même avec pression assez forte du porte-balai. Les frottements sont extrêmement doux et l'usure du collecteur pratiquement nulle. La qualité EGZ offre moins d'avantages en ce qui concerne sa

conductibilité ; elle peut être employée en marche normale pour 10 à 12 ampères par centimètre carré ; elle s'applique plus aisément que la qualité précédente à la construction des machines dont le voltage est un peu élevé. Cette qualité, étant moins dure que la précédente, comporte des pressions assez faibles du porte-balai.

Carbure de calcium. — M. Bertolus emploie directement dans son usine de Bellegarde (Ain) les courants triphasés pour la production du carbure de calcium. L'usine a une puissance de 2 400 chevaux. La puissance des fours employés varie de 300 à 1 000 chevaux. Le principe du four en lui-même est excessivement simple : chaque appareil comprend un creuset en graphite dans lequel plongent des potences fixées *ad hoc*. Chaque électrode est reliée par son conducteur à un des conducteurs du système triphasé. Le fond du creuset possède ou non, suivant le cas, un conducteur de retour. La sole est mobile et peut être remplacée rapidement. Les électrodes peuvent être animées d'un mouvement vertical. On obtient à volonté, avec cet appareil, du carbure en pain et du carbure coulé.

Les courants triphasés permettent d'utiliser directement l'énergie, lorsque l'usine électrique est distante de la fabrique de carbure proprement dite. Dans certains cas, on emploie trois fours montés directement sur le système ; l'emploi d'un seul four paraît présenter l'avantage d'une plus grande régularité.

M. Bertolus exposait, à côté d'échantillons divers de carbure coulé, moulé, concassé, granulé, etc..., donnant à l'analyse de 310 à 350 (?) litres d'acétylène au kilogramme, un énorme bloc de carbure provenant d'un four triphasé de 1 000 chevaux et du poids de 1 200 kg. Le pouvoir éclairant de l'acétylène produit par ce bloc serait égal à celui du gaz de houille contenu dans un des immenses gazogènes de la Ville de Paris, dont la contenance est de 6 000 m³.

La Compagnie électro-métallurgique des procédés Gin et Leleux, outre les produits de sa fabrication à l'Exposition, présentait un certain nombre d'échantillons obtenus dans les usines qu'elle a installées et des matières premières employées dans ces usines.

La Compagnie française des carbures de calcium de Séchilienne (Isère) utilise une chute de la Romanche, au-dessus de Vizille ; elle fait uniquement du carbure coulé ; elle exposait une collection complète de différentes qualités et grosseurs : tout-venant, millet (000), lentille (00), maïs (00), noisette (0), noix (1), œuf (2). Le carbure fin est destiné au traitement de la vigne (oïdium). Cette Société présentait également du carbure enrobé au moyen de pétrole qui le protège contre l'humidité atmosphérique. Naturellement la couche protectrice n'est pas suffisante pour empêcher l'attaque du carbure par l'eau des appareils.

La Compagnie générale d'Électrochimie, dont l'usine est à Bozel, est une filiale de la Compagnie de Fives-Lille ; elle exposait les matières premières de fabrication extraites de ses concessions, anthracite et calcaire. Le calcaire répond très bien à la fabrication du carbure en raison de sa pureté, qui est de 98,5 0/0 ; il n'en est pas de même de l'anthracite, lequel, comme tout celui de la région des Alpes, contient des quantités considérables de cendres ; ces cendres, représentant 25 0/0 de la totalité, offrent cette particularité de renfermer près des neuf-dixièmes de silice pure permettant d'obtenir, à côté du carbure de calcium, des ferro-silicium à des richesses de 25 à 50 0/0 de silicium par simple addition de tournure de fer dans le four. A côté de ces matières premières, la Société présentait trois échantillons de carbure de calcium donnant 310, 325 et 340 litres d'acétylène au kilogramme et des échantillons de ferro-silicium à 25 et 50 0/0 de silicium. La production de cette usine a été de 4 000 tonnes de carbure en 1899, et de 1 000 tonnes de ferro-silicium.

MM. Corbin et C^o utilisent une partie de leur usine de Chedde (Haute-Savoie) à la fabrication de carbure de calcium dont ils exposaient des échantillons. La fabrication a lieu à courant continu.

M. Moissan exposait du carbure de calcium préparé dans son four électrique et un produit qui, bien que n'étant pas de nature électrothermique, présente un certain intérêt ici ; c'est le

carbure de calcium obtenu directement par action de l'acétylène sur l'alliage calcium-ammonium ; il se présente sous forme d'une poudre blanche, la coloration du carbure ordinaire étant due à une trace de fer.

MM. Rochette frères exposaient un certain nombre d'échantillons de carbure provenant de leur usine d'Épierre (Savoie). De même la Société l'Inexplosible (Usine à Saint-Félix, près Saint-Michel, Savoie), la Société des Carbures métalliques (Usine à Notre-Dame de Briançon, Savoie), la Société électro-chimique du Giffre (Usine à Pont-du-Giffre, Haute-Savoie) et la Société électro-métallurgique de Saint-Béron (Isère), avaient exposé des échantillons de carbure de calcium de grosseurs et qualités diverses. La plupart des produits exposés par ces diverses maisons sont très remarquables.

La Volta Suisse, l'usine de Jaïce, en Bosnie, les usines de Trollhättan (Suède) et de Hasslund (Norvège) exposaient des échantillons de carbure de divers formats ; la dernière avait une vitrine très importante renfermant, en outre, une collection des matières premières employées.

La Société piémontaise pour la fabrication du carbure de calcium présentait un bloc de 500 kg de carbure obtenu au four Memmo à courant triphasé (Usine de Saint-Marcel d'Aoste). Le pain, d'une seule pièce au début, se partage en trois parties à la fin de l'opération.

L'Exposition collective allemande de produits chimiques exposait trois bocaliers de carbure de calcium (millet, pois, noix), les exposants fabriquant ce produit sont : Chemische Fabrik Griesheim-Elektron, de Francfort-sur-le-Mein (Usines de Rheinfelden et Bitterfeld) et Kunheim et Co, de Berlin (Usine de Grube Ilse, Basse-Lusace).

Carbures divers. — La vitrine de MM. Chenal, Douilhet et C^{ie}, dans la Classe 87, constituait, de l'avis unanime, la partie la plus remarquable de l'Exposition des produits chimiques aussi bien pour la section française que pour les sections étrangères. Partis de 300 kg de « Terres Rares » provenant de 10 tonnes de sables monazités, MM. Chenal et Douilhet ont fait, sur un pied tout à fait industriel, un véritable travail de laboratoire et, après des milliers de cristallisations fractionnées et l'emploi de 3 tonnes d'acide nitrique pur, ils sont arrivés à obtenir par quantités et dans un état de pureté absolue des oxydes, sulfates, nitrates, etc., de cérium, néodyme, praséodyme, lanthane, samarium, yttrium, etc. Ils présentaient entre autres les carbures de certains métaux, tels que ceux de lanthane, samarium, néodyme et praséodyme, obtenus au four Moissan.

M. Lebeau exposait du carbure de glucinium caractérisé par le dégagement de méthane pur au contact de l'eau.

M. Macé obtient industriellement du carbure de calcium et de manganèse, lequel, au contact de l'eau, dégage un mélange d'acétylène, hydrogène et méthane, à raison de 348 à 356 litres par kilogramme. D'après l'exposant, ce mélange gazeux, en brûlant, donnerait de prime abord de l'éthylène, dont le pouvoir éclairant est de 10 à 20 fois plus élevé (?). En outre, la présence d'hydrogène rend impossible le dépôt de carbone et empêche l'encrassement des brûleurs.

M. Moissan présentait une collection complète de carbures : baryum, strontium, aluminium, manganèse, fer, titane, uranium, vanadium, lanthane, thorium, samarium, néodyme et praséodyme. Tous ces carbures ne se comportent pas, au contact de l'eau, comme celui de calcium. C'est ainsi que celui d'aluminium donne uniquement du méthane, celui de manganèse un mélange d'hydrogène et de méthane, à volumes à peu près égaux ; les carbures de métaux rares donnent, en général, des mélanges gazeux complexes où l'on rencontre de l'acétylène, du méthane, de l'hydrogène, et même de l'éthylène en proportions tout à fait quelconques.

Le plus curieux est évidemment le carbure d'uranium, qui donne principalement du méthane (75 0/0), de l'hydrogène (20 0/0), de l'éthylène et très peu d'acétylène ; mais, à côté de ces carbures gazeux, se trouve une assez forte proportion de carbures liquides et solides bouillant de 70 à 200° et laissant à la distillation un résidu bitumineux. On retrouve ainsi, sous forme de carbures solides ou liquides, environ les deux tiers du carbone du carbure employé. Ajoutons

pour terminer, que M. Moissan a établi, d'après les réactions diverses de ces carbures, une théorie de la formation des pétroles dans la nature.

M. Renaux exposait du carbure de zirconium.

La Société des carbures métalliques fabrique des carbures de strontium et de baryum industriels, intéressants parce qu'ils donnent les bases correspondantes, la strontiane et la baryte dont la valeur est assez grande, et qui pourraient être récupérées dans des installations centrales. Le principal inconvénient est que ces carbures ne donnent que très peu d'acétylène en raison de leur grand poids moléculaire; d'autre part, les carbonates de ces bases sont d'un prix assez élevé.

La Société d'Électrochimie exposait du carbure d'uranium industriel.

M. Williams a obtenu du carbure de tungstène et des carbures doubles de fer et de chrome répondant aux formules : Fe^3C , $2Cr^2C$ et $3Fe^3C, 2Cr^3C^4$.

Silicium et ses dérivés. — M. Acheson et la Société anonyme des Établissements Grauer et C^{ie} exposaient, l'un du carborundum cristallisé, l'autre du carborundum travaillé (Voir à ce sujet le paragraphe spécial page 50).

La Compagnie générale d'Électrochimie avait exposé des échantillons de ferro-silicium à 25 et 50 0/0 de silicium provenant de son procédé mixte de fabrication de ferro-silicium et carbure (Voir ce mot page 60).

M. Lebeau a obtenu des siliciures de fer et de cobalt. Il exposait également des échantillons de silicium industriel provenant de son procédé de traitement de l'émeraude au four électrique et consistant à distiller la silice pour avoir de la glucine. L'addition de charbon favorise l'opération et, si l'on arrête l'opération avant la fin, on retrouve, au fond du four, du silicium facile à purifier par le lavage aux acides. Les autres silicates naturels se comportent d'une façon analogue.

M. Moissan avait exposé du siliciure de carbone qu'il prépare soit par combinaison directe au four électrique d'un mélange de silicium et de charbon, soit par réduction de la silice par le char-

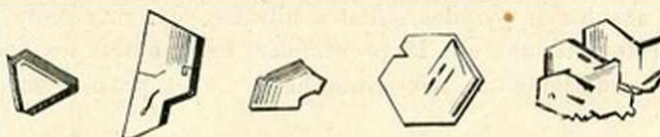


FIG. 89. — Cristaux de siliciure de carbone (carborundum).

bon, ce procédé original consistant à faire réagir les vapeurs de silice sur les vapeurs de carbone. Enfin on peut obtenir ce composé par cristallisation dans un culot de fer en fondant un mélange de fer, silice ou silicium et charbon. Les cristaux obtenus sont de forme hexagonale et présentent quelquefois des impressions triangulaires et des stries parallèles (fig. 89). Ils sont légèrement jaunâtres, mais on arrive à les avoir incolores et lorsqu'ils sont obtenus en présence de fer ou avec des produits en renfermant, ils sont bleus et présentent de belles irisations. C'est alors le carborundum analogue à celui d'Acheson.

M. Moissan exposait également du ferro-silicium.

La Société des carbures métalliques fabrique également des ferro-silicium, dont elle exposait des échantillons à 16-18 0/0 de silicium (Fe^2Si) et 30-32 0/0 de silicium ($FeSi$).

NOTA : Les figures 62, 64 à 61 et 89 sont extraites de l'ouvrage de M. H. Moissan, *le Four électrique*.

TABLE DES MATIÈRES

I

Appareils de chauffage électrique

	Pages.
Appareils utilisant des résistances métalliques.....	3
Appareils utilisant des résistances en fils nus métalliques.....	3
Appareils utilisant des résistances en fils métalliques enrobés.....	7
Appareils utilisant des résistances constituées par des dépôts métalliques.....	12
Appareils utilisant des résistances diverses.....	15
Appareils utilisant des résistances placées à l'air libre.....	15
Appareils utilisant des résistances placées dans le vide.....	21
Appareils utilisant des résistances liquides.....	22
Appareils utilisant des lampes à incandescence.....	22
Appareils utilisant l'arc électrique.....	25

II

Fours électrothermiques

Considérations générales sur les fours électrothermiques.....	29
Fours électriques de laboratoire.....	30
Oeuf électrique.....	30
Fours Moissan.....	31
Four électrique de MM. C. Poulenc et M. Meslans.....	39
Fours industriels.....	40
Four de la Société des Carbures métalliques.....	40
Four de la Compagnie électro-métallurgique des procédés Gin et Leleux.....	43
Four électrique à courants triphasés de la Société piémontaise pour la fabrication du carbure de calcium.....	48
Four électrique de la maison Siemens et Halske.....	49
Applications des fours électriques.....	50
Carborundum.....	50
Graphite.....	52
Applications du carbure de calcium.....	53
Produits exposés.....	57
Fontes, métaux et alliages.....	57
Oxydes.....	58
Sulfures.....	58
Azotures.....	58
Phosphore et ses dérivés.....	58
Arséniures.....	59
Borures.....	59
Carbone et ses variétés.....	59
Carbure de calcium.....	60
Carbures divers.....	61
Silicium et ses dérivés.....	62



ULTIMHEAT®
VIRTUAL MUSEUM

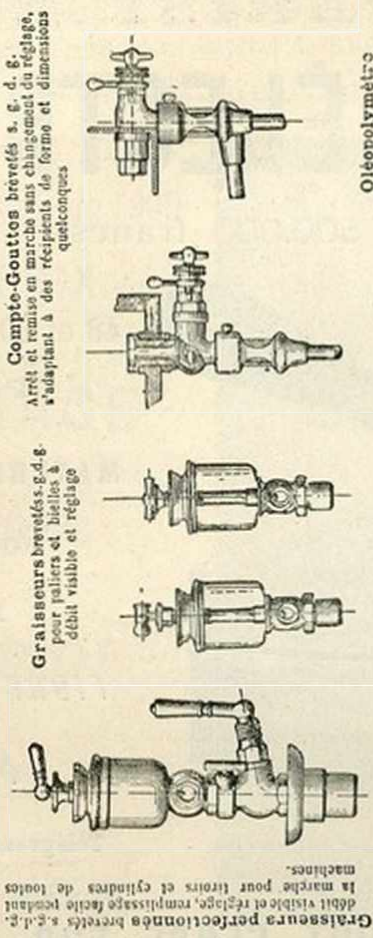
MÉDAILLE D'ARGENT, EXPOS. UNIVERS. 1889. — MÉDAILLE D'OR EXPOS. DE ROUEN 1896

SPECIALITÉ D'APPAREILS DE GRAISSAGE
ROBINETS A SOUPEE ÉQUILBRÉE

R. HENRY

Soleil Construct. - Concessionn. des marq. et des brev. J. HOCHESAND
117, Boulev. de la Villette, 117. — PARIS

TÉLÉPHONE



Compte-Gouttes brevétés s. g. d. g.
Arrêt et remise en marche sans changement de réglage,
s'adaptant à des réceptifs de forme et dimensions
quelconques

Graisseurs brevétés s. g. d. g.
pour paliers et bielles à
débit visible et réglage

Graisseurs perfectionnés brevétés s. g. d. g.
débit visible et réglage, remplissage facile tenant
la marche pour tiroirs et cylindres de toutes
machines.

Oleopolymètre
Appareils de graissage
à plusieurs débits
niveau constant, arrêt et mise
en marche sans changer le réglage

Compte-gouttes, Brevetés S. G. D. G.
pour montage sur rampes horizontales

Compte-gouttes, Brev. S. G. D. G. de un à six débits pour montage sur rampes verticales

Robinet à soupape équilibrée pour vapeur et eau
Système J. HOCHESAND
Breveté S. G. D. G.

Ce robinet se fait avec corps, bou-
chon et volant en fonte et toutes les
pièces inférieures en bronze de qua-
lité supérieure.
Sa construction permet de visiter,
réparer et même remplacer les pièces
inférieures, sans déplacer le corps du
robinet

Demander les Prospectus.

La Maison se charge de l'étude de toute installation de graisseurs.

COMPAGNIE FRANÇAISE
D'APPAREILLAGE ÉLECTRIQUE

Société anonyme au capital de 1.000.000 de francs

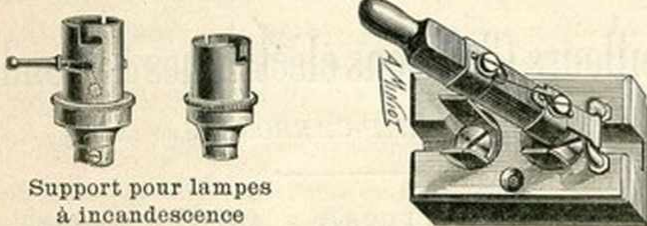
ANCIENS
ÉTABLISSEMENTS **GRIVOLAS**
et SAGE & GRILLET

MAISON FONDÉE EN 1875

ATELIERS ET BUREAUX

PARIS — 16, rue Montgolfier, 16 — PARIS

Exposition de 1889, Paris : Médaille d'argent
Exposition de 1894, Lyon : Médaille d'or



Support pour lampes
à incandescence

COMMUTATEURS

Coupe-circuits et interrupteurs de tous systèmes

RHÉOSTATS, DISJONCTEURS
TABLEAUX DE DISTRIBUTION

Manufacture de tous appareils et accessoires pour stations centrales
et installations d'éclairage électrique, montés sur porcelaine, faïence,
marbre, ardoise, bois, fibre vulcanisée, ébonite, etc., etc. — Appareils
pour courants de haute tension depuis 440 jusqu'à 5.000 volts et au-dessus.

APPAREILLAGE SPÉCIAL POUR 220 VOLTS.

Plus de 400 Modèles en Magasin Téléphone 158-91

Envoi franco du Catalogue sur demande

EXPOSITION UNIVERSELLE, PARIS 1900
Hors Concours — Membre du Jury

TURBINE HERCULE-PROGRÈS

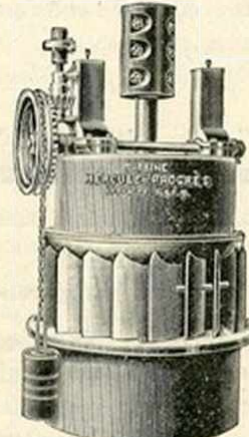
Brevetée S. G. D. G. en France et dans tous les pays étrangers
La seule bonne pour débits variables. — 300.000 chevaux de force en fonctionnement

Supériorité reconnue pour Eclairage électrique, Transmissions de force, Moulins,
Filatures, Tissages, Papeteries, Forges et toutes industries

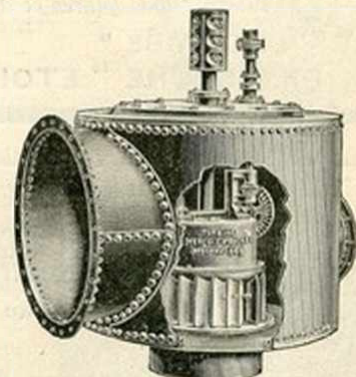
Rendement garanti au frein de 80 à 85 0/0

Rendement obtenu avec une turbine « Hercule » fournie à l'Etat : 90,4 0/0

Nous garantissons au frein le rendement moyen de
la Turbine « Hercule-Progress » supérieur à celui de
tout autre système ou imitation, et nous nous enga-
geons à reprendre dans les trois mois tout moteur qui
ne donnerait pas ce résultat.



Turbine sans huche.



Turbine avec huche.

AVANTAGES : Pas de graissage. — Pas d'entretien. — Pas d'usure.
— Régularité parfaite de marche. — Fonctionne noyée, même de plu-
sieurs mètres, sans perte de rendement. — Construction simple et ro-
buste. — Installation facile. — Prix modérés.

Toujours au moins 100 Turbines en construction ou prêtes pour expédition immédiate
PRODUCTION ACTUELLE DES ATELIERS : DEUX TURBINES PAR JOUR

SINGRUN FRÈRES

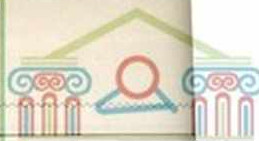
Ingénieurs-Constructeurs, à EPINAL (Vosges)

RÉFÉRENCES, CIRCULAIRES ET PRIX SUR DEMANDE

JOSEPH FARCOT

—* SAINT-OUEN (Seine) *—

CHAUDIÈRES, MACHINES A VAPEUR
MACHINES ÉLECTRIQUES



MANUFACTURE PARISIENNE D'APPAREILLAGE ÉLECTRIQUE

Société anonyme : Capital 500.000 francs

SIÈGE SOCIAL :
64, rue de Saintonge
PARIS (III^e)

MATÉRIEL FORTIS

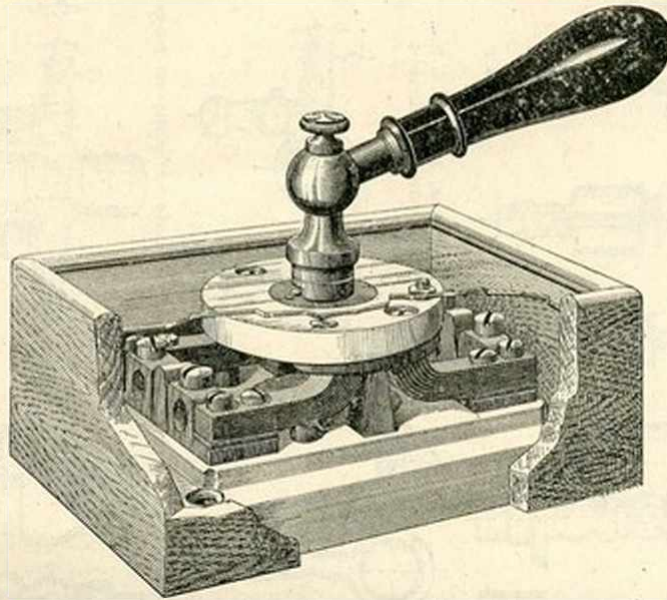
pour hautes tensions
NOMBREUSES RÉFÉRENCES

FOURNITURES DIVERSES

pour l'éclairage

MICA

Téléphone : 254.42



ATELIERS :
48 et 50, rue d'Erlanger
PARIS (XVI^e)

MATÉRIEL BERGMANN

PORCELAINES

MOULURES

FIBRE VULCANISÉE

MICANITE

Télégrammes : BURNS-PARIS

CONSTRUCTIONS ÉLECTRIQUES EN TOUT GENRE SUR DESSIN

LE CARBONE

ANCIENNE MAISON LACOMBE ET C^{ie}
12 et 33, rue de Lorraine, LEVALLOIS-PERRET (près PARIS)

CHARBONS POUR LAMPES A ARC AVEC PLAQUES ET CYLINDRES EN CHARBON
Charbons pour la Microphonie — Électrodes pour fours électriques

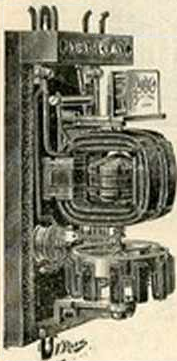
SPÉCIALITÉ DE BALAIS EN CHARBON
CHARBON ÉLECTROGRAPHIQUE (Brevet Girard et Street)

Piles de tous genres et de tous systèmes :

PILE "LACOMBE"
PILE SÈCHE "ÉTOILE" PILE "Z"

COMPAGNIE ANONYME CONTINENTALE
pour la Fabrication des Compteurs à gaz et autres Appareils

Ci-devant J. BRUNT & C^{ie}
9, rue Pérelle, PARIS



COMPTEUR D'ÉNERGIE ÉLECTRIQUE
LE "VULCAIN"

POUR
COURANTS CONTINUS & COURANTS ALTERNATIFS

« Compteur d'Énergie Électrique » à paiement préalable

Téléph. : "L'AMPÈRE" Téléph. :
535-94 535-94

Société pour la Vente et Location des Lampes à Arc et Accessoires

SEULES CONCESSIONNAIRES ET DÉPOSITAIRES
POUR TOUTE LA FRANCE

DES

Meilleurs Charbons électriques du Monde

MARQUE "SHIP-CARBON" DÉPOSÉE

LABORATOIRE D'ESSAIS & ATELIER SPÉCIAL
pour le Réglage et la Réparation rapides des Lampes à Arc

DE TOUS SYSTÈMES

LAMPES A INCANDESCENCE

Ateliers et Bureaux :

PARIS — 95, rue de Prony — PARIS

C^{IE} G^{LE} DE TRAVAUX D'ÉCLAIRAGE ET DE FORCE

Société anonyme au Capital de 3.000.000 de francs — Anciens Établissements Clémançon

Siège Social : 23, rue Lamartine — Ateliers : rue Milton, PARIS

Exposition Universelle de 1900

GRAND PRIX

ÉCLAIRAGE

SONNERIE

ET

TÉLÉPHONIE

FORCE

TRACTION

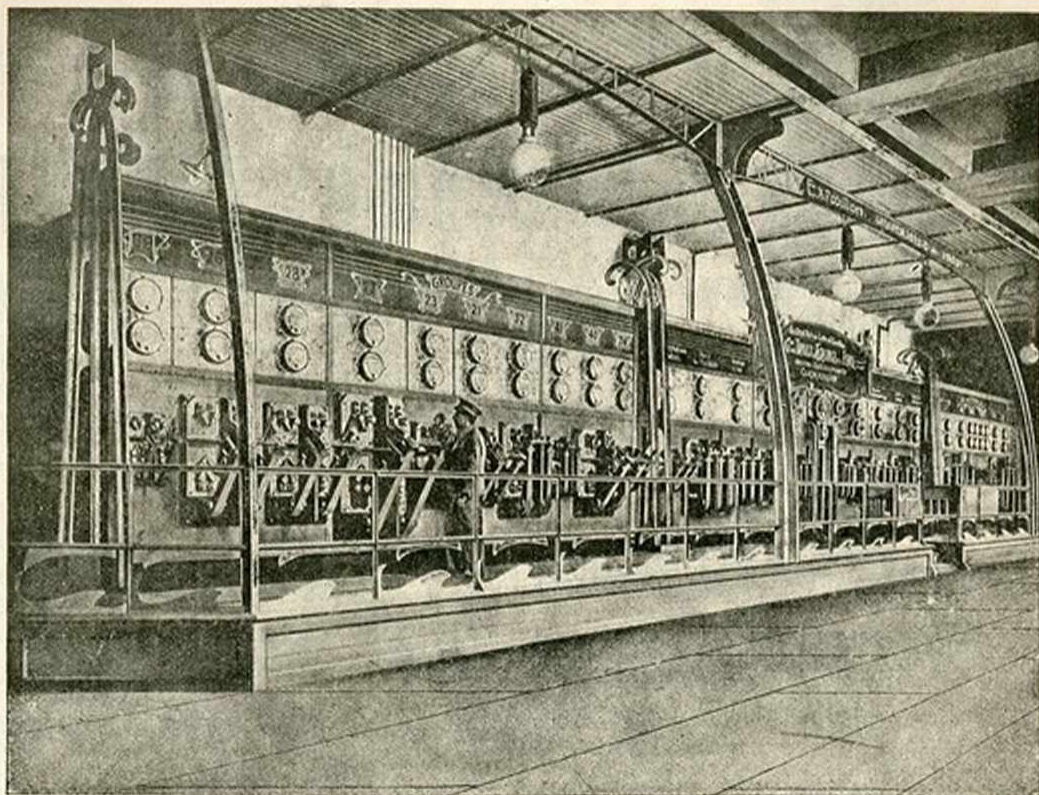


Tableau principal de distribution de l'énergie électrique par courants continus dans l'enceinte de l'Exposition universelle de 1900

V^o Ch. DUNOD, Libraire-Éditeur, 49, quai des Grands-Augustins, Paris

VIENT DE PARAÎTRE

Ouvrage couronné par la Société d'encouragement
pour l'Industrie nationale

ÉLECTRICITÉ

PREMIÈRE PARTIE. — THÉORIE ET PRODUCTION

Étude générale des phénomènes électriques. — Piles. — Magnétisme. — Courants alternatifs. — Machines à courants alternatifs et à courant continu. — Transformateurs. — Accumulateurs. — Mesures.

DEUXIÈME PARTIE. — APPLICATIONS INDUSTRIELLES

Canalisation et distribution de l'électricité. — Éclairage électrique. — Transport électrique de l'énergie. — Traction électrique. — Electro-chimie. — Télégraphie. — Téléphonie. — Projet de distribution d'énergie électrique.

Par Édouard DACREMONT

Conducteur des Ponts et Chaussées, Chef de section au service technique municipal de la ville de Paris, Chevalier du Mérite agricole

Préface par M. F. LAUNAY, Ingénieur en chef des Ponts et Chaussées

PREMIÈRE PARTIE. — Un volume in-8° de 500 pages avec 276 figures.
Broché..... 12 francs
DEUXIÈME PARTIE. — Un volume in-8° de 635 pages avec 321 figures.
Broché..... 12 francs

Les 2 volumes ensemble, 23 francs

LA

MACHINE A VAPEUR "UNIVERSELLE"

SOCIÉTÉ ANONYME

Siège Social : 10, rue Taitbout, PARIS

MACHINE A VAPEUR COMPOUND TANDEM A GRANDE VITESSE

Commande directe des dynamos, pompes, ventilateurs, etc., et de toutes industries réclamant une vitesse de marche constante.

Propulsion des navires.

Encombrement réduit au minimum.

Organes moins nombreux que dans toute autre machine compound, enveloppés et rapidement accessibles.

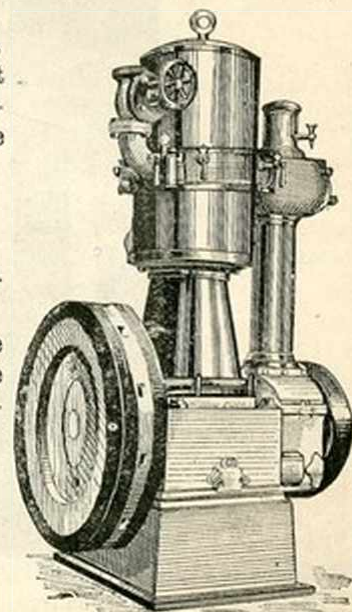
Distribution par valves corliss.

Régulation parfaite.

Surveillance et entretien nuls.

Économie de vapeur et d'huile.

Marche silencieuse.



Type de 25 à 500 chevaux.

CONSTRUCTION FRANÇAISE

DIPLOME D'HONNEUR — BRUXELLES — 1897

Exposition Internationale de Buda-Pest
Membre du Jury, Hors Concours

Exposition Universelle de Paris 1889
Membre du Jury, Hors Concours

ÉLECTRO-MÉTALLURGIE — ÉLECTRO-CHIMIE

C^{IE} ÉLECTRO-THERMIQUE KELLER, LELEUX & C^{IE}

Anciennement Compagnie Électro-Métallurgique des procédés GIN et LELEUX

Bureau Technique : 3, rue Vignon, PARIS
 Téléphone : 136.57

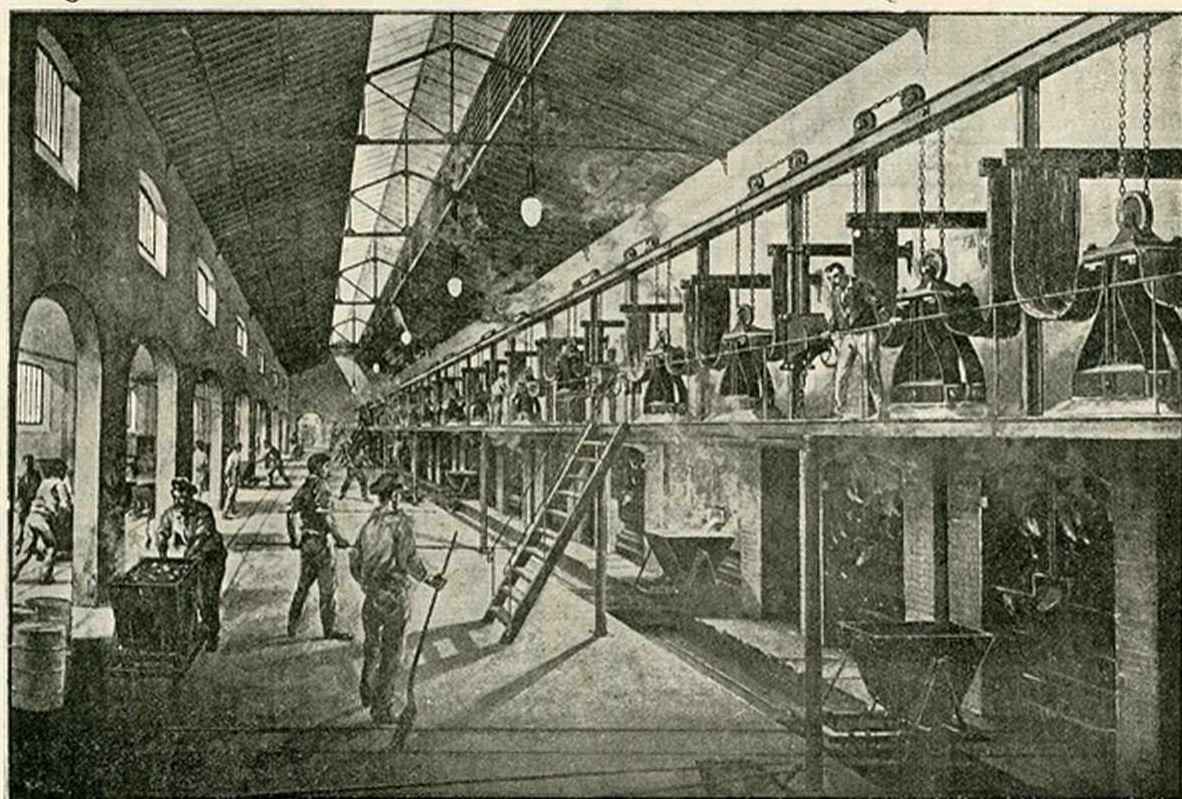
Usine de Fabrication et de Démonstration
 Adresse télégraphique : FORNAX-PARIS

FOURS ÉLECTRIQUES INDUSTRIELS

SPÉCIAUX POUR LE TRAITEMENT DES MINÉRAIS ET LA FABRICATION DES ALLIAGES

Brevets A. KELLER

FABRICATION DU CARBURE DE CALCIUM

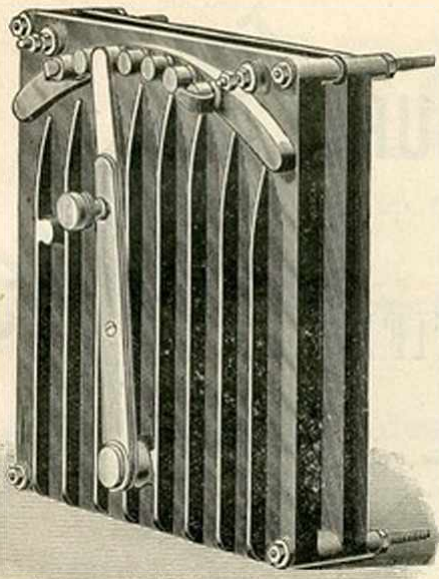


Batterie de 12 fours électriques de 400 chevaux installée à l'usine de Villelongue (Hautes-Pyrénées).

75 FOURS ÉLECTRIQUES DE 300 A 400 CHEVAUX VENDUS JUSQU'À CE JOUR

Utilisant une puissance de 20.000 HP environ

+



ANCIENNE MAISON

GODIN

SOCIÉTÉ du FAMILISTÈRE de GUISE

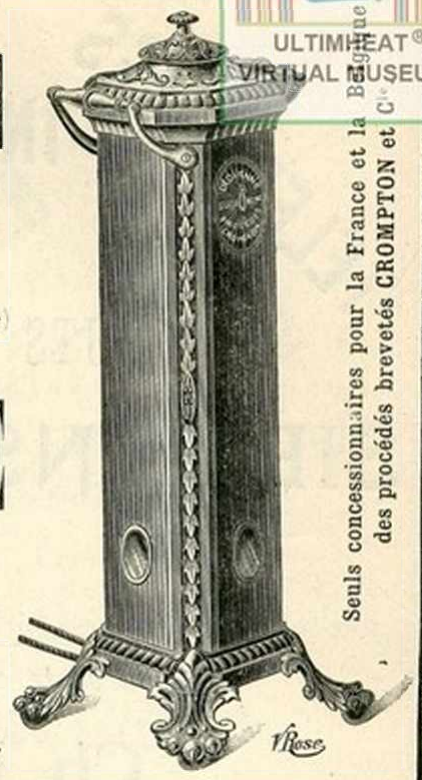
COLIN* ET C^{IE}

A GUISE (Aisne) et à SCHÆRBECK-BRUXELLES (Belgique)

CHAUFFAGE & CUISINE

A L'ÉLECTRICITÉ

Brevetés S. G. D. G. — Modèles déposés



Seuls concessionnaires pour la France et la Belgique des procédés brevetés CROMPTON et C^{IE}

Calorifères électriques — Radiateurs de salon — Chauffeuses murales — Chauffe-fers à friser
Cuisinières — Pots à colle — Chauffe-pieds — Chauferettes — Bouilloires
Chauffe-plats — Réchauds — Grils-côtelettes — Chauffe-assiettes — Pots à eau — Allume-cigares, etc.

APPLICATIONS INDUSTRIELLES

Au chauffage des Tramways, Chemins de fer, etc.

RÉSISTANCES — RHÉOSTATS

pour Moteurs, Dynamos, etc

REPRÉSENTANT pour la Clientèle d'Électriciens: **E. H. CADIOT**, Électriciens, 42, rue Saint-Georges, PARIS

E. DUCRETET*

CONSTRUCTEUR-ÉLECTRICIEN

PARIS — 75, rue Claude-Bernard, 75 — PARIS

GRANDS-PRIX

AUX EXPOSITIONS UNIVERSELLES

PARIS 1889, ANVERS 1894, BRUXELLES 1897, PARIS 1900

Bobines de Ruhmkorff de toutes dimensions.
Télégraphie sans fil, matériels complets Ducretet et Popoff-Ducretet, adoptés pour les grandes distances, types 1900-1901. — Appareils classiques de H. Hertz et de M. Branly.
Matériels radiographiques complets, puissants, pour les applications générales des Rayons X du Prof. Dr Röntgen.
Courants de haute fréquence et de haute tension.
Résonateur de M. le Dr Oudin et nouveau résonateur Oudin bipolaire de M. Lebailly.
Machines de Wimshurst et accessoires.
Ozone. — Stérilisateurs. — Aimants.
Téléphones haut-parleurs R. Gaillard.
Wattmètre industriel, universel de MM. Blondel et Labour.
Appareils pour les mesures électriques.
Galvanomètre enregistreur de E. D. et divers.
Pyromètres électriques industriels.
Calorimètre industriel de M. Junkers
Conjoncteur-disjoncteur de M. Ch. Fery, pour la charge des accumulateurs.

TARIFS — NOTICES

SPÉCIALITÉ DE

MACHINES ÉLECTROSTATIQUES

L. BONETTI

ROYCOURT SUCC^R

PARIS — 69, Avenue d'Orléans — PARIS

NOUVEAU CATALOGUE ILLUSTRÉ COMPLET

(contre 0 fr. 50 en timbres remboursables à la première commande)

Avec gravures des nouveaux Modèles et Accessoires pour

L'Électrothérapie et la Radiographie

MACHINES STATIQUES SANS CORDES NI COURROIES

à plateaux démontables instantanément

NOUVEAUX MODÈLES d'APPAREILS pour HAUTE FRÉQUENCE

BOBINES DE RUHMKORFF

EXPOSITION DE 1900, MÉDAILLE D'OR



TELEPHONES

INSTRUMENTS DE MESURE

DE TOUTES SORTES

pour

BUTS TECHNIQUES ET SCIENTIFIQUES

SIEMENS & HALSKE -- BERLIN

Markgrafenstrasse, 94

Pour la vente en France et pour tous renseignements, s'adresser à la maison

Ch. Rousselle & Ch. Tournaire

INGÉNIEURS-CONSTRUCTEURS

52, rue de Dunkerque (9^e Arr.), PARIS

Téléphone : 421-73

Adresse télégraphique : ROUSTOUR-PARIS

COMPAGNIE DE FIVES-LILLE

SOCIÉTÉ ANONYME AU CAPITAL DE 12.000.000 DE FRANCS

Ateliers à FIVES-LILLE (Nord) et à GIVORS (Rhône)

SIÈGE SOCIAL & ADMINISTRATION : 64, rue Caumartin, à PARIS

AGENCES } Autriche-Hongrie, Espagne, Russie, Mexique, Martinique, Guadeloupe, Cuba, République Argentine, Brésil, Maurice-Réunion, Java, Manille, Australie, Chine, Japon, Tonkin, Cochinchine, etc.

ÉCLAIRAGE — TRACTION ÉLECTRIQUE — TRANSMISSION DE L'ÉNERGIE
ÉLECTRO-CHIMIE — ÉLECTRO-MÉTALLURGIE

GÉNÉRATRICES — MOTEURS — TRANSFORMATEURS

à courant continu et à courants alternatifs simples et polyphasés pour toutes applications

CHAUDIÈRES ET MACHINES A VAPEUR

Machines pour élévation d'eau, pour mines et usines métallurgiques. — Grues et Ponts roulants. — Appareils et installations hydrauliques. — Locomotives. — Matériel fixe et roulant pour chemins de fer et tramways. — Freins continus à air comprimé. — Fondations à air comprimé. — Ponts et charpentes métalliques. — Travaux maritimes.

Matériel de Guerre et de Marine

Installations complètes de Sucreries de cannes et de betteraves. — Raffineries et Distilleries

MOTEURS A GAZ (Système LETOMBE)

LAMPES A ARC

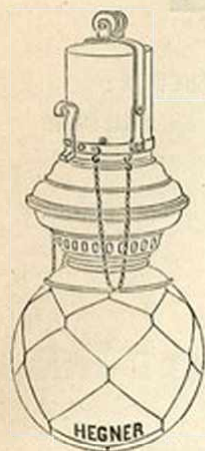
Marchant par trois en tension sur 110 volts

33 % D'ÉCONOMIE — SÉCURITÉ

LAMPES

à

Incandescence



HEGNER

PARIS 1900
EXPOSITION UNIVERSELLE
MÉDAILLE D'OR



PARIS
26, rue Cadet
Téléphones : 160-43

LYON
Ateliers, 141, r. Bellevue
Téléphone 37-23

COMPAGNIE ÉLECTRIQUE HEGNER
Au Capital de 300.000 Francs
SOCIÉTÉ ANONYME



INTERRUPTEURS

bi-polaires

tri-polaires

disjoncteurs, conjoncteurs

DYNAMOS MOTEURS

APPAREILS

d'Éclairage et de Chauffage par l'Électricité

Ventilateurs, Appareillage, Lustrerie, Fils, Câbles, Accumulateurs, etc.

TRANSPORT DE FORCE

RADIOGRAPHIE — HAUTE FRÉQUENCE

Installations complètes de Cabinets d'Électrothérapie

TÉLÉGRAPHIE SANS FIL

MATÉRIEL COMPLET, ORGANES SÉPARÉS

Allumage électrique des Moteurs

TRANSFORMATEURS ROCHEFORT à haut rendement, brevetés S. G. D. G.
remplaçant la Bobine de Ruhmkorff

Interrupteurs ROCHEFORT à mercure à mouvement rectiligne, brevetés S. G. D. G.

RÉSONNATEUR OUDIN bi-polaire, breveté S. G. D. G.

TRANSFORMATEURS RÉDUCTEURS DE POTENTIEL, élevant l'ampérage à volonté
pour thermo-cautères ou autres applications, actionnés directement par le secteur à 110 volts continus et l'interrupteur
à mouvement rectiligne ou par le courant alternatif, brevetés S. G. D. G.

Rhéostat spécial pour courant continu actionnant en même temps ou indépendamment
l'interrupteur et le transformateur

DEVIS SUR DEMANDES — CATALOGUES FRANCO

Il sera répondu à toute demande de renseignements ou de conseils

OCTAVE ROCHEFORT

INGÉNIEUR-CONSTRUCTEUR

PARIS - 4, rue Capron - PARIS

TÉLÉPHONE : 523,62

TÉLÉPHONE : 523,62



SOCIÉTÉ "L'ÉCLAIRAGE ÉLECTRIQUE"



SOCIÉTÉ ANONYME AU CAPITAL DE 4.000.000 DE FRANCS

ADMINISTRATION :

27, rue de Rome, 27



PARIS



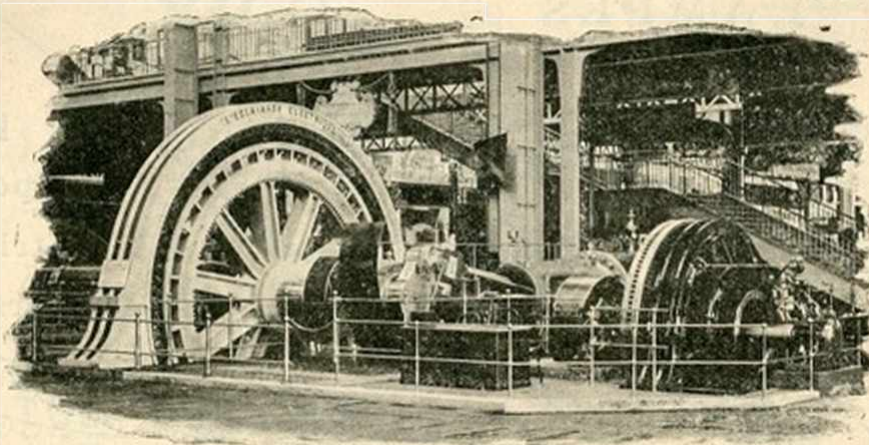
ATELIERS DE CONSTRUCTION :

250-362-364, rue Lecourbe

(Gare Grenelle-Ceinture)

GRAND PRIX

Exposition Universelle 1900



GRAND PRIX

Exposition Universelle 1900

DYNAMOS ET ÉLECTROMOTEURS E. LABOUR
 ALTERNATEURS ET ALTERNOMOTEURS SIMPLES OU POLYPHASÉS E. LABOUR
 TRANSFORMATEURS SIMPLES OU POLYPHASÉS E. LABOUR
 plus de 10 millions de watts en fonctionnement de 1 à 100.000 volts

TÉLÉPHONE

N° 528-50 Paris-Province

STATIONS CENTRALES — TRACTION ÉLECTRIQUE

ADRESSE TÉLGRAPHIQUE :

LÉCLIQUE-PARIS

ÉTABLISSEMENTS INDUSTRIELS E.-C. GRAMMONT

ALEXANDRE GRAMMONT, S^R

Administration centrale à PONT-DE-CHÉRUY (Isère)

ÉCLAIRAGE

Traction

TRANSPORT D'ÉNERGIE

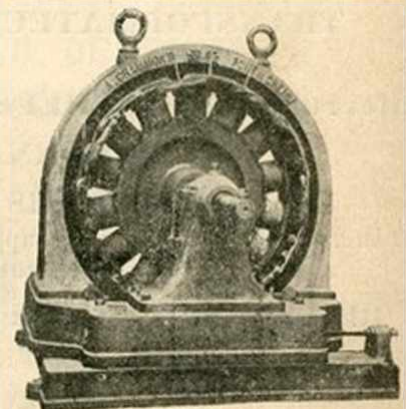
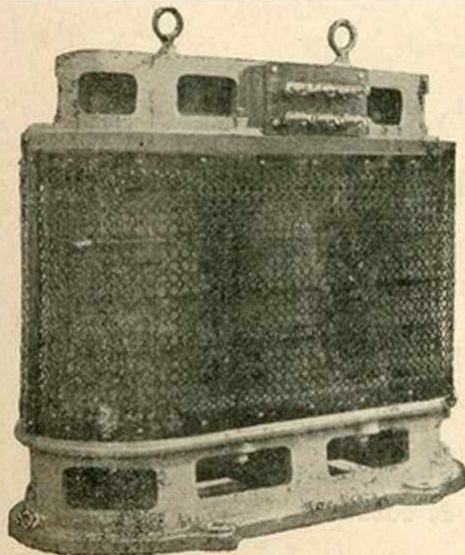
TRÉFILERIE — CABLERIE — MOTEURS

Dynamos-Alternateurs

TRANSFORMATEURS

CABLES SOUS-MARINS

Exposition de 1900. — Classe 23



CONCESSIONNAIRE DES BREVETS HUTIN & LEBLANC

Entreprises générales de Stations centrales d'Éclairage électrique : SALON, MONTARGIS, etc., de Tramways : DIJON, BESANÇON, LIMOGES, SAINT-ÉTIENNE
 Câbles Sous-Marins : MARSEILLE, BIZERTE, TUNIS et MOZAMBIQUE, MAJUNGA

RÉPERTOIRE SPÉCIAL DES ANNONCES



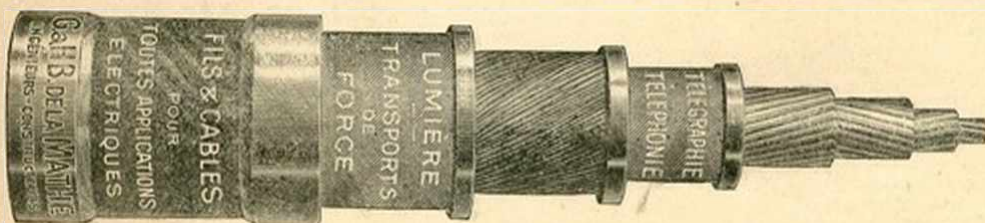
	Pages.		Pages.
Accumulateur Fulmen, pour voitures, 18, quai de Clichy, à Clichy.....	8	Henneton et C ^o , Constructeurs électriciens, à Lille (Nord).....	5
Accumulatoren-Fabrik Aktiengesellschaft, Berlin NW.	7	Henry (R.), Appareils de graissage, 117, boulevard de la Villette, Paris.....	13
Avtsine et C ^o , Micanit, 12 bis, avenue des Gobelins, Paris.....	12	Ilyne-Berline, Lampes et appareils électriques, 8, rue des Dunes, Paris.....	8
Bardon, Lampes électriques, 61, boulevard National, Clichy.....	7	Lacarrière et C ^o , Eclairage, 16, rue de l'Entrepôt, Paris.....	3
Benoit (E.), Chaines pour tous usages, 84, r. Oberkampf, Paris.....	10	La Machine à vapeur universelle, 10, rue Tailbout, Paris.....	13
Besançon (E.), Huiles minérales, 7, rue de l'Hermitage, Saint-Denis (Seine).....	8	L'Am père, Lampes et Charbons électriques, 95, rue de Prony, Paris.....	14
Boudreaux (L.), Balais électriques, 8, rue Hautefeuille, Paris.....	4	Le Carbone, Charbons, balais, piles électriques, 12, rue de Lorraine, Levallois-Perret (Seine).....	14
Brouhot et C ^o , Ingénieurs-Constructeurs, à Vierzon (Cher).....	2	Legros (René), Constructions mécaniques et électriques, à Fécamp (Seine-Inférieure).....	2
Carpentier (J.), Mesures électriques, 20, rue Delambre, Paris.....	6	De la Mathe (G. et H ^o), Fils et câbles électriques, 81, rue Réaumur, Paris.....	Couv.
Chateau père et fils, Horlogerie, Téléphonie, 118, rue Montmartre, Paris.....	2	Mizery (J.), Balais en charbon, 25, rue Amelot, Paris.....	8
Chauvin et Arnoux, Appareils de mesure, 186, rue Championnet, Paris.....	Couv.	Moysan frères, Électricité, téléphonie, lumière, 231, faubourg Saint-Martin.....	14
Colin et C ^o , applications industrielles de l'électricité, à Guise (Aisne).....	17	Neyret-Brenier et C ^o , Turbines, à Grenoble (Isère).....	2
Compagnie pour l'éclairage des villes et la fabrication des compteurs, 174, rue Lafayette, Paris.....	10	Niclausse (J. et A.), Générateurs inexplosibles, 24, rue des Ardennes, Paris.....	Couv.
Compagnie anonyme continentale pour la fabrication des compteurs, 9, rue Pérelle, Paris.....	14	Pirelli et C ^o , Caoutchouc, gutta-percha, fils et câbles, Milan.....	11
Compagnie électrique Hegner, 13, rue St-Dominique, Lyon.....	19	Radiguet (J.), Ecrans colorés, à Evreux (Eure).....	4
Compagnie électrique parisienne, 23, avenue Parmentier, Paris.....	7	Radiguet et Massiot, Électricité générale, 15, boulevard des Filles-du-Calvaire, Paris.....	9
Compagnie électro thermique Keller, Leleux et C ^o , 3, rue Vignon, Paris.....	16	L. Ravel, H. Limousin et C ^o , Fils et câbles électriques, 13, rue de Maubeuge, Paris.....	3
Compagnie de Fives-Lille, 64, rue Caumartin, Paris.....	18	Regnier (P.), Huiles et graisses, 11, rue Etienne-Dolet, Paris.....	8
Compagnie Française d'appareillage électrique, Grivolos et Sage et Grillet, 16, rue Montgolfier, Paris.....	14	Richard (J.), Appareils de mesure, 3, rue Lafayette, Paris.....	11
Compagnie électro-mécanique, 11, avenue Trudaine, Paris.....	8	Rochefort (O.), Radiographie, 4, rue Capron, Paris.....	19
Compagnie pour la fabrication des Compteurs d'électricité, 16, boulevard de Vaugirard, Paris.....	3	Roycourt, machines électrostatiques, 69, avenue d'Orléans, Paris.....	17
Compagnie Française des Métaux, 10, rue Volney, Paris.....	1	Serrin (Henri), constructeur-électricien, 13, boulevard du Temple, Paris.....	4
Compagnie générale d'accumulateurs et de traction, 48, rue de la Victoire, Paris.....	12	Siemens et Halske, instruments de mesure, 94, Markgrafens- trasse, Berlin.....	18
Compagnie Générale de Constructions électriques, 60, rue de Provence, Paris.....	12	Singrün frères, Turbines, à Epinal (Vosges).....	13
Compagnie Générale d'Electricité de Creil, 29, rue de Châteaudun, Paris.....	9	Société Anonyme de la Forêt du Flamand, Tuyaux, à Bordeaux.....	4
Compagnie Générale électrique de Nancy, 47, rue Le Peletier, Paris.....	7	Société Anonyme des Générateurs Mathot, à Roeux-les-Arras (Pas-de-Calais).....	9
Compagnie Générale de Travaux d'éclairage et de force, 23, rue Lamartine, Paris.....	15	Société Anonyme des anciens Etablissements Par- villee, 29, rue Gauthey, Paris.....	1
Cuénod (H.), Constructeur-Electricien, 12, rue Diday, Genève.....	5	Société Française des Accumulateurs électriques, 106, rue Cardinet, Paris.....	12
Daniel = ack, Hubert et C ^o , Installations électriques, 53, rue Legendre, Paris.....	11	Société Française de l'Accumulateur Tudor, 48, rue de la Victoire, Paris.....	10
Ducré et, Instruments de précision pour les sciences, 75, rue Claude-Bernard, Paris.....	17	Société industrielle des Téléphones, 23, rue du Quatre-Septembre, Paris.....	Couv.
Farcot fils, Ventilateurs, 189, rue Lafayette, Paris.....	4	Société de Laval, Turbines à vapeur, 48, rue de la Victoire, Paris.....	9
Farcot (Joseph), Chaudières, Machines, à Saint-Ouen (Seine).....	13	Usines de Persan-Beaumont, Caoutchoucs et câbles, 97, boulevard Sébastopol, Paris.....	4
Genissieu et C ^o , Poteaux métalliques, 32, rue de Greffulhe, Levallois-Perret.....	Couv.	Walcker, Traction électrique, 6, rue Boudreau, Paris.....	5
Genteur (J.-A.), Appareils électriques, 77, rue Charlot, Paris.....	4	Wanner et C ^o , Courroies, graisseurs et graisses, 67, avenue de la République, Paris.....	Couv.
Geoffroy et Delore, Electricité, fils et câbles, 28, rue des Chasses, Clichy.....	Couv.		
Grammont (A.), Constructeur-électricien, à Pont-de-Chéruy (Isère).....	20		
Guitton et C ^o , Ateliers d'Oerlikon, 10, rue de Châteaudun, Paris.....	1		
Hélios, Elektrizitäts-Aktiengesellschaft, Köln-Ehrenfeld (Alle- magne).....	6		

FILS ET CABLES ÉLECTRIQUES

POUR

TRANSPORTS DE FORCE - TRAMWAYS - LUMIÈRE

MINES - TÉLÉGRAPHIE - TÉLÉPHONE, ETC.



G. & H^{RI} B. DE LA MATHE

Usines et Bureaux à Gravelle-Saint-Maurice (Seine)

Dépôt à PARIS, 81, rue Réaumur

USINES
Téléphone interurbain

PARIS
Téléphone 146-84

ATELIERS DE NEUILLY

GENISSIEU & C^{IE}

Ingénieurs-Constructeurs

Ancienne Maison O. ANDRÉ

Exp. Univ. 1889 | Téléphone :
Grand Prix | 512-16

Poteaux Métalliques

BREVETÉS S. G. D. G.

POUR

LIGNES TÉLÉGRAPHIQUES

LIGNES TÉLÉPHONIQUES

TRAMWAYS

LAMPES A ARC

LIGNES D'ÉNERGIE

FOURNISSEURS

DU MINISTÈRE DES

POSTES ET TÉLÉGRAPHES

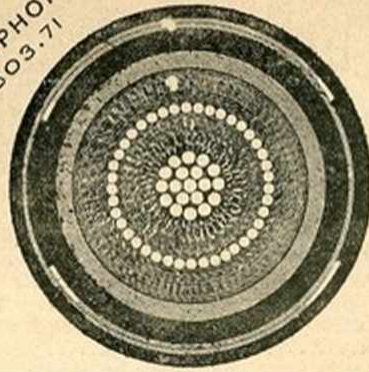
Usine à

LEVALLOIS-PERRET

32, rue de Greffulhe

RENSEIGNEMENTS : PARIS, 15, RUE ROYALE

TÉLÉPHONE
503.71



GEOFFROY & DELORE

CÂBLES ARMÉS
POUR CANALISATION SOUTERRAINE
LUMIÈRE & TRACTION

28, Rue des Chasses CLICHY



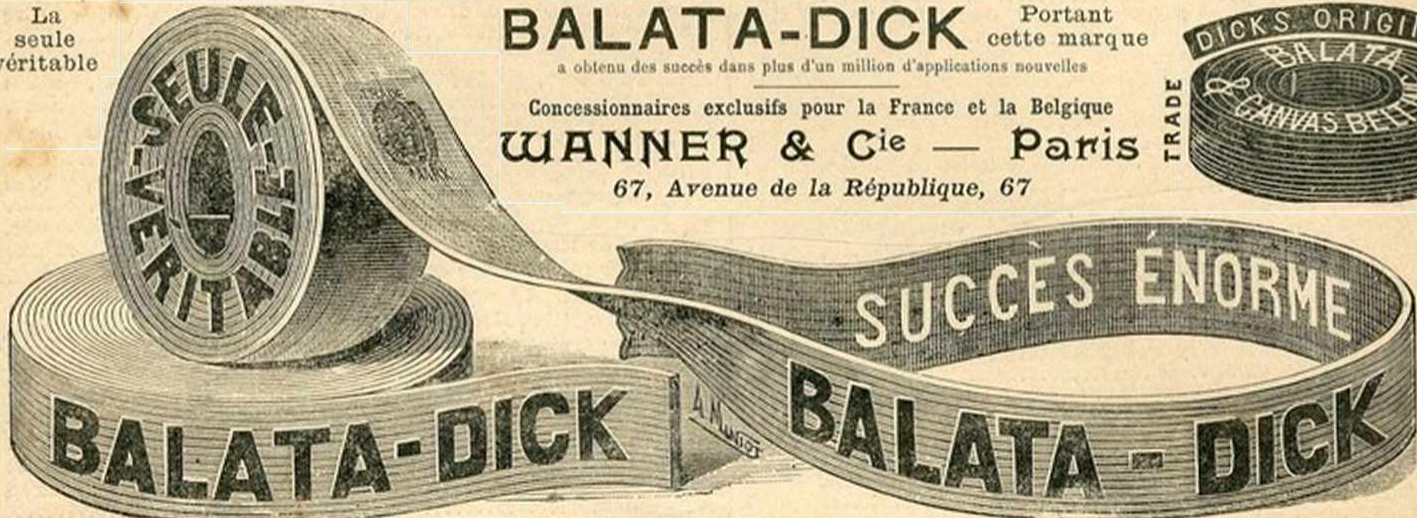
La
seule
véritable

BALATA-DICK Portant cette marque
a obtenu des succès dans plus d'un million d'applications nouvelles

Concessionnaires exclusifs pour la France et la Belgique
WANNER & Cie — Paris
67, Avenue de la République, 67



Se méfier des imitations!



Se méfier des imitations!

J. & A. NICLAUSSE

Adresse télégraphique :
GÉNÉRATEUR — PARIS

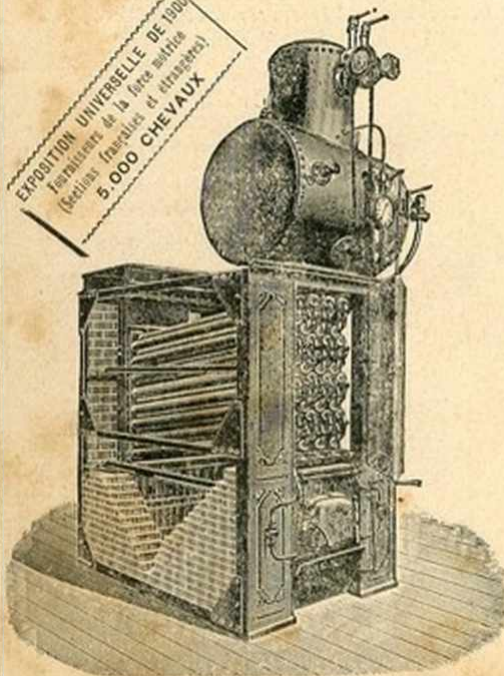
Société des Générateurs inexplorables "Brevets NICLAUSSE"
PARIS, 24, rue des Ardennes, 24, PARIS

TÉLÉPHONE (1^{re} ligne 415.01
INTERURBAINE / 2^e ligne 415.02)

APPLICATIONS DANS TOUTES LES INDUSTRIES

FORCE MOTRICE, ÉCLAIRAGE ÉLECTRIQUE (PLUS DE 30,000 CHEVAUX), CHAUFFAGE, UTILISATION DES GAZ PERDUS, ETC.

EXPOSITION UNIVERSELLE DE 1900
Inventeurs de la force motrice
(généralistes, électriques et thermiques)
5,000 CHEVAUX



Chevaux.	Chevaux.	Chevaux.
MM. Lebon et C ^e (Stations centrales de Valence, Cadix, le Caire, Dieppe), etc..... 6.000	Compagnie électrique du secteur de la rive gauche..... 5.000	Ville de Paris (Usine élév. de Colombes)..... 5.000
Comp. Fresne (Usines de Paris, Arcueil, Aubervilliers, etc.)... 3.000	Société de Produits chimiques... 3.000	Comp. Parisienne de Tramways (C ^e Thomson-Houston), ligne de St-Ouen-Champ-de-Mars.... 1.500
Société Normande d'électricité... 2.500	C ^e générale d'électricité (Nancy). 2.000	Société des Etablissements Postel-Vinay..... 600
Magasins du Bon Marché..... 1.000	Société anonyme d'éclairage électrique (Toulon)..... 1.000	Comp. Urbaine d'eau et d'électricité (Station de Puteaux)..... 600
C ^e des chemins de fer de l'Ouest (traction électrique), Usine de Saint-Germain..... 1.000	Maison Ménier (Usine de Noisiel). 1.000	Société Toulousaine d'électricité. 600
Arsenal de Brest..... 600	Société Lilloise d'électricité..... 800	M. A. Menier, chauffage (Neuilly). 600
Etc., etc.	Tour Eiffel..... 600	Etc., etc.
	Compagnie du gaz de Lyon..... 600	

Type Semi-Multitubulaire à grande réserve de chaleur pour différentes industries. — Type spécial pour les installations en maisons habitées. — Type Marine (plus de 400.000 chevaux)

Chevaux.	Chevaux.	Chevaux.
Marine militaire française	Marines militaires étrangères	Marines de commerce
Cuirassé Gloire..... 20.500	Croiseur Waryag..... 20.000	Remorqueurs du Rhône..... 6.000
Cuirassé Condé..... 20.500	Cuirassé Regina Margharita... 19.000	C ^e gén. des Bateaux-Parisiens, 35 bateaux (150 chev. chacun) nouv. flotte pour l'Exp. de 1900. 5.000
Croiseur cuirassé Guéydon..... 20.200	— Maine..... 16.000	C ^e générale Transatlantique (steamer Morbihan)..... 2.000
— Kleber..... 18.000	— Retwisan..... 15.000	Cargot-boat Pierre-André..... 1.000
Cuirassé Suffren..... 16.500	Croiseur cuirassé Garibaldi... 14.000	Félix Faure (C ^e des Bateaux-Omnibus de Rouen)..... 700
— Marceau..... 14.600	— Ferruccio..... 14.000	Remorqueur Le Marseillais n° 18. Etc., etc.
— Henri IV..... 11.500	Croiseur Cristobal-Colon..... 14.000	
Croiseur Friant..... 9.000	Cuirassé Messoudje..... 11.000	
— Davout..... 9.000	Croiseur Freya..... 10.000	
Etc., etc.	Etc., etc.	
Yacht St-Hubert (M. C. de Langlade).	Navigation de plaisance	Yacht Aimée (M. A. Menier).
— Walkyrie (M. G. Eiffel).	Yacht Président-Carnot (M. Sâtre).	— Julie (M. G. Menier).
— Betty (M. J. Maggi).	— Nemo (M. Beauouin).	— Sequana (M. E. Cauvin).
— Neptune (M. P. Curie).	— la Bacchante (M. H. Menier).	— Ophélie (M. E. Marguerite).

Résumé des principaux avantages offerts par ces générateurs

Ils sont les plus légers — les plus réduits en volume — les plus facilement nettoyables — les plus rapidement mis en pression — les plus robustes et les plus simples dans leurs organes, n'exigeant qu'une faible dépense d'entretien. Ils sont les seuls ayant les tubes seulement posés, tenus sans vissage, ni dudgeonnage et équilibrés par la pression. — Ils donnent le maximum d'économie de combustible sans adjonction d'appareil quelconque. — Ils fournissent une plus grande surface de grille dans un emplacement déterminé. — Rapidité de mise en pression, etc., etc.

Société Anonyme au Capital de 25.000.000 fr.

FILS ET CABLES de haute conductibilité
COINS ET BARRES
de Collecteurs pour ÉLECTRICITÉ



Siège social : 10, RUE VOLNEY, PARIS

TUBES EN ACIER
SANS SOUDURE pour CHAUDIÈRES