

1606

HISTORIQUE

PROPRIÉTÉS, FABRICATION, APPLICATIONS

DE

# L'ACÉTYLÈNE

PAR

GEORGES DUMONT

INGÉNIEUR DES ARTS ET MANUFACTURES

ET

ERNEST HUBOU

INGÉNIEUR CIVIL DES MINES

PARIS

LIBRAIRIE GÉNÉRALE SCIENTIFIQUE ET INDUSTRIELLE  
H. DESFORGES

41, Quai des Grands-Augustins, 41

1896



1606

# L'ACÉTYLÈNE

HISTORIQUE  
PROPRIÉTÉS, FABRICATION  
APPLICATIONS



039201-192125

HISTORIQUE  
PROPRIÉTÉS, FABRICATION, APPLICATIONS

DE

# L'ACÉTYLÈNE

PAR

GEORGES DUMONT  
INGÉNIEUR DES ARTS ET MANUFACTURES

ET

ERNEST HUBOU  
INGÉNIEUR CIVIL DES MINES



PARIS

LIBRAIRIE GÉNÉRALE SCIENTIFIQUE ET INDUSTRIELLE  
H. DESFORGES

41, Quai des Grands-Augustins, 41  
1896



## PRÉFACE

---

La question de l'acétylène est tout à fait à l'ordre du jour.

L'ouvrage de MM. G. Dumont et E. Hubou s'adresse à toutes les personnes qui s'intéressent à la production et aux applications de ce nouveau gaz, et qui désirent être sérieusement renseignées sur les travaux et les études qui ont déjà paru sur cette question.

On trouvera décrits aussi complètement que possible dans ce volume :

1° Les procédés de préparation du carbure de calcium avec le prix de revient actuel ;

2° Les propriétés physiques et chimiques de l'acétylène, et en particulier l'étude de sa combustion et de son pouvoir éclairant, ainsi que son mode d'utilisation comme agent d'éclairage comparé aux autres sources de lumière ;

3° Ses autres applications diverses, notamment pour le chauffage et la force motrice, ainsi que ses applications chimiques ;

4° Un très grand nombre d'appareils proposés pour la préparation de ce nouveau gaz.

Un chapitre spécial est consacré à l'examen des dangers que peut présenter l'acétylène.

Enfin, dans leurs conclusions, les auteurs résument d'une façon critique les faits actuellement connus et en dégagent les conditions pratiques dans lesquelles on doit se placer pour éviter des accidents.

MM. G. Dumont et E. Hubou ont étudié cette question de l'acétylène d'une façon très complète et à un point de vue absolument technique, en s'efforçant d'apporter la plus grande clarté possible dans leurs explications. Leur important travail, entièrement mis à jour, trouvera certainement auprès du public, sous cette forme de brochure, un accueil aussi favorable que celui dont il a été l'objet lorsqu'il a dernièrement paru en articles séparés dans les colonnes du *Génie Civil*.

C. T.

---



## INTRODUCTION

---

L'attention du public est en ce moment vivement attirée sur l'acétylène. Ce gaz, connu depuis longtemps dans les laboratoires, notamment à la suite des beaux travaux de M. Berthelot, n'avait encore reçu aucune application industrielle en raison de la difficulté de le préparer et de l'obtenir à l'état de pureté. Mais la situation a changé depuis que M. Moissan a, parmi ses importantes études sur les réactions chimiques qui se passent au four électrique, imaginé la préparation du carbure de calcium pur et cristallisé, et qu'il a montré que la simple action de l'eau sur ce carbure donnait lieu à un dégagement d'acétylène pur.

La découverte de M. Moissan a rendu possible l'exploitation industrielle de l'acétylène, par suite de sa facilité de production au moyen du carbure de calcium : il ne faut donc pas s'étonner que, dès la publication des travaux de ce savant, on ait cherché des applications immédiates du nouveau produit qu'il venait de découvrir. Ces applications seront probablement très variées dans l'avenir, mais, pour le moment, on s'est surtout préoccupé de son emploi comme source de lumière.

Il est incontestable que tout nouvel agent d'éclairage pouvant lutter par ses qualités de lumière et par l'économie qu'il procure avec l'éclairage électrique, est appelé à un succès réel au point de vue pratique.

Certaines personnes ont vu dans l'acétylène un concurrent sérieux pour le gaz de houille : nous ne pensons pas que la vieille industrie du gaz soit le moins du monde menacée. Mais il est évident que, dès qu'on aura trouvé des moyens absolument pra-

tiques de produire l'acétylène avec toutes les garanties de sécurité désirables, ce gaz pourra, dans certains cas, remplacer avantageusement le gaz de houille et l'électricité, par exemple pour l'éclairage de maisons de campagne, châteaux, ateliers, gares de chemins de fer, petites localités même, quand il sera jugé nécessaire d'avoir plus de lumière que n'en peuvent donner les lampes à huile ou à pétrole, et quand il y aura trop peu de foyers à alimenter pour justifier la création d'une usine à gaz ou d'une usine d'électricité. Ces deux genres d'usines entraînent, en effet, une dépense de premier établissement et des frais de conduite et d'entretien qui sont d'autant plus élevés proportionnellement que le nombre des lampes à desservir est plus restreint.

Il est une autre application qui paraît devoir être poursuivie avec non moins de succès, c'est l'éclairage des voitures de chemins de fer. On emploie, à cet effet, soit les lampes à huile, soit mieux encore le gaz d'huile, soit enfin les lampes électriques à incandescence. Sans vouloir établir la suprématie de tel ou tel mode d'éclairage, qui dépend non seulement de la quantité de lumière fournie, mais encore des conditions d'exploitation dans lesquelles on se trouve placé, il est certain que, si on peut substituer sans danger l'acétylène au gaz d'huile, on fournira aux voyageurs une plus grande somme de lumière et cela sans grande dépense, puisque le matériel aménagé pour l'éclairage des voitures au gaz d'huile ou gaz riche est entièrement utilisable avec le nouveau gaz.

Étant donné le mode de production de l'acétylène et l'extrême simplicité des appareils de fabrication ainsi que des opérations à effectuer, on peut considérer le prix de revient du mètre cube de gaz comme indépendant de l'importance de la production. La lumière qu'il donne en brûlant est fixe, très blanche et très éclairante : elle est douée, en un mot, de toutes les qualités optiques que l'on recherche avec l'éclairage électrique.

Ce nouveau gaz paraît donc appelé à un réel succès en raison de ses applications nombreuses et variées, non seulement à l'éclairage mais encore à la force motrice et au chauffage, ainsi

peut-être qu'à l'industrie chimique. Mais il ne prendra son réel développement que quand on aura trouvé un moyen pratique et sûr de le fabriquer à l'aide du carbure de calcium, et c'est ce à quoi tendent actuellement tous les efforts des personnes qui se sont attachées à la résolution de cette question, soit qu'on utilise l'acétylène directement sous forme gazeuse, soit qu'il ait été préalablement emmagasiné dans des réservoirs à l'état liquide, comme on le fait pour l'acide carbonique, pour le ramener ensuite à l'état de gaz en le laissant se détendre au moment de son emploi.

Nous exposons ci-après le résultat de nos recherches sur l'acétylène. Nous n'avons pas la prétention d'avoir fait une œuvre complète, attendu que la question est encore à l'étude, mais en présentant ce travail d'ensemble nous croyons avoir apporté notre concours à l'extension d'une industrie naissante qui paraît appelée à prendre dans l'avenir un certain développement.

Georges DUMONT,  
*Ingénieur des Arts et Manufactures.*

et Ernest HUBOU,  
*Ingénieur civil des Mines.*

---



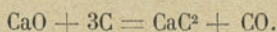
HISTORIQUE  
PROPRIÉTÉS, FABRICATION, APPLICATIONS  
DE  
L'ACÉTYLÈNE

---

CHAPITRE PREMIER

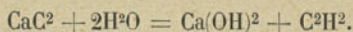
HISTORIQUE

L'acétylène se prépare d'une façon industrielle par la réaction de l'eau sur le carbure de calcium. Ce corps cristallisé, de composition bien définie, a été obtenu pour la première fois par M. Moissan, en fondant au four électrique un mélange de 56 parties de chaux vive et de 36 de coke préalablement pulvérisé. La réaction entre la chaux et le coke, due à l'énorme développement de chaleur dégagée au four électrique, est la suivante :



M. Moissan obtient ainsi le composé bien défini  $\text{CaC}_2$  renfermant 40 de calcium pour 24 de carbone, qu'il appelle *acétylure de calcium*.

Le contact de cet acétylure de calcium avec l'eau donne lieu à la réaction suivante :



Il se produit de la chaux, qui forme avec l'eau un lait de chaux, et le gaz résultant de la substitution de  $\text{H}^2$  à  $\text{Ca}$ , c'est-à-dire l'acétylène,  $\text{C}_2\text{H}_2$ , se dégage.

Avant d'étudier les propriétés de l'acétylure de calcium et l'acétylène, nous passerons tout d'abord en revue les travaux relatifs à l'acétylène depuis sa découverte, en 1836, jusqu'en 1894, époque de la publication des résultats obtenus par M. Moissan pour la fabrication de l'acétylure de calcium.

#### TRAVAUX RELATIFS A L'ACÉTYLÈNE

C'est en 1836 qu'Edmond Davy isola pour la première fois l'acétylène, en traitant par l'eau les matières noires qui prennent naissance dans la préparation du potassium.

En 1862, M. Berthelot étudia en détail toutes les propriétés de l'acétylène; nous reviendrons tout à l'heure sur les résultats de cette étude.

Vers la fin de la même année, Wœhler, en mélangeant pour fabriquer du calcium un alliage de zinc et de calcium avec du charbon, obtint un composé de calcium et de carbone de composition et de propriétés inconnues, mais qui se décomposait par l'eau en hydrate de chaux et en un mélange de gaz caractérisé par les trois propriétés suivantes :

1<sup>o</sup> Combustion en donnant une flamme très éclairante et très fuligineuse ;

2<sup>o</sup> Formation d'un mélange détonant avec le chlore, même à la lumière diffuse, avec production de flamme et dépôt de carbone ;

3<sup>o</sup> Formation d'un mélange explosif sous l'action de la chaleur avec une solution ammoniacale de sels d'argent.

Ces caractères sont ceux de l'acétylène; le gaz formé était donc de l'acétylène impur.

En 1892, M. Maquenne prépare un carbure de baryum amorphe en faisant réagir du carbonate de baryte, du magnésium et du charbon. Le mélange amorphe obtenu renferme de la magnésie; mis en contact avec l'eau, il donne naissance à de l'acétylène contenant 4 à 7 % d'hydrogène, avec un rendement de 50 litres par kilogr. M. Maquenne fait observer que le carbonate de baryte est le seul qui puisse se transformer en carbure en présence du magnésium, et que les autres carbonates alcalino-terreux, notamment le carbonate de

chaux, ne sont qu'incomplètement attaqués et donnent alors, quand on les traite par l'eau, un mélange de H et de  $C^2H^2$  peu riche.

A la même époque, M. Travers, en Angleterre, obtenait du carbure de calcium en faisant réagir ensemble du chlorure de calcium, du sodium et du charbon. Le produit fusible obtenu contenait un carbure de calcium, du carbone libre et du cyanure de sodium. En le traitant par l'eau, il se dégageait un mélange d'hydrogène et d'acétylène d'un rendement en acétylène très faible.

M. Moissan, à la fin de 1892, présente alors à l'Académie des Sciences une communication dans laquelle il donne une description de son four électrique permettant d'obtenir une température de 2 500 à 3 000° :

« Dès que la température du four électrique est voisine de 2 500°, dit-il, la chaux, la strontiane, la magnésie cristallisent en quelques minutes. Si la température atteint 3 000°, la matière même du four, la chaux vive, fond et coule comme de l'eau ».

En même temps, M. Moissan signale la production accidentelle d'un carbure de calcium, de composition inconnue, produit par l'attaque du charbon des électrodes au moment de la fusion de la chaux.

Ce n'est qu'en 1894, dans une seconde communication faite le 5 mars, que M. Moissan indique la préparation, au moyen du four électrique, d'un carbure de calcium bien défini, obtenu cristallisé, de densité = 2,22, et qu'il donne les propriétés de ce corps, parmi lesquelles on remarque la facilité avec laquelle ce carbure dégage de l'acétylène, lorsqu'il est mis au contact de l'eau.

#### BREVETS RELATIFS A L'ACÉTYLURE DE CALCIUM

Un mois avant le dépôt de cette note, M. Bullier, collaborateur de M. Moissan, avait pris, le 9 février 1894, un brevet ayant pour titre : *Procédé de préparation des carbures des métaux alcalino-terreux*. Dans ce brevet, M. Bullier donne les indications complètes pour la production des carbures métalliques et, en particulier, pour celle du carbure de calcium. En employant 56 de chaux vive et 36 de carbone, il obtient un carbure bien défini, répondant à la formule

$\text{CaC}^2$  et qui diffère de l'acétylène  $\text{C}^2\text{H}^2$  par le remplacement de deux atomes d'hydrogène par un atome de calcium. Ce carbure, ainsi défini exactement pour la première fois, est donc bien de l'*acétylure de calcium*.

Aux brevets de M. Bullier, on oppose souvent un brevet américain déposé le 9 août 1892 et accordé à M. Willson le 21 février 1893, ayant pour titre : *Réduction électrique des composés métalliques réfractaires*. Il est donc intéressant pour tous ceux qui s'occupent de la fabrication du carbure ou acétylure de calcium, d'avoir une analyse de ce brevet. La partie principale du brevet en question est relative à la fabrication de l'aluminium, ou plutôt du bronze d'aluminium, à l'aide d'un four électrique en tout point comparable aux fours Cowles et Héroult. La masse soumise à la température élevée due au courant électrique ne doit jamais être fondue. M. Willson revendique expressément l'addition d'un excès de charbon pour empêcher la formation de tout bain liquide qui, d'après lui, empêche le passage régulier du courant en créant une résistance inégale, et pour obtenir une masse frittée. Il fait ensuite tomber sur cette masse frittée du cuivre fondu qui entraîne l'aluminium en formant du bronze d'aluminium.

Dans ses revendications, M. Willson insiste surtout sur ce qu'il ne produit pas de bain de fusion. C'est la seule différence qui existe entre son procédé et celui des frères Cowles et de M. Héroult, et c'est là la base de son brevet.

Après avoir ainsi longuement décrit, en 450 lignes d'impression, la préparation du bronze d'aluminium, M. Willson complète la description de son brevet en appliquant son procédé à la préparation du baryum, du calcium, du manganèse, du strontium, du magnésium, du titane, du tungstène, du zirconium, et un mot seulement indique la production du carbure de calcium. Il ne donne ni la composition ni les proportions convenables à la préparation de ce produit. Ce carbure est donc de formule quelconque et peut correspondre à n'importe quel carbure d'hydrogène connu dans l'infinie variété des hydrocarbures. M. Willson n'indique même pas la décomposition du carbure par l'eau, il ne signale aucune de ses propriétés, ni aucune de ses applications industrielles.

C'est deux ans plus tard, en 1895, postérieurement, par conséquent, aux travaux de M. Moissan et au brevet de M. Bullier, que M. Willson fait une demande de brevet en Allemagne, dans laquelle il déclare que la production du carbure de calcium n'est possible qu'au



milieu d'une masse fondue. Voici comment il s'exprime dans sa demande de 1895 : « Jusqu'à ce jour on n'a pu se procurer le carbure de calcium que sous forme amorphe, inconvénient qui avait sa cause autant dans le mode de fabrication que dans la présence des impuretés que les procédés actuels sont incapables d'éliminer. Mon nouveau procédé permet d'obtenir le carbure de calcium sur une plus grande échelle et sous une forme nouvelle, c'est-à-dire à l'état d'une masse nettement cristallisée à irisation bleue ou pourpre. »

Sans vouloir nous prononcer sur la validité de tels ou tels brevets, nous pouvons conclure de cette revue historique que le carbure de calcium ou, pour parler plus exactement, l'*acétylure de calcium*  $\text{CaC}_2$  est un produit nouveau, *découvert en France* par M. Moissan, qui ne revendique que l'honneur scientifique de cette découverte, puisqu'il a laissé à d'autres le soin de l'exploiter industriellement.

---

## CHAPITRE II

# CARBURE DE CALCIUM

### PRÉPARATION

L'acétylure de calcium est obtenu au moyen du four électrique, grâce à l'énorme développement de chaleur dégagée par l'arc voltaïque.

Nous nous bornerons à décrire brièvement les principaux fours qui ont été employés jusqu'à ce jour pour la préparation du carbure, et que l'on peut grouper en deux catégories distinctes.

La première comprend les fours du type dont se sert M. Moissan, et dont le principe consiste à produire l'arc électrique au-dessus et à distance de la matière à chauffer. On peut classer dans la seconde catégorie les fours tels que celui de Cowles pour la préparation de l'aluminium et celui d'Acheson pour celle du carborundum, dont le principe consiste à intercaler entre les électrodes le corps à chauffer ; celui-ci forme un conducteur dont la résistance constitue une sorte de court circuit qui l'amène à l'incandescence.

L'application du premier procédé a été faite par M. Moissan dans des fours de laboratoire dont nous allons donner une description succincte.

Les figures 1 et 2 représentent un four à réverbère dont les électrodes sont mobiles pour permettre de raccourcir ou d'allonger l'arc à volonté. La partie inférieure du four est constituée par un bloc de chaux ou de carbonate de chaux taillé en forme de parallépipède régulier : il est percé en son milieu d'une cavité pour recevoir un creuset en charbon qui repose sur une couche de magnésie. La partie supérieure du bloc porte deux rainures où peuvent glisser les électrodes placées horizontalement. On introduit le mélange de coke et de chaux dans le creuset au-dessous des charbons des électrodes et on recouvre le tout d'un autre parallépipède dont la partie qui se trouve au-dessus de l'arc est légèrement creusée pour former réverbère. Les blocs sont

consolidés par de solides armatures en forte tôle qu'on a soin de maintenir à distance des électrodes pour éviter tout court circuit. Les électrodes sont d'abord rapprochées à 2 ou 3 centimètres l'une de l'autre. On établit le courant et on approche lentement l'une des électrodes jusqu'à ce que l'arc soit formé. Au commencement, on constate un dégagement d'acide cyanhydrique résultant de l'union de l'azote de l'air avec l'acétylène formé en présence de l'arc par la vapeur d'eau réagissant sur le carbone. La flamme prend une couleur pourpre et on sent une odeur pénétrante d'amandes amères. L'arc,

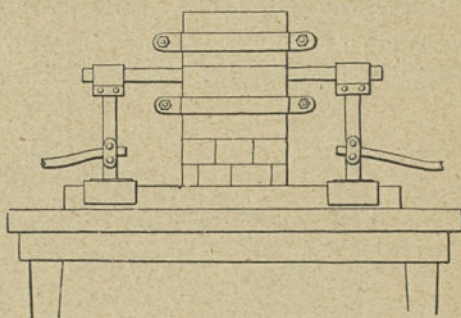


Fig. 1. — Four électrique de M. Moissan : élévation.

au début, est très instable et s'éteint très facilement si on écarte un peu trop les électrodes. Mais bientôt les vapeurs métalliques qui se dégagent augmentent la conductibilité de l'arc. On éloigne alors les électrodes en réglant leur écartement d'après les indications du volt-

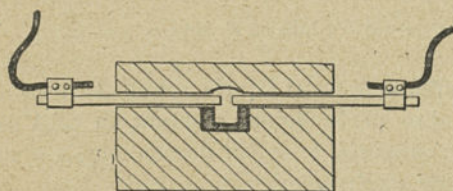


Fig. 2. — Four électrique de M. Moissan : coupe.

mètre et de l'ampèremètre et on maintient le courant aussi constant que possible de manière à réaliser le maximum de chaleur. La conductibilité du four est tellement faible qu'on peut appliquer la main sur le couvercle sans ressentir la moindre impression de chaleur.

Pour ses expériences, M. Moissan emploie également le four suivant (fig. 3) qui permet d'éviter l'action des gaz formés par la réaction de l'arc sur les produits chauffés. Dans le parallépipède inférieur est creusée une cavité dont les parois sont garnies de plaques alternées

de magnésie et de charbon; ces plaques sont au nombre de quatre : la magnésie est au contact de la chaux vive et le charbon à l'intérieur du four. Perpendiculairement aux électrodes et à un centimètre au-dessous de l'arc est disposé un tube horizontal de charbon, dont le diamètre varie de 5 à 40 millimètres : on l'isole des parois en chaux par une couche de magnésie.

Ce four peut servir de four électrique continu en inclinant le tube de charbon d'environ 30 degrés. En amenant par glissement un mélange d'oxydes métalliques et de charbon dans le tube, le mélange est

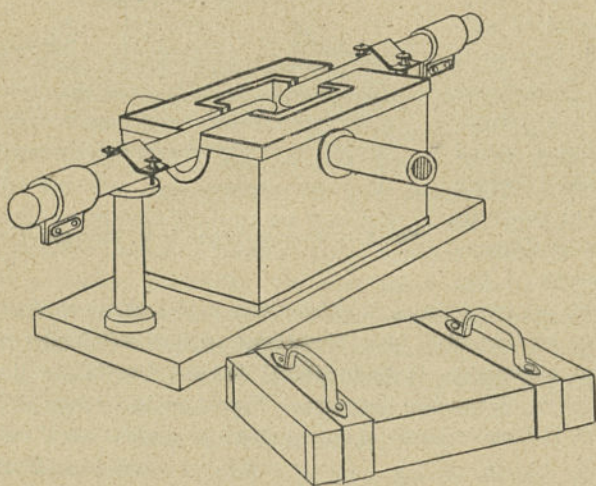


FIG. 3. — Four électrique à tube de M. Moissan.

réduit dans la partie chauffée et le métal liquide s'écoule facilement sur ce plan incliné. C'est ainsi que M. Moissan a obtenu un culot de chrome fondu de 2 kilogr. au moyen de ce four continu soumis à un courant de 60 volts et de 600 ampères.

Un four électrique industriel construit d'après le procédé employé par M. Moissan comporterait un massif en maçonnerie servant d'enveloppe, une sole et un dôme en matériaux aussi réfractaires que possible; ce four doit être muni, d'une part, d'ouvertures servant au passage des électrodes et, d'autre part, d'orifices de chargement et d'orifices de coulée.

Le deuxième mode employé pour obtenir l'action calorifique de l'arc

électrique est réalisé par l'appareil suivant (fig. 4) employé à Froges par la Société électro-métallurgique française, et dont nous emprunterons la description à l'*Éclairage électrique* du 4 avril 1896.

Ce four est monté sur quatre roulettes; il a la forme d'un parallépipède de  $1^m 80 \times 1^m 50 \times 1^m 50$ . Il est formé d'un bloc de graphite *a*, recouvert d'un revêtement extérieur en fonte et percé d'une cavité *d*, communiquant, à sa partie supérieure, avec un orifice de chargement *E* et, à sa partie inférieure, avec un trou de coulée *B*, placé en face d'une cuve *C* destinée à recueillir le carbure fondu. La masse du four forme l'électrode négative qui est isolée du sol par les roulettes; les conducteurs négatifs sont fixés par des boulons sur la paroi d'arrière du four. L'électrode positive est verticale; elle est formée par une tige de charbon *D* de 20 centimètres de côté, serrée par quatre griffes d'une mâchoire dont les deux flasques servent de point d'attache aux six câbles du conducteur positif. Cette mâchoire est solidaire d'une tige filetée et peut être soulevée ou abaissée au moyen d'un système d'engrenages *T*, *S*, *R* manœuvré par un volant. L'ouvrier qui déplace l'électrode est garanti contre le rayonnement du four par un écran en mica *H*.

On remplit le creuset du mélange de chaux et de coke, puis on abaisse progressivement l'électrode verticale de manière à échauffer la masse et à former ensuite un arc entre l'électrode et la masse contenue dans le creuset. L'ouvrier règle la position de cette électrode d'après les indications du voltmètre et de l'ampèremètre, en jugeant de l'état de la réaction par la grandeur et la couleur de la flamme. Quand cette réaction est sur le point d'être terminée, un ouvrier débouche le trou de coulée pendant qu'un autre recharge le creuset. L'électrode reste plongée dans ce creuset, le courant n'est pas inter-

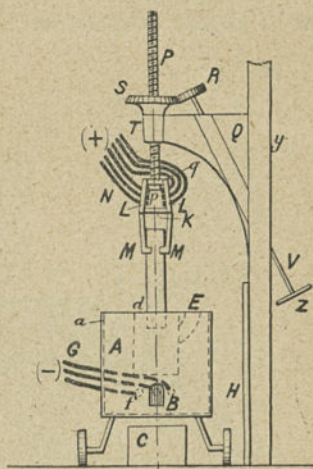


FIG. 4. — Four électrique de l'usine de Froges, pour la fabrication de l'acétylure de calcium.

rompu. La marche du four est donc continue, mais on procède par charges et coulées successives.

La figure 5 donne le dessin du four employé à l'usine de Spray (North-Carolina) par la Willson Aluminium Co. Il mesure intérieure-ment 0<sup>m</sup> 76 de large et 0<sup>m</sup> 92 de long.

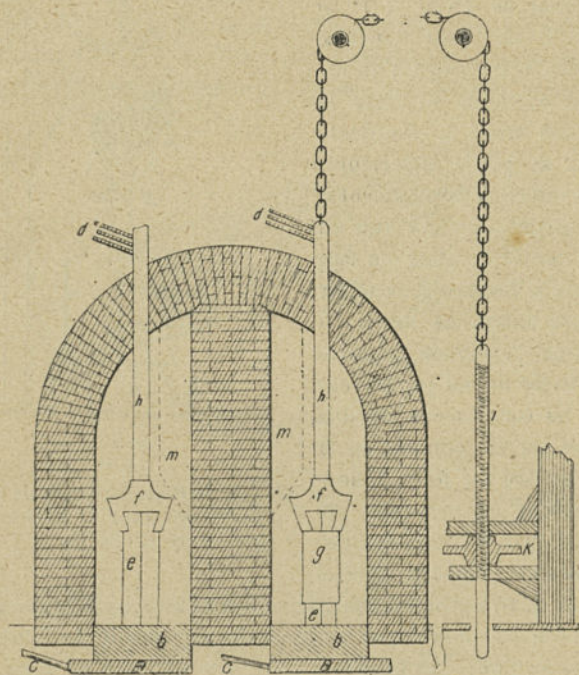


Fig. 5. — Four à carbure de calcium de l'usine de Spray.

- a* électrode inférieure ;
- b* plaque de fer couverte de 20 centimètres de carbone ;
- c* 16 câbles de 1<sup>cm</sup> 9 de diamètre reliés à l'électrode inférieure ;
- d* électrode supérieure, à laquelle sont attachés les 16 autres câbles ;
- e* 3 paires de crayons de carbone mesurant chacun 26 centimètres carrés sur 90 centimètres de longueur ;
- f* porte-charbon ;
- g* enveloppe en tôle ;
- h* tige de cuivre sur laquelle est vissé le porte-charbon, ayant une section de 19 centimètres carrés et servant d'attache aux câbles ;
- i* vis verticale formant l'extrémité d'une chaîne à laquelle est attachée la tige *h* ;
- k* roue manœuvrant l'écrou de la vis *i*.

Les figures 6 et 7 représentent la vue d'un nouveau four construit pour l'usine du Niagara, permettant de travailler d'une manière continue ; il a une certaine analogie avec le four de l'usine de Froges.

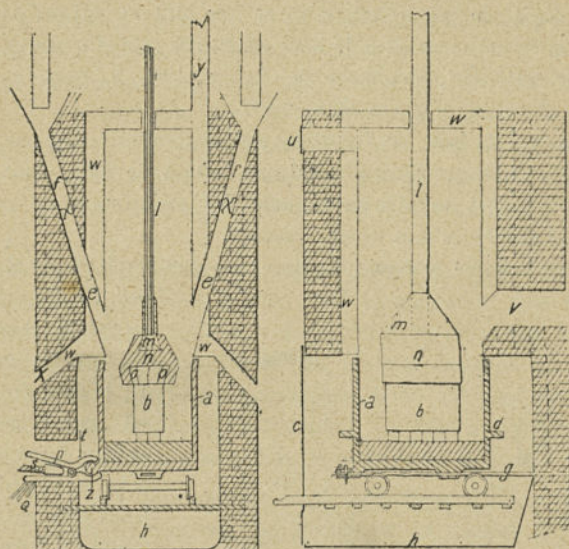


FIG. 6 et 7. — Nouveau four à carbure de calcium de l'usine du Niagara.

Il est constitué par un chariot en fer placé sur rails, dans lequel se forme le carbure de calcium. Quand il est rempli, on arrête le courant, on ouvre la porte C et on remplace le chariot plein par un chariot vide. Le mélange de chaux et de coke est introduit par les canaux *e* au moyen du distributeur *f* formé de quatre lames tournant automatiquement. Le chariot est soumis, au moyen de la barre *g*, à un mouvement de va-et-vient automatique, à raison de vingt secousses par minute, servant à tasser le mélange et à empêcher l'arc de s'établir sur un seul point.

L'électrode supérieure est formée de douze charbons qui sont introduits dans le porte-charbon *mn* relié à la tige *l*. Le fond du chariot forme l'électrode inférieure ; il est relié aux câbles *q* par la pince *p* qui enserme la partie *z*.

Le four est entièrement clos. La porte C est fermée ; la porte *u* est

laissée d'abord ouverte jusqu'à ce que l'oxyde de carbone formé par la réaction ait remplacé l'air contenu dans le four. Lorsque la flamme commence à sortir par cette porte, on la ferme à son tour et les gaz se dégagent dans la cheminée V, qui commence en dessus du chariot. De cette façon, le porte-charbon et sa tige sont en dehors des gaz chauds ; la partie supérieure du four est encore refroidie par un courant d'air froid qui, pénétrant par les conduits X, passe par les gaines W et s'échappe par la cheminée Y.

Dans ce type de four, les électrodes sont entourées de gaz non oxydants ; ceux-ci les protègent ainsi contre l'action de l'air, dont l'attaque est surtout à craindre au moment des interruptions de courant lorsque ces électrodes sont encore chaudes.

La figure 8 donne le dessin du four à carbure employé par M. Bullier.

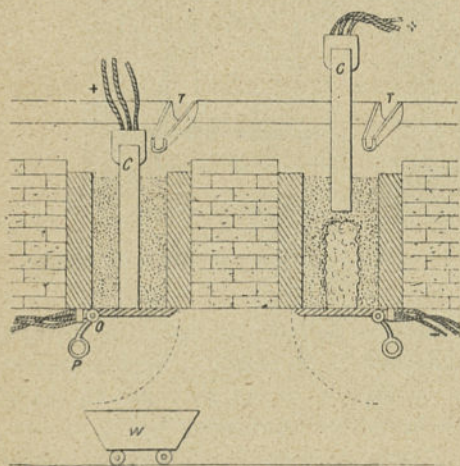


FIG. 8. — Four Bullier.

Le mélange est introduit dans le four par les trémies T ; le fond du creuset peut basculer autour d'une charnière *o* ; un contre-poids *p* le maintient fermé ; il forme l'électrode inférieure.

L'électrode supérieure touche d'abord le fond du creuset et est soulevée à mesure que le carbure se forme. Quand la fusion s'est propagée jusqu'en haut du mélange, on défourne dans

un wagonnet *w* et on recharge par les trémies T après avoir redescendu le charbon *c*.

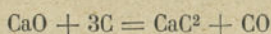
On peut enfin employer, pour la fabrication du carbure de calcium, des fours électriques à fusion continue. Nous citerons à titre d'exemple, d'après la *Revue de Chimie industrielle*, l'appareil suivant imaginé par M. Vincent, de Philadelphie.



A la partie inférieure d'un canal horizontal se trouvent plusieurs blocs de charbon fixes formant l'une des électrodes ; à la partie opposée, dans une ouverture verticale, est installée l'autre électrode, consistant en un bloc rectangulaire de charbon maintenu dans une armature verticale qu'on lève ou qu'on abaisse au moyen d'un treuil, au fur et à mesure de la consommation de ce charbon : il est baissé de façon à maintenir les deux électrodes à une même distance et on arrive à la régularisation par l'intermédiaire d'un solénoïde. Le bon fonctionnement exige, entre autres choses, la fermeture hermétique de l'armature verticale pour éviter que, par introduction d'une forte quantité d'air, le charbon des électrodes ne se consume trop rapidement.

Le minerai, ou la matière à traiter, est pulvérisé finement et introduit dans un entonnoir à trémie placé latéralement ; une vis d'alimentation le pousse à travers le canal entre les électrodes. La transformation effectuée, les matières non fondues amenées par le haut poussent la partie fondue dans une fosse où elle est maintenue à une haute température jusqu'à enlèvement. Ce four convient parfaitement, paraît-il, pour la fabrication du carbure de calcium.

Au point de vue chimique, les proportions 56 de chaux et 36 de carbone pour la préparation, au four électrique, du carbure de calcium, que nous avons indiquées plus haut, correspondent à la réaction chimique suivante :



Le mélange de chaux et de charbon entre en fusion, le calcium résultant de la réduction de la chaux s'unit au carbone, et l'oxyde de carbone s'enflamme au contact de l'air en donnant de l'acide carbonique.

M. Bullier, dans son brevet, insiste spécialement sur ce fait que le carbure peut être fabriqué industriellement à un prix qui est fonction de la force motrice nécessaire pour engendrer le courant électrique, et qu'il peut ainsi en obtenir des quantités considérables susceptibles de fournir ensuite de l'acétylène à un prix abordable. Ce fait a été vérifié par M. Frölich qui, dans le Congrès annuel de la Société allemande d'électro-chimie, tenu en 1895, faisait remarquer que, dans les essais effectués par la maison Siemens et Halske, on a toujours constaté une constance remarquable du rapport de la quantité de carbure produite à l'énergie employée.

PRIX DE REVIENT

En l'état actuel des choses, la fabrication industrielle de l'acétylure de calcium n'est possible que si l'on dispose d'une force motrice à très bas prix. En dehors des usines qui sont forcées, par le genre même de leur travail, de laisser perdre de la vapeur, et qui pourraient l'utiliser pour produire de l'acétylure de calcium, il faut évidemment avoir recours aux chutes d'eau pour créer l'énergie nécessaire à la marche des fours électriques.

Le rendement actuel de ces fours est, en moyenne, de 4 *kilogr. de carbure par cheval et par jour*; il atteint rarement 6 *kilogr.* Tout chiffre supérieur, tel que celui qui est annoncé par les fabricants américains, doit, pour le moment, être considéré comme exagéré.

On peut compter que les chutes d'eau sont payées à raison de 100 francs par cheval-an. Avec le rendement moyen qui vient d'être établi, la force motrice nécessaire reviendrait ainsi à 7 fr. 50 par 100 *kilogr.* de carbure.

Nous admettrons le même chiffre pour l'achat des matières premières et pour la main-d'œuvre, et nous estimons à cette même somme, soit à 7 fr. 50, l'entretien et l'amortissement du matériel. En effet, les fours ont besoin de réparations fréquentes, les électrodes en charbon s'usent très vite dans les fours employés jusqu'ici (1), l'entretien des premiers et le renouvellement des secondes grèvent, dans une proportion notable, le prix de revient du carbure. Ce prix de revient, avec cette estimation approximative, s'établit donc ainsi par 100 *kilogr.* :

Force motrice . . . . .	Fr.	7 50
Matières premières et main-d'œuvre. . . . .		7 50
Entretien et amortissement des appareils et installations. . . . .		7 50
	Fr.	<u>22 50</u> les 100 <i>kilogr.</i>

Soit 225 francs la tonne de carbure.

---

(1) Il nous a cependant été assuré par certaines personnes qui font actuellement des essais d'un nouveau modèle de four, que les électrodes en charbon se conservaient intactes, parce qu'elles étaient protégées par une couche d'acétylure de calcium qui ne tardait pas à les entourer.

Ce prix est certainement susceptible de diminution.

On parviendra à atténuer l'usure des appareils et à réduire les frais d'entretien ; le coût de la force hydro-électrique pourra sans doute être abaissé également. Dans ces conditions, il est permis d'espérer que le prix de revient du carbure descendra au-dessous de 200 francs la tonne, et que le prix de vente, qui est actuellement de 400 francs pour des quantités supérieures à une tonne, s'abaissera également. Pour le commerce, le prix de la tonne est de 550 francs pour moins de 100 kilogr. et de 500 francs pour plus de 100 kilogr.

### Usine de Spray.

Le prix de revient du carbure établi plus haut se trouve vérifié par le rapport de MM. Houston, Kennelly et Kinnicutt, publié dans le numéro du journal *Progressive Age*, du 15 avril 1896. Ce rapport donne les résultats obtenus pour la fabrication du carbure de calcium, à l'usine de Spray (North Carolina), installée par la Willson Aluminium Company ; les renseignements qui y sont contenus nous ont paru assez intéressants pour que nous en donnions ici une analyse détaillée.

L'installation comprend essentiellement deux fours électriques destinés à la production du carbure, recevant un courant d'environ 100 volts et 1 600 ampères, fourni par deux groupes de huit transformateurs à courant alternatif.

Le courant primaire est fourni à ces transformateurs par deux alternateurs à 14 pôles du type Thomson-Houston, d'une puissance totale de 240 kilowatts, tournant à une vitesse de 1 070 tours par minute et donnant, à pleine charge, une tension maximum de 1 150 volts.

Chacun de ces alternateurs est excité par une génératrice Thomson-Houston de 110 volts et de 18 ampères dont la vitesse est de 2 500 tours par minute.

Ils sont reliés directement à une turbine pouvant donner 300 chevaux-vapeur sous une chute de 8<sup>m</sup> 50, à raison de 206 tours par minute.

Le courant secondaire des transformateurs aboutit à chacun des fours au moyen de 16 câbles en cuivre dont 8 servent pour l'électrode supérieure et 8 pour l'électrode inférieure.

Les deux fours sont placés côte à côte. A leur base se trouve une

plaque épaisse de fer sur laquelle reposent deux plaques de charbon, une pour chaque four, qui forment les électrodes inférieures ; leur renouvellement se fait de temps en temps au moyen des électrodes supérieures partiellement consumées.

L'électrode supérieure, pour chaque four, est formée d'un gros bloc de charbon ayant une section de 30 centimètres sur 20 centimètres et une longueur de 90 centimètres, constitué par trois paires de charbons ayant chacun une section de 10 sur 10, une longueur de 90 centimètres et pesant approximativement 13 kilogr. L'électrode est protégée par un cadre en fer. Les interstices entre le cadre et les charbons sont remplis d'un mélange chaud de coke pulvérisé et de poix, de manière que l'électrode forme une masse compacte en contact intime avec le cadre en fer. L'électrode est suspendue verticalement à une tige de cuivre qui traverse le toit du four et qu'on peut faire monter ou descendre au moyen d'un mouflage placé sur le côté du four.

Les matières servant à la fabrication du carbure de calcium sont la chaux, le coke et, incidemment, le charbon des électrodes.

Voici les analyses données dans le rapport précité :

*Analyse de la chaux.*

	<u>I</u>	<u>II</u>
Eau et CO <sup>2</sup> . . . . .	4,55	4,02
Silice . . . . .	0,28	0,34
Acide phosphorique . . . . .	0,014	0,015
Alumine et oxyde de fer . . . . .	1,580	1,64
Chaux . . . . .	88,86	89,00
Magnésie . . . . .	4,27	4,38
Alcalis, acide sulfurique, pertes . . . . .	0,446	0,605
	<u>100,000</u>	<u>100,000</u>

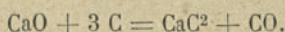
*Analyse du coke.*

Eau . . . . .	0,40	0,50
Cendres . . . . .	8,60	8,50
Soufre . . . . .	0,48	»
Phosphore . . . . .	0,0055	»
	<u>9,4855</u>	<u>9,00</u>

Le coke et la chaux sont préalablement broyés, pulvérisés et mélangés ensuite en proportions convenables.

La chaux est pulvérisée assez fin pour passer à travers un tamis à 20 mailles et le coke est pulvérisé de façon à passer à travers un tamis

à 50 mailles. Les proportions employées sont celles qui sont indiquées par MM. Moissan et Bullier, conformément à la réaction



c'est-à-dire, 56 parties en poids de chaux pour 36 parties de carbone, et dont la combinaison doit produire 64 parties de carbure de calcium. Le mélange théorique doit donc renfermer 60,87 % de chaux et 39,13 % de carbone.

Quelques pelletées du mélange sont jetées sur la sole du four et on établit le courant pour faire jaillir l'arc entre les deux électrodes. Au début, la tension et l'intensité du courant aux bornes du four présentent une grande instabilité, mais, au bout d'un quart d'heure, ils deviennent à peu près constants et se fixent respectivement aux environs de 100 volts et de 1 600 ampères.

Deux essais effectués par MM. Houston, Kennelly et Kinnicutt ont donné les résultats suivants :

#### PREMIER ESSAI.

Le courant primaire était de 1 000 volts et de 156 ampères correspondant approximativement à un courant secondaire de 1 560 ampères à la tension moyenne de 100 volts. En fait, l'essai a duré trois heures; pendant ce laps de temps, l'énergie fournie par le courant primaire a été de 454,8 kilowatts-heure ou de 606,7 chevaux-heure représentant une puissance de 151,6 kilowatts ou de 202,3 chevaux. En admettant une perte de 5 % aux transformateurs, l'énergie totale fournie au four électrique a été de 432,1 kilowatts-heure ou de 579,2 chevaux-heure, correspondant à une puissance de 144 kilowatts ou de 193,1 chevaux.

#### DEUXIÈME ESSAI.

Dans un deuxième essai ayant duré deux heures quarante minutes, l'énergie totale fournie par le courant primaire des transformateurs a été de 408,9 kilowatts-heure ou 548,1 chevaux-heure, correspondant pour le courant secondaire, à raison de 5 % de perte, à une énergie totale de 388,5 kilowatts-heure ou de 520,7 chevaux-heure, ce qui représente une puissance électrique de 145,7 kilowatts ou de 195,3 chevaux.

Pendant la réaction, l'arc électrique est maintenu à une longueur d'environ 7 à 8 centimètres. Le mélange de chaux et de coke qui est immédiatement au-dessous de l'électrode supérieure est graduellement converti en carbure de calcium fondu. Ce bain de carbure tend à remplir l'espace compris entre les deux électrodes, de sorte que, pour maintenir l'arc électrique, il est nécessaire de relever l'électrode supérieure, ce qui permet à une nouvelle quantité du mélange placée sur les côtés de tomber au centre de l'arc et d'entrer en réaction. De temps en temps, on lance dans le four quelques pelletées du mélange frais.

L'électrode supérieure est entourée de flammes dues à la combustion de l'oxyde de carbone, et colorées par du calcium volatilisé. On continue à relever successivement l'électrode supérieure en se réglant sur les indications du voltmètre et de l'ampèremètre. Quand elle a été relevée sur une longueur d'environ 75 centimètres, on cesse l'addition de nouvelles quantités du mélange et on attend que les dernières portions ajoutées aient subi une réaction suffisante. On interrompt alors le courant en le dirigeant dans le second four voisin et l'on attend que le premier se soit assez refroidi pour permettre l'extraction du carbure sous forme solide. La masse du carbure a, en gros, la forme d'un prisme vertical de section triangulaire. Sa surface est recouverte d'une croûte formée de charbon, de chaux, de carbonate de chaux et de carbure de calcium. En-dessous de cette croûte est la masse de carbure dont l'intérieur reste encore fluide plusieurs heures après la cessation du courant.

Une tonne américaine du mélange (907 kilogr.), renfermant 544 kilogr. de chaux et 363 kilogr. de coke, s'est trouvée réduite après le mélange et le transport :

Pour le premier essai, à 86½ kilogr. contenant :

Chaux . . . . .	%.	52,32
Carbone . . . . .		37,30
Résidus, oxydes, CO <sup>2</sup> , eau, etc. . . . .		10,38
		<u>100,00</u>

Pour le deuxième essai, à 858 kilogr. contenant :

Chaux . . . . .	%.	54,50
Carbone . . . . .		35,97
Résidus, oxydes, CO <sup>2</sup> , eau, etc. . . . .		9,53
		<u>100,00</u>

RÉSUMÉ DES DEUX ESSAIS.

	I.	II.
Poids des matières mélangées. . . Kilogr.	907	907
Poids introduit au four. . . . .	864	858
Poids retiré du four . . . . .	708	745
Mélange non utilisé . . . . .	605	653
Carbure brut . . . . .	103	92
lequel	5	5
est formé de { Croûte . . . . .		
{ Carbure net. . . . .	98	87
Durée de l'essai . . . . . Heures.	3	2,40 m.
Énergie dépensée au four en chevaux-heure.	579,2	520,7
Énergie dépensée en cheval-jour. . . . .	24,13	21,7

D'où, par jour, en moyenne :

Poids de carbure brut par cheval-heure. . . Kilogr.	0,178
— net . . . . .	0,169
— brut par cheval-jour . . . . .	4,270
— net . . . . .	4,050

Ces résultats sont des plus intéressants à examiner : ils montrent que la production du carbure de calcium a lieu avec un véritable excès de matière première, puisque sur 864 kilogr. de mélange introduit au four, on ne retire que 103 kilogr., soit 12 %, de carbure brut, et 98 kilogr., soit 11,3 %, de carbure net. La quantité de mélange non convertie en carbure s'élève à 70 % et 76 % de la charge. Pour 100 du mélange introduit au four électrique, on obtient :

Mélange non converti en carbure . . . . .	70	76
Perte au four . . . . .	18	13,3
Carbure brut formé . . . . .	12	10,7
	<u>100</u>	<u>100,0</u>

Le mélange non transformé en carbure est enlevé du four. Il peut, il est vrai, servir pour une nouvelle charge ; mais comme une partie du charbon a été oxydée et enlevée à l'état de CO<sup>2</sup>, il faut ajouter une petite quantité de carbone frais sous forme de charbon de bois pulvérisé, pour maintenir la proportion primitive des éléments.

Ainsi que le montre le tableau précédent, la quantité moyenne de carbure net obtenu par cheval et par jour, dans chaque four électrique, est de 4 kilogr. C'est le rendement qui avait été indiqué par M. Bullier. On est loin du rendement annoncé au début par les Américains.

Les échantillons de carbure obtenus, traités par l'eau, ont donné, par kilogr., respectivement 290 et 307 litres d'acétylène mesurés à

15° et la pression de 760 millimètres; on sait qu'un kilogr. de carbure donne théoriquement 340 litres à 0° et 760 millimètres. On peut donc compter sur un rendement pratique de 300 litres par kilogr. de carbure.

Pour produire 1 kilogr. de carbure brut, il faut compter sur une consommation de 1<sup>kg</sup> 125 de coke et de 1<sup>kg</sup> 335 de chaux.

Déterminons, d'après ces résultats, ce qu'on aurait à dépenser pour une production journalière d'une tonne de 1 000 kilogrammes :

1° MATIÈRES PREMIÈRES.

	Quantité.	Prix.
	kilogr.	francs
Coke 1 000 × 1,125 . . . . . =	1.125	
Soit, à raison de 25 francs la tonne à pied d'œuvre .		28,10
Chaux, 1 000 × 1,335 . . . . . =	1.335	
Soit, à raison de 31 fr. 50 la tonne à pied d'œuvre .		42,05
On évalue, en outre, la consommation journalière de charbons, pour les électrodes supérieures, à . . .		<u>4,30</u>
Le prix de revient des matières premières, par jour et par tonne de carbure brut, sera de . . . . .		74,45
A ce chiffre, on ajoute une somme annuelle d'environ 800 francs, représentant l'approvisionnement courant, les déchets, etc., soit par jour . . . . .		<u>2,10</u>
		<u><u>76,55</u></u>

2° FORCE MOTRICE.

La force hydraulique à Spray est comptée à la turbine, à raison de 25 francs seulement par cheval-an. Le rendement des alternateurs étant de 88 %, celui des transformateurs de 95 %, le rendement électrique net est de 83,6 %, ce qui établit le prix de revient du cheval électrique, aux bornes du four, à 30 francs. L'énergie développée par le courant primaire était, en moyenne, de 203,2 chevaux; celle qui a été produite à la turbine est de  $\frac{203,2}{0,88} = 230,7$ . Si on y ajoute la force nécessaire pour les broyeurs, cylindres malaxeurs et les transmissions, etc., évaluée à 15 chevaux, l'énergie totale empruntée à la turbine est de 245,7 chevaux, dont le coût annuel est de  $25 \times 245,7 = 6\,147$  fr. 50, et le coût journalier de  $\frac{6\,147,50}{365} = 16$  fr. 85.



3° MAIN-D'ŒUVRE.

On compte :

1 directeur à 20 francs par jour . . . . .	Fr.	20 »
3 équipes d'ouvriers travaillant chacune 8 heures par jour. . .		36 »
	Fr.	<u>56 »</u>

4° COUT DE L'USINE.

Le prix compté pour l'usine de Spray serait de 60 000 francs, se décomposant ainsi :

Terrains . . . . .	Fr.	500 »
Constructions . . . . .		6.200 »
Turbine. . . . .		14.500 »
Installation électrique . . . . .		30.000 »
Transmissions. . . . .		1.000 »
Broyeur et moulin. . . . .		5.100 »
Cylindres mélangeurs . . . . .		1.200 »
Fours. . . . .		800 »
Outillage . . . . .		500 »
	Fr.	<u>59.800 »</u>

Soit au total 60 000 francs, dont l'amortissement à 5 % représente une dépense, par an, de 3 000 francs, et par jour de . . . . . Fr. 8,22

On compte, comme dépréciations et réparations, pour l'installation électrique et la turbine, 5 % de leur valeur, soit, par jour . . . . . 6,10

Pour la construction, les transmissions, les cylindres et broyeurs, 6 %, soit, par jour . . . . . 2,25

Pour les fours, 20 %, soit, par jour. . . . . 0,10

Fr. 16,67

A ce chiffre s'ajoute la somme à payer pour les impôts, comptés à raison de 500 francs, soit, par jour . . . . . 1,37

Fr. 18,04

RÉCAPITULATION.

En récapitulant les diverses dépenses évaluées précédemment, on trouve ainsi que le prix de revient de la tonne de carbure se décompose de la manière suivante :

Matières premières . . . . .	Fr.	76,55
Force motrice. . . . .		16,85
Main-d'œuvre . . . . .		56 »
Intérêt et amortissement de l'installation complète de l'usine . . . . .		<u>18,04</u>
Prix de la tonne de carbure . . . . .	Fr.	<u>167,44</u>

Ce prix doit être modifié suivant les conditions locales : ainsi, la location de la force motrice, comptée ici à 23 francs le cheval-an, revient, en Suisse, à 100 francs ; la dépense de ce chef serait, par jour, dans ce cas, de 67 fr. 40 au lieu de 16 fr. 85, soit une augmentation de 50 fr. 55 par jour et par tonne. Mais le prix des matières premières peut aussi varier considérablement et être notablement inférieur à celui qui a été admis dans le rapport américain.

En résumé, on peut compter que le prix de revient d'une tonne de carbure de calcium, dans les conditions actuelles, est d'environ 200 francs.

#### PROPRIÉTÉS DU CARBURE DE CALCIUM

Le carbure de calcium est un corps solide, cristallisé, gris noirâtre mordoré, de densité 2,22, renfermant 66,5 % de calcium et 27,5 de carbone.

Le carbure industriel contient quelquefois des parcelles de chaux et surtout de graphite emprisonnées dans la masse et jouant, en présence de l'eau, le rôle de corps inertes. Il peut, évidemment, contenir d'autres impuretés. En effet, le carbonate de chaux naturel renfermant de la silice, du phosphate et du sulfate de chaux, le charbon pouvant renfermer des sulfures et des arséniures, il peut se produire au four électrique des phosphore, arséniure, sulfure et siliciure de calcium. Mais ces corps ne doivent s'y trouver qu'à l'état de traces, car, en raison de la haute température du four, ils doivent se dissocier et perdre la majeure partie du phosphore, de l'arsenic, du soufre, et même du silicium qui se volatilise dans ces conditions (1).

Il en résulte qu'en traitant par l'eau le carbure de calcium bien fabriqué, en même temps qu'il se forme de l'acétylène, il ne doit se trouver dans ce gaz que des traces de phosphore, arséniure, sulfure, siliciure d'hydrogène. En effet, l'analyse d'un gaz formé avec du carbure de bonne qualité nous a donné 99,5 % de gaz absorbable par le chlorure de cuivre ammoniacal qui est le réactif caractéristique de l'acétylène.

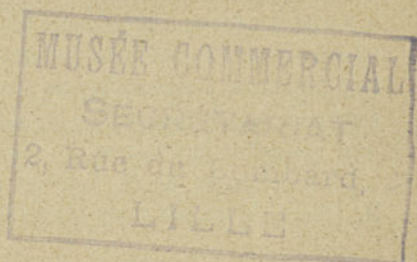
---

(1) M. Moissan a fabriqué du carbure de calcium en partant non seulement de la chaux, mais encore d'un sel quelconque de chaux, carbonate, sulfate et phosphate de chaux. Même avec ce dernier, il a pu obtenir un carbure exempt de phosphore.

La théorie montre que 1 kilogr. de carbure se combine à 562 grammes d'eau, pour donner naissance à 1 156 grammes de chaux hydratée et à 406 grammes d'acétylène, représentant un volume de 340 litres de gaz à 0° et sous la pression de 760 millimètres. En même temps, il se produit un dégagement de chaleur d'autant plus considérable que la quantité d'eau réagissant sur le carbure est plus limitée. Nous en verrons les inconvénients lorsque nous parlerons des propriétés de l'acétylène.

La chaux formée foisonne en occupant un volume beaucoup plus considérable que le carbure lui-même.

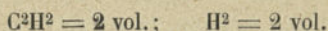
Le nombre de litres d'acétylène dégagé est très variable selon la qualité des carbures industriels : il en existe qui ne rendent que 250 litres au kilogramme. Le gaz obtenu par la réaction de l'eau est plus ou moins riche en acétylène suivant la nature des matières employées. En outre des impuretés qui viennent d'être signalées, on y constate la présence de l'ammoniaque, de l'azote et parfois de l'oxyde de carbone. Avec certains carbures, la totalité de ces impuretés peut s'élever jusqu'à 4 %.



## CHAPITRE III

### ACÉTYLÈNE

L'acétylène, dont la formule atomique est  $C^2H^2$ , est un gaz incolore doué d'une odeur alliagée, d'une densité égale à 0,92, et renfermant en poids 92,3 parties de carbone et 7,7 d'hydrogène. C'est l'hydrocarbure le plus riche en carbone et le seul qui renferme son propre volume d'hydrogène sans condensation :



Il a été liquéfié pour la première fois par M. Cailletet. C'est en étudiant attentivement les conditions de liquéfaction de l'acétylène que M. Cailletet fut amené à reconnaître les effets de la détente brusque du gaz comprimé et la formation d'un brouillard, et qu'il les appliqua ensuite pour réaliser la liquéfaction des gaz jusqu'alors réputés permanents.

Les expériences de M. Cailletet ont été reprises, en 1895, par M. Villard; le tableau ci-après résume les résultats obtenus :

Température.	Pression en atmosphères.	Observations.
— 90	0,69	État solide.
— 85	1	Id.
— 81	1,25	Point de fusion.
— 70	2,22	État liquide.
— 60	3,55	Id.
— 50	5,3	Id.
— 40	7,7	Id.
— 23,8	13,2	Id.
— 0	26,05	Id.
+ 5,8	30,3	Id.
+ 11,5	34,8	Id.
+ 15	37,9	Id.
+ 20	42,8	Id.
+ 37	68	Pression critique.

L'eau et le sulfure de carbone dissolvent environ leur volume d'acétylène, le pétrole en absorbe 1,5, l'essence de térébenthine 2 volumes, l'alcool absolu près de 6 volumes.

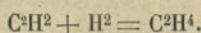
Les propriétés de l'acétylène ne sont bien connues que depuis 1862, grâce aux beaux travaux de M. Berthelot sur ce gaz.

M. Berthelot en a réalisé la synthèse par l'union directe du carbone et de l'hydrogène à la température élevée de l'arc voltaïque. Les deux crayons amenant le courant d'une pile de 40 à 50 éléments Bunsen étaient disposés au centre d'un ellipsoïde en verre dans lequel il faisait passer un courant d'hydrogène pur et sec. Dès que l'arc jaillit, l'acétylène se forme et c'est le seul produit de la réaction. Tant que la température se maintient au-dessous du blanc éblouissant, il ne se forme pas, non plus qu'avec les moyens de chauffage ordinaires les plus intenses. L'acétylène est le seul carbure d'hydrogène qui ait ainsi pu être obtenu par synthèse directe de ses éléments.

Le caractère distinctif de l'acétylène est de former dans la solution ammoniacale de chlorure cuivreux,  $\text{Cu}^2\text{Cl}_2$ , un précipité caractéristique rouge marron, appelé improprement de l'acétylure de cuivre, car il renferme de l'oxygène et serait une combinaison d'acétylène et d'oxyde cuivreux  $\text{C}^2\text{H}^2$ ,  $\text{Cu}^2\text{O}$  (1).

La réaction est assez sensible pour déceler  $\frac{1}{200}$  de milligramme d'acétylène mélangé à 50 ou 100 centimètres cubes d'hydrogène sec. L'acétylure de cuivre humide est un corps qui s'oxyde avec la plus grande facilité. Pour le recueillir, il faut laver le précipité à l'eau ammoniacale tiède, jusqu'à ce que les eaux de lavage ne se colorent plus à l'air. En attaquant l'acétylure de cuivre par l'acide chlorhydrique dilué, il se reforme du chlorure cuivreux et l'acétylène est régénéré à l'état de pureté. L'acétylure de cuivre détone par le choc ou quand on le chauffe vers 100 ou 120°, en produisant de l'eau, du cuivre, du carbone, de l'acide carbonique et des traces d'oxyde de carbone. On attribue à la production d'acétylure de cuivre les propriétés explosives des dépôts formés dans les tuyaux de cuivre servant à la conduite du gaz d'éclairage, qui est toujours mélangé plus ou moins de produits ammoniacaux.

L'hydrogène naissant s'unit à l'acétylène pour former de l'éthylène

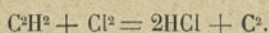


---

(1) En outre de ce corps, appelé aussi *oxyde de cuprosacétyle*, on connaît un autre acétylure moins important  $\text{C}^2\text{H}^2\text{Cu}^2\text{Cl}$ , appelé *chlorure de cuprosacétyle*.

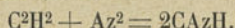
Cette réaction a été proposée pour la synthèse de l'alcool au moyen de l'acide éthylsulfurique.

La réaction du chlore sur l'acétylène est très sensible et se produit avec explosion sous l'action de la lumière : il se forme de l'acide chlorhydrique et un dépôt de charbon



M. Moissan l'obtient sans danger en jetant un petit morceau de carbure dans un verre contenant de l'eau de chlore concentrée.

L'action de l'arc ou de l'étincelle électrique sur un mélange à volumes égaux d'acétylène et d'azote donne lieu à la formation d'acide cyanhydrique. En même temps, l'acétylène est décomposé en ses éléments, carbone et hydrogène. On évite cette réaction accessoire en ajoutant au mélange un excès d'hydrogène : 10 volumes pour 1 volume d'azote et 1 volume d'acétylène; dans ces conditions, il ne se produit plus que de l'acide cyanhydrique



Cette réaction est limitée par la réaction inverse de l'étincelle électrique sur l'acide cyanhydrique. Pour arriver à la transformation complète du mélange, il faut éliminer cet acide au fur et à mesure de sa production, en l'absorbant par une solution alcaline; on obtient ainsi un cyanure.

#### CIRCONSTANCES DE PRODUCTION DE L'ACÉTYLÈNE.

On constate la formation de l'acétylène dans un grand nombre de circonstances :

1° Toutes les fois qu'on fait passer dans un tube chauffé au rouge l'éthylène, les vapeurs d'alcool, d'éther, d'esprit de bois et de pétrole, etc. ;

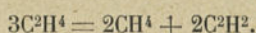
2° Lorsque la vapeur d'un composé organique quelconque, mélangée à de l'hydrogène, est traversée par une série d'étincelles. Ainsi le gaz des marais, soumis à l'étincelle d'une forte bobine de Ruhmkorff, donne de l'acétylène en même temps qu'il se sépare du carbone et de l'hydrogène ;

3° Toutes les fois qu'un composé organique est enflammé au contact de l'air et brûle avec production de noir de fumée. Ainsi la combustion incomplète de l'éthylène, de l'éther, de la benzine, des pétroles légers, de l'essence de térébenthine, de la naphthaline, des corps gras, donne de l'acétylène.

M. Yungfleisch a utilisé la combustion incomplète du gaz d'éclairage pour la préparation commode de l'acétylène dans les laboratoires avant la découverte du carbure de calcium.

On fait brûler *en dedans* un bec Bunsen ordinaire et sur la cheminée du bec on adapte un tube recourbé, refroidi par un courant d'eau, qui permet au gaz résultant de la combustion incomplète, de se rendre dans des flacons de Woolf remplis d'une solution de chlorure de cuivre ammoniacal. Le rendement en acétylène est supérieur si on renverse la flamme et si la combustion a lieu à la surface d'un jet d'air pénétrant dans une atmosphère de gaz.

M. le professeur Vivian B. Lewes, de Londres, a montré, en 1893, que toutes les flammes d'hydrocarbures renferment de l'acétylène. A cet effet, il fait pénétrer, dans la partie obscure de la flamme, un cône de platine permettant d'aspirer les gaz formés à l'intérieur et de les faire passer dans une dissolution de chlorure de cuivre ammoniacal. Il constate ainsi dans les flammes du gaz, d'une bougie, d'une lampe à alcool, la présence de l'acétylène. Dans une étude sur l'influence de la chaleur sur un courant d'éthylène, il montre que ce gaz se transforme, non pas en formène et en carbone, comme on l'admettait depuis Davy pour expliquer son pouvoir éclairant, mais en formène et en acétylène, d'après l'équation



Il démontre, en outre, que, dans la flamme, juste avant que l'éclairage commence, la proportion des hydrocarbures non saturés qui se transforment en acétylène s'élève jusqu'à 80 %.

L'acétylène, d'après le professeur Lewes, joue donc un rôle essentiel dans l'éclairage. Toutes les flammes d'hydrocarbures en produisent et leur pouvoir éclairant est proportionnel à la quantité d'acétylène formée à la fin de la zone non éclairante, pourvu, bien entendu, que l'on atteigne la température limite à laquelle se forme l'acétylène.

#### DÉCOMPOSITION DE L'ACÉTYLÈNE.

La synthèse directe de l'acétylène à la température élevée de l'arc voltaïque tendrait à faire croire que ce gaz est très stable. En fait, chauffé dans une cloche courbe jusqu'au ramollissement du verre pendant une demi-heure, il est décomposé; la majeure partie est transformée en produits liquides polymères de l'acétylène,  $m(C^2H^2)$ ,

qui paraissent renfermer notamment de la benzine, du styrol, etc., avec des traces de naphthaline et de charbon. Le résidu gazeux, au plus égal au cinquième du volume initial, se compose d'hydrogène, d'éthylène et d'un peu d'acétylène non décomposé.

L'acétylène, passant dans un tube de porcelaine chauffé au rouge vif, se décompose presque complètement en charbon et en hydrogène mêlé à un dixième de son volume d'éthylène et de formène.

L'étincelle d'induction produit le même effet que la chaleur : au bout de dix à quinze heures, si on opère sur 10 centimètres cubes de gaz, il ne reste plus d'acétylène, qui est remplacé par de l'hydrogène; en même temps, il se forme un dépôt de charbon entre les deux fils de platine.

M. Berthelot a encore décomposé l'acétylène en ses éléments au moyen d'un choc violent produit par la détonation d'une petite cartouche de fulminate dans un eudiomètre à verre très épais. Au moment de la détonation du fulminate produite par l'étincelle électrique, l'acétylène se décompose en hydrogène et en carbone dont les particules sont portées à l'incandescence et se déposent aussitôt sur les parois de l'eudiomètre. Le choc est tellement instantané que la chaleur est exclusivement absorbée par les particules de carbone sans se transmettre au papier de la cartouche dont les plus petites parcelles sont à peine attaquées.

M. Berthelot a déterminé la chaleur de formation de l'acétylène d'après sa chaleur de combustion. Les deux atomes de carbone et les deux atomes d'hydrogène qui constituent sa molécule se combinent en absorbant une quantité de chaleur égale à — 60,5 calories.

L'acétylène est donc un corps endothermique. D'après la loi de la conservation de l'énergie, la décomposition de l'acétylène doit se faire avec dégagement de chaleur, en rendant les 60,5 calories absorbées. Cette chaleur, qui redevient libre, suffit pour porter au blanc le carbone déposé, ainsi que le montre l'expérience précédente.

M. Lewes a déterminé, au moyen du couple thermo-électrique de M. Le Chatelier, la température à laquelle l'acétylène se dissocie, en faisant passer ce gaz dans des tubes peu fusibles qui ont pu être portés jusqu'à 1 000 degrés. Il a trouvé que l'acétylène se dissocie avec production de carbone incandescent à la température de 780°; cette température est de :

896°	pour un mélange de 90 % de C <sup>2</sup> H <sup>2</sup> et 10 % d'H <sup>2</sup>
1 000°	— 80 % — 20 % —



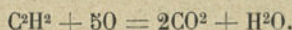
La température de dissociation de l'acétylène s'accroît de 100° C. quand la proportion d'hydrogène augmente de 10 %. On peut donc prévoir qu'une élévation de température au delà de 780° C. produira un mélange d'acétylène et d'hydrogène, et que le pouvoir éclairant, malgré cette élévation de température, sera ainsi diminué.

COMBUSTION DE L'ACÉTYLÈNE.

Un mélange d'acétylène et d'oxygène ou d'air peut être enflammé et brûlé avec ou sans dépôt de carbone, suivant la proportion d'oxygène.

En enflammant dans l'eudiomètre un mélange de 2 volumes d'acétylène et de 1 volume d'oxygène, on produit de l'oxyde de carbone et de l'hydrogène, avec un dépôt de charbon qui peut disparaître complètement si les gaz sont humides.

En enflammant dans l'eudiomètre 2 volumes d'acétylène et 5 volumes d'oxygène, on obtient, après le passage de l'étincelle, 4 volumes d'acide carbonique et 2 volumes de vapeur d'eau :



Pour que la combustion soit bien complète, il faut un excès d'oxygène. M. Berthelot a ainsi trouvé que la chaleur de combustion de l'acétylène à pression constante est égale à + 318,1 calories. Il en a déduit, pour sa chaleur de formation, la valeur négative de — 60,5 calories donnée plus haut.

M. Le Chatelier a étudié d'une façon spéciale la combustion de mélanges d'acétylène et d'air. Il a trouvé les résultats suivants :

PROPORTION A D'ACÉTYLÈNE % du volume total	PRODUITS de la COMBUSTION	NATURE DE LA FLAMME
A < 7.75 %.	CO <sup>2</sup> , H <sup>2</sup> O. . . . .	Jamâtre, peu éclairante.
7.75 < A < 47.4 %.	CO <sup>2</sup> , CO, H <sup>2</sup> O, H . . . . .	Blanche, bien pâle avec faible auréole jaune.
A > 47.4 %.	Réaction incomplète; CO, H, et C déposé, acétylène non brûlé.	Couleur rouge et de plus en plus fuligineuse; au delà de 20 %., nuage noir opaque de car- bone précipité.

L'acétylène ne commence à être inflammable qu'à partir de 2,8 %, et cesse de l'être au delà de 65 %, tandis que le gaz d'éclairage ne commence à donner des mélanges inflammables qu'à partir de 8,1 %.

TEMPÉRATURE D'INFLAMMATION.

La température d'inflammation de l'acétylène est voisine de 500°, tandis qu'elle est, pour la plupart des autres gaz combustibles, voisine de 600°. Les mélanges avec l'air, enfermés dans des tubes en verre, s'enflamment quand on les chauffe avec une lampe à alcool. L'explosion se produit bien avant le commencement de ramollissement du verre.

TEMPÉRATURE DE COMBUSTION.

M. Le Chatelier a calculé la température de combustion des mélanges d'acétylène et d'air, en partant des chaleurs spécifiques des corps gazeux déterminées par des expériences antérieures faites de concert avec M. Mallard. Il a trouvé, en faisant abstraction de la dissociation :

Pour 7,74 % de  $C^2H^2$  :  $T = 2\,420^\circ$ ;

Pour 12,20 % de  $C^2H^2$  :  $T = 2\,260^\circ$ ;

Pour 17,37 % de  $C^2H^2$  :  $T = 2\,100^\circ$ .

Il conclut de ses calculs que l'acétylène donne, en brûlant, une température beaucoup plus élevée que les autres gaz combustibles, dont la température de combustion est voisine de 2 000°.

Il calcule, en outre, qu'en brûlant l'acétylène avec son volume d'oxygène, on obtiendrait une température de 4 000°, supérieure de 1 000° à la flamme du chalumeau oxyhydrique, les produits de la combustion étant des gaz réducteurs, oxyde de carbone et hydrogène ; et il pense que cette double propriété rendrait l'emploi de l'acétylène très avantageux, soit dans le chalumeau à gaz tonnant pour la production de températures élevées, soit dans les brûleurs à air ordinaire pour l'analyse spectrale.

En regard des résultats trouvés par M. Le Chatelier pour les températures de combustion de l'acétylène, nous mettrons ceux de M. Lewes, qui a étudié, au moyen du couple thermo-électrique, la température des flammes de l'acétylène, de l'éthylène et du gaz ordinaire, dans les parties non éclairante et éclairante qui constituent la zone intérieure. Le tableau suivant donne en degrés centigrades les températures qu'a trouvées M. Lewes :

Zones de flamme.	Acétylène.	Éthylène.	Gaz de houille.
Non éclairante. . . . .	459° C.	952° C.	1.023° C.
Commencement de la zone éclairante.	1.411	1.320	1.658
Presque à la fin de la zone éclairante.	1.517	1.865	2.116

D'après ce tableau, la température moyenne de la zone éclairante serait, pour l'acétylène, de 1 460°, et de 1 880° pour le gaz d'éclairage.

La flamme de l'acétylène serait donc relativement froide tout en produisant le maximum de lumière; et, au contraire, c'est la flamme la plus chaude qui donnerait le moins de lumière.

Cette température relativement basse de la partie éclairante de la zone intérieure de la flamme de l'acétylène doit être attribuée à la dissociation de ce gaz et à son caractère endothermique. La chaleur négative de formation, en se dégageant, se porte sur les particules de carbone déposé; celles-ci deviennent incandescentes et la plus grande partie de la chaleur se transforme immédiatement en lumière.

L'expérience suivante confirme les vues du professeur Lewes sur le rôle de la dissociation de l'acétylène. Dans un tube de 10 millimètres de diamètre en verre peu fusible, il fait passer, à une vitesse déterminée, un courant d'acétylène pur. Ce tube est chauffé sur toute sa longueur par différents brûleurs, de manière que l'entrée du tube soit à une température notablement moins élevée que la sortie. Au point où le gaz est en contact immédiat avec la chaleur dégagée par le premier brûleur, l'acétylène se décompose en donnant lieu à un dépôt de carbone incandescent. Au contraire, à l'extrémité du tube où la température est la plus forte, on ne constate aucune production de lumière. Ce fait est à rapprocher de celui qui a été indiqué à propos de la température de dissociation de l'acétylène, soit seul, soit mélangé à l'hydrogène.

Cette théorie de M. Lewes, fondée sur la présence de l'acétylène dans les flammes que M. Berthelot avait, du reste, déjà signalée bien avant ce dernier, repose sur l'examen des températures données par la zone intérieure de la flamme qui se compose :

- a) D'une partie non éclairante où arrive et où s'échauffe le gaz, de manière à se convertir en acétylène;
- b) D'une partie éclairante où l'acétylène se décompose et où le carbone rendu libre est porté à l'incandescence par suite de sa propre chaleur de décomposition.

C'est à cette zone intérieure que doivent être appliqués les chiffres du tableau dressé par M. Lewes.

Mais il paraît nécessaire de tenir compte également de la zone extérieure non éclairante formant l'enveloppe des deux précédentes et où s'opère la combustion avec l'air. Les gaz combustibles présents dans le gaz initial, ou formés par les réactions qui ont lieu dans la zone intérieure, se mélangent avec l'air dans la zone extérieure en formant une gaine à température très élevée. M. le professeur A. Smithells attribue à cette gaine, où la température est maximum, l'influence la plus grande sur le pouvoir éclairant de la flamme.

Il est à remarquer que l'élément en platine du couple thermo-électrique fond dans la zone extérieure de combustion, aussi bien avec la flamme du gaz de houille qu'avec la flamme de l'acétylène. Les recherches expérimentales faites jusqu'à présent ne permettent donc pas de dire si la température de combustion de l'acétylène est ou n'est pas plus élevée que celle du gaz ordinaire. Les divergences que nous constatons entre les différents savants, paraissent être du même ordre que celle qui existait à propos de la température de combustion de l'hydrogène au chalumeau oxyhydrique : le calcul théorique donnait, pour cette température, 6800°, tandis qu'elle a été fixée expérimentalement aux environs de 2800°.

*A priori*, la chaleur de combustion de l'acétylène nous paraît devoir être plus élevée que celle des autres gaz, éthylène et formène, qui constituent le gaz d'éclairage. En effet, d'après le tableau ci-dessous donnant les proportions relatives de carbone et d'hydrogène contenus dans ces trois gaz :

Gaz.	Carbone.	Hydrogène.
Acétylène . . . . .	92,3 %	7,7 %
Éthylène. . . . .	85,7	14,3
Formène. . . . .	75	25

la combustion complète donnera lieu à un dégagement plus grand d'acide carbonique avec l'acétylène qu'avec les deux autres; comme la chaleur de formation de l'acide carbonique est plus grande que celle de la vapeur d'eau résultant de la combustion de l'hydrogène, la température prise en un point où la combustion est complète devra être plus élevée avec l'acétylène, et avec d'autant plus de probabilité que la flamme de l'acétylène occupe un volume plus petit que celle du gaz d'éclairage.

Quoi qu'il en soit, nous allons nous appuyer sur les recherches précédentes pour expliquer la supériorité du pouvoir éclairant de l'acétylène sur celui de tous les autres combustibles connus.

POUVOIR ÉCLAIRANT DE L'ACÉTYLÈNE.

Le pouvoir éclairant considérable de l'acétylène est dû à trois causes également importantes :

1<sup>o</sup> Sa proportion de carbone, qui est plus grande que dans tout autre gaz combustible connu ;

2<sup>o</sup> Son état endothermique ;

3<sup>o</sup> Sa température de combustion.

La première cause serait insuffisante pour expliquer l'éclat de la flamme de l'acétylène. En effet, la benzine, qui est de l'acétylène tricondensé  $C^6H^6 = 3(C^2H^2)$  et qui a la même composition centésimale, renferme une proportion de carbone aussi considérable et cependant en brûlant elle a un pouvoir éclairant beaucoup moins élevé.

La seconde cause seule explique bien, comme nous l'avons vu, que les particules de carbone devenues libres sont portées à l'incandescence, mais il a fallu tout d'abord l'intervention de la troisième cause, une température de combustion suffisamment élevée, pour qu'on atteigne la température de dissociation de l'acétylène.

La flamme d'une lampe à alcool renferme presque autant d'acétylène que le gaz d'éclairage et cependant elle n'éclaire pas, parce que la température de cette flamme, dans sa partie inférieure, n'est pas suffisante pour décomposer l'acétylène en carbone et hydrogène.

Le cyanogène a une chaleur de formation négative égale à  $-73^{\text{cal}}9$ , dépassant, par conséquent, celle de l'acétylène; malgré cette réserve d'énergie plus grande, il brûle avec une flamme pourpre bien moins éclairante : cela tient à ce que la flamme ne donne pas la température voulue pour que le cyanogène se dissocie en carbone et en azote, de sorte que le gaz brûle simplement sous sa forme cyanogène.

Les trois causes précitées interviennent ensemble dans la flamme de l'acétylène : leur effet se traduit par un rendement lumineux considérable.

Si de plus, comme il est probable, la température de combustion est plus élevée pour l'acétylène que pour le gaz ordinaire, les particules de carbone rendues libres d'abord, incandescentes ensuite, doivent être soumises à une température plus élevée que celle de la flamme du gaz ordinaire. Or, M. Le Chatelier a montré que l'élévation de la

température accroît très rapidement le rendement lumineux. Les particules de charbon étant réchauffées pendant leur incandescence, on doit avoir encore, comme avec des becs à récupération, une augmentation du pouvoir éclairant de l'acétylène.

M. Lewes a résumé, dans le tableau suivant, la comparaison du pouvoir éclairant des différents gaz pour une consommation horaire de 141<sup>lit</sup> 5 (= 5 pieds cubes anglais); pour le butylène et l'acétylène, il a calculé ce pouvoir éclairant parce qu'on n'a pu encore, jusqu'à présent, brûler ces gaz sans noir de fumée dans un bec de 141<sup>lit</sup> 5.

Gaz.	En candles-heure par 5 pieds cubes.
Formène . . . . .	5,20
Gaz ordinaire . . . . .	16
Ethane . . . . .	35,7
Propane . . . . .	56,2
Ethylène . . . . .	70
Butylène . . . . .	123
Acétylène . . . . .	240

Ce tableau montre qu'à volume égal l'acétylène a un pouvoir éclairant 15 fois supérieur à celui du gaz de Londres. Il serait 16 à 17 fois supérieur à celui du gaz de Paris brûlant dans un bec Bengel donnant la carcel pour 105 litres à l'heure.

M. Violle vient de montrer qu'il lui est environ 20 fois supérieur, en se servant d'une lampe étalon à l'acétylène construite par M. Carpentier, dont la flamme est parfaitement fixe, très éclairante, d'une blancheur remarquable et d'un éclat uniforme sur une assez grande surface. En plaçant devant cette flamme un écran percé d'une ouverture déterminée, variable suivant les besoins, il obtient une flamme dont la fixité, l'éclat et la blancheur sont comparables à ceux de l'étalon absolu au platine incandescent. La flamme entière correspond à plus de 100 bougies sous une pression de 30 centimètres d'eau, et la dépense d'acétylène est alors de 58 litres à l'heure.

La carcel-heure correspondant à 9,6 bougies décimales est ainsi donnée au moyen de la lampe étalon à l'acétylène par une consommation de 5<sup>lit</sup> 56.

La carcel est donnée avec le gaz de houille au moyen d'un bec Bengel débitant à l'heure 105 litres. En comparant le pouvoir éclairant de l'acétylène à celui du gaz de houille, on voit que, dans les

conditions où s'est placé M. Violle, l'acétylène éclaire à volume égal environ vingt fois plus que le gaz de houille.

Comparons ce pouvoir éclairant à celui des deux types nos 1 et 2 de becs Auer. Avec le n° 1, pour une consommation de 85 litres à l'heure, le pouvoir éclairant est de 3 carcels; avec le n° 2, pour une consommation de 120 litres à l'heure, le pouvoir éclairant est de 5 carcels, ce qui donne dans le premier cas 28 litres et dans le deuxième 24 litres pour la carcel-heure. Le pouvoir éclairant de l'acétylène est encore trois fois et demie supérieur à celui du bec Auer.

Si on lui compare l'éclairage avec le gaz d'huile employé dans les voitures de chemin de fer, on peut remplacer un bec de 25 litres de gaz riche donnant un pouvoir éclairant de 0° 7, par un bec à l'acétylène de 12 litres donnant un pouvoir éclairant de 1° 5. Son pouvoir éclairant comparé au gaz d'huile est donc quatre fois et demie plus grand.

Dans nos essais d'éclairage à l'acétylène nous avons employé des becs type Manchester, c'est-à-dire formés de deux trous inclinés donnant deux jets de gaz dont le choc produit un papillon qui s'étale en lame mince dans un plan perpendiculaire à l'axe des trous. Nous avons essayé des brûleurs de 25, 15 et 10 litres, sous différentes pressions, en relevant les consommations au compteur et le pouvoir éclairant au photomètre. Nous avons ainsi trouvé que :

1° Pour des becs donnant moins d'une carcel, le débit pour une carcel était de 8<sup>lit</sup> 5;

2° Pour des becs donnant un pouvoir éclairant compris entre 1 et 2 carcels, la carcel correspond à un débit de 8 litres d'acétylène;

3° Pour des becs donnant un pouvoir éclairant compris entre 2 et 5 carcels, la carcel correspond à un débit de 7<sup>lit</sup> 5 d'acétylène;

4° Pour des becs donnant un pouvoir éclairant compris entre 5 et 10 carcels, la carcel correspond à un débit de 7 litres d'acétylène;

5° Au-dessus de 10 carcels nous admettons le débit par carcel trouvé par M. Violle, soit 5<sup>lit</sup> 56.

COMPARAISON DE L'ACÉTYLÈNE AVEC LES DIFFÉRENTES SOURCES DE LUMIÈRE.

D'après ces données nous avons dressé le tableau ci-après, établissant la comparaison des becs à acétylène qui, pour produire une même quantité de lumière, devraient remplacer les principaux becs du commerce alimentés au gaz ordinaire, au gaz d'huile, au pétrole, à l'huile de colza, et les lampes électriques à incandescence.

Nous avons admis, en outre, que le prix de vente du carbure de calcium était de 40 francs les 100 kilogr., ce prix étant bien entendu supposé pour une fourniture importante, telle que le comporteraient les besoins d'une Compagnie de chemins de fer; le kilogr. de carbure devant donner pratiquement 300 litres de gaz acétylène, le prix de revient du mètre cube de ce gaz serait de 1 fr. 33. A ce prix de 1 fr. 33 qui ne s'applique qu'au prix d'achat de la matière première, il faut ajouter les frais de main-d'œuvre et d'amortissement des appareils servant à la production du gaz. Les frais de main-d'œuvre sont, pour ainsi dire, négligeables, l'opération étant très simple et pouvant être faite à temps perdu par un personnel déjà existant. La dépense d'amortissement sera elle-même très peu élevée, les appareils de production n'étant pas compliqués et, par suite, étant relativement peu coûteux. En ajoutant ces frais au prix de revient de fabrication de l'acétylène, nous nous écarterons peu de la vérité en admettant que ce mètre cube reviendrait, tous frais compris, à 1 fr. 50. C'est ce chiffre que nous comparons au prix d'achat des autres matières servant à l'éclairage, pour lesquelles nous adoptons les prix suivants comptés à Paris :

Bougie en stéarine . . . . .	Fr. 2 » le kilogr.
Huile de colza épurée. . . . .	1 05 le kilogr. (0 fr. 63 + 0 fr. 425 d'octroi).
Pétrole de luxe . . . . .	» 97 le kilogr.
Gaz . . . . .	» 30 le mètre cube.
Lampe à incandescence. . . . .	1 » le kilowatt-heure.

Pour établir la comparaison ci-dessous, nous prenons le pouvoir éclairant des divers systèmes de brûleurs et nous déterminons la consommation correspondante en acétylène d'après le barème donné pour le débit par carcel-heure suivant le nombre de carcels à réaliser. Cette comparaison des prix de revient par bec nous paraît préférable à celle qui consiste à rapporter les prix à la carcel-heure, bien que les résultats soient moins avantageux pour l'acétylène.



DIFFÉRENTS SYSTÈMES d'éclairage	POUVOIR ÉCLAIRANT	CONSOMMATION HORAIRE	CONSOMMATION D'UN BEC ACÉTYLÈNE de pouvoir éclairant égal	PRIX DE REVIENT	
				DU BEC-HEURE considéré	DU BEC-HEURE acétylène correspondant
	carrels	grammes	litres	centimes	centimes
Bougie de l'Étoile . . .	0,125	40	»	2 »	»
Lampe carcel . . . . .	4 »	42	8	4,4	4,2
Lampe à pétrole 7 lignes plat.	0,5	20	4,25	1,94	»
Id. 48 lignes rond.	3,2	80	24	7,7	3,6
<i>Gaz :</i>		litres			
Bec papillon. . . . .	4 »	140	8	4,2	4,2
Bec à jet 30 trous . . .	1 »	126	8	3,8	4,2
Bec Parisien. . . . .	5,72	200	40	6 »	6 »
Id. . . . .	9,60	300	67	9 »	11,2
Cromartie PM. . . . .	3,70	170	28	5,1	4,2
Id. GM. . . . .	5,72	370	40	11,1	6 »
L'industriel. . . . .	7 »	350	49	10,5	7,3
Id. . . . .	10 »	425	70	12,8	10,5
Id. . . . .	22 »	750	122	22,5	18,3
Lampe Wenham. . . . .	5,08	170	37	5,1	5,5
Id. . . . .	11,09	283	61	8,5	9,1
Id. . . . .	12,30	426	68	12,8	10,2
Bec Auer n° 4 (1). . . .	3 »	85	22,5	2,6	3,4
Id. . . . .	5 »	120	37,5	3,6	5,6
Lampe à incandescence. . .	4 »	30 watts-heure	8	3 »	4,2

APPLICATION DE L'ACÉTYLÈNE A L'ÉCLAIRAGE DES VOITURES A VOYAGEURS  
DANS LES COMPAGNIES DE CHEMINS DE FER.

Nous pouvons de même établir la comparaison du prix de revient de l'éclairage à l'acétylène des voitures à voyageurs.

Un bec Manchester consommant 12 litres d'acétylène à l'heure revient à  $0,012 \times 1,50 = 0$  fr. 018 et donne un pouvoir éclairant de 1<sup>c</sup> 5. Comparons à cette dépense celle qui résulte de la consommation des autres matières servant à l'éclairage de ces wagons.

Une lampe à huile dans chaque compartiment brûle 20 grammes à

(1) Dans le prix donné pour les becs Auer n'intervient pas celui du renouvellement des manchons.

l'heure. Cette huile de colza épurée coûte 54 fr. les 100 kilos. La dépense du bec-heure huile est donc de 0 fr. 011; il faut y ajouter la consommation des mèches et des cheminées, qui revient à 0 fr. 0022. Le bec-heure huile coûte donc au total 0 fr. 0132.

Une lampe à pétrole brûle à l'heure 20 grammes de pétrole, de densité égale à 900 et coûtant 58 fr. les 100 kilos : la dépense horaire est donc de 0 fr. 0116. Si, comme à la Compagnie d'Orléans, on emploie deux becs par compartiment, la dépense s'élève alors à 0 fr. 0232.

L'éclairage au gaz d'huile d'une voiture de 1<sup>re</sup> classe consomme par bec 25 litres : le prix de revient, à raison de 0 fr. 72 le mètre cube, est donc, par bec-heure, de 0 fr. 018.

L'éclairage au moyen d'une lampe à incandescence de 10 bougies revient à 0 fr. 028, ainsi que l'a constaté la Compagnie du Nord.

Ainsi, dans les conditions actuelles, l'acétylène ne coûte pas plus cher que le gaz d'huile, qui jusqu'à ce jour, réalisait le meilleur éclairage des voitures à voyageurs, et il donne, en outre, à volume égal,  $\frac{1}{2}$  fois plus de lumière. La flamme est d'une blancheur remarquable; sa fixité est absolue, quelle que soit la vitesse du train et malgré les chocs aux croisements. Les voyageurs peuvent lire avec la plus grande facilité en tous les points des compartiments et ils sont unanimes à apprécier les avantages de ce nouveau mode d'éclairage. Depuis plusieurs mois que ce dernier a été mis à l'essai par les Compagnies françaises, il a toujours bien fonctionné.

Si le prix de vente du carbure arrive à s'abaisser au-dessous de 400 francs la tonne, l'acétylène permettra de réaliser, en même temps qu'une économie, un éclairage de beaucoup supérieur à celui que donnent les autres systèmes. Aussi pensons-nous que ce gaz est appelé à prendre une place prépondérante dans les Compagnies de chemins de fer, tant pour l'éclairage des voitures que pour celui des gares.

#### MÔDES DE COMBUSTION DE L'ACÉTYLÈNE.

Si l'on brûle l'acétylène dans des becs de gaz ordinaires, on n'obtient qu'une flamme rouge non éclairante et très fuligineuse, qui a été longtemps considérée comme caractéristique de ce gaz. Cela tient à ce que l'air qui sert à sa combustion n'est pas en proportion suffisante ni en contact assez intime avec toutes les particules de carbone. On peut néanmoins conserver les becs ordinaires en employant les artifices suivants :

1° On mélange l'acétylène avec l'air avant la combustion.

M. Hempel obtient une belle flamme blanche très éclairante en mélangeant à l'avance 40 % d'air à 60 % d'acétylène; il a trouvé, pour 5 brûleurs à papillon de débit différent les résultats suivants :

Numéros des becs.	Consommation horaire en litres.	Pouvoir éclairant en carrels.
1. . . . .	35	5,90
2. . . . .	45	8,10
3. . . . .	67	12,80
4. . . . .	82	18,20
5. . . . .	92	18,90

Ces brûleurs ont été groupés ensemble : par exemple, 7 brûleurs n° 1 ont été réunis en un bec-phare ; 9 brûleurs n° 3 ont, de même, été adaptés à un lustre.

2° On dilue l'acétylène dans un gaz inerte.

On a proposé l'acide carbonique, mais ce gaz ne convient pas très bien : sa trop grande densité empêche que son mélange avec l'acétylène soit bien homogène. On a proposé également l'oxyde de carbone et les produits gazeux qui s'échappent des cheminées des grandes usines.

M. Bullier emploie, comme diluant de l'acétylène, de l'azote, dont la densité est presque égale. En mélangeant 85 % d'acétylène et 15 % d'azote dans un bec débitant 90 litres à l'heure, il obtient une intensité lumineuse d'environ 16 carrels. Pour un plus petit débit, par exemple pour celui d'un bec papillon donnant 50 litres à l'heure, et brûlant un mélange de 70 parties d'acétylène et de 30 parties d'azote, l'intensité lumineuse est de 7 carrels. L'azote peut être préparé à bon compte en faisant passer de l'air sur du cuivre chauffé au rouge, de sorte que le prix de revient du mélange est sensiblement peu différent de celui de l'acétylène pur. Les becs ordinaires, plus forts que ceux qui permettent de brûler l'acétylène pur, sont conservés, et le rendement lumineux du mélange est sensiblement le même que celui de l'acétylène brûlant dans un bec plus petit.

Le procédé proposé par M. Bullier est donc susceptible d'applications, tandis qu'au contraire le mélange d'acétylène et d'air fait à l'avance est critiquable, en raison des dangers qui résultent de ses propriétés explosives.

Dans la généralité des cas, on emploie l'acétylène pur, ce qui est

plus commode et plus simple; mais pour que les particules de carbone de ce gaz soient bien toutes brûlées sans dépôt de noir de fumée, il est nécessaire qu'il s'échappe du bec en une nappe excessivement mince, d'où la nécessité d'un bec spécial, approprié pour cette combustion.

M. Bullier a proposé un bec percé latéralement d'orifices inclinés servant à amener séparément de l'air sur le gaz, de manière que le mélange ne se fasse qu'au moment de la combustion. Ces becs n'ont pas encore été essayés et nous ne pouvons que les citer.

On emploie généralement pour l'acétylène soit des becs papillon à fente très étroite, soit des becs Manchester à trous très fins, soit des becs à un ou plusieurs trous parallèles.

Les becs papillon à fente très étroite sont généralement en stéatite; ils nécessitent une assez grande pression pour que la combustion de la lame mince lancée avec une certaine vitesse ne se fasse qu'à une certaine distance de la fente, de manière à éviter qu'elle s'encrasse.

Les becs Manchester, formés de deux trous inclinés produisant deux jets de gaz qui, en se rencontrant, s'étalent en lame mince dans un plan perpendiculaire à l'axe des trous, donnent une flamme plus régulière que les becs papillon. Ils sont de différents numéros, selon leur débit, qui peut varier de 7 à 25 litres à l'heure; au delà de 25 litres, les trous deviendraient trop larges pour que la combustion soit bien complète. Ces becs Manchester sont formés d'un corps cylindrique en cuivre terminé par un bout en stéatite; les deux trous inclinés débouchent dans une petite concavité dont les bords peuvent s'encrasser et former, au bout d'un certain temps, une couche suffisante pour produire un dépôt rapide de noir de fumée, si l'on n'a pas soin de l'enlever avec l'ongle au moment de l'allumage. Ce léger inconvénient pourrait sans doute être évité si la surface terminale était légèrement convexe.

Chaque bec Manchester ou papillon correspond à un débit déterminé qui ne peut varier que dans des limites assez étroites. En augmentant la pression, le pouvoir éclairant augmente bien aussi, mais dans de faibles proportions, et la flamme s'étale de plus en plus; de sorte qu'il n'y a pas d'avantage, pour le rendement lumineux, à élever la pression au delà de ce qu'elle doit être pour le débit du bec. Si, au contraire, on diminue cette pression, la flamme, qui était bien fixe, s'infléchit, elle devient molle et de couleur jaunâtre, et le bec tend à s'encrasser rapidement.

On ne peut donc, avec un bec papillon ou Manchester, faire varier la flamme de l'acétylène comme on le fait avec un bec papillon ou un bec Bengel brûlant du gaz ordinaire; on ne peut, par exemple, mettre en veilleuse sans rendre la flamme fuligineuse.

On emploie enfin pour l'acétylène des becs en métal aluminium à un ou plusieurs trous parallèles très fins. Le gaz s'échappé par chacun d'eux en produisant une flamme ayant la forme de celle d'une bougie et dont le pouvoir éclairant est d'environ 6 à 8 bougies. Un bec à trois jets parallèles ne donne pas le pouvoir éclairant d'un bec Manchester de débit égal; mais ce dispositif est néanmoins intéressant à citer parce qu'il permet de baisser la flamme, de la mettre en veilleuse sans qu'elle devienne fuligineuse.

Quand l'acétylène brûle régulièrement, sa flamme est fixe, très blanche et très éclairante. Elle conserve aux objets leur couleur naturelle, et les photographies prises à la lumière de l'acétylène ne diffèrent pas de celles qu'on obtient à la lumière du jour.

#### PRODUITS DE LA COMBUSTION.

Un mètre cube d'acétylène pèse 1189<sup>gr</sup>5; il renferme 1098 grammes de carbone et 91<sup>gr</sup>5 d'hydrogène. Si la combustion est complète, il se forme :

4 026 gr. d'acide carbonique occupant un volume de 2 mètr. cubes  
 et 824 gr. de vapeur d'eau — — 1 —

Un mètre cube de gaz de houille de densité moyenne 0,42 pèse 540 grammes et renferme environ 400 grammes de carbone et 140 gr. d'hydrogène. Par suite de la combustion, il se forme :

1 470 grammes de CO<sup>2</sup> occupant un volume de 0<sup>m</sup>3 74  
 et 1 260 gr. de vapeur d'eau — — 1<sup>m</sup>3 56.

Comparons, d'après ces chiffres, pour un même pouvoir éclairant, les produits de combustion de ces deux gaz.

Le bec Auer est celui qui donne actuellement le meilleur rendement lumineux pour le gaz de houille. Or, il exige en moyenne, par carcel-heure, une consommation de 24 litres, et donne comme produits de combustion :

CO<sup>2</sup>. . . . . 0<sup>m</sup>3 024 × 0,74 soit 18 litres.  
 Vapeur d'eau . . 0<sup>m</sup>3 024 × 1,56 soit 37 —

L'acétylène brûlant en moyenne 7<sup>lit</sup> 5 par carcel, donne par heure :

$$\text{CO}^2 \dots\dots\dots 0^{\text{m}^3} 0075 \times 1 = 7^{\text{lit}} 5.$$

$$\text{Vapeur d'eau} \dots\dots 0^{\text{m}^3} 0075 \times 2 = 15 \text{ litres.}$$

Pour un même éclairage, l'atmosphère est donc bien moins viciée avec l'acétylène qu'avec le gaz ordinaire.

D'autre part, le volume d'air exigé pour une combustion complète est, à éclairage égal, moindre pour l'acétylène que pour le gaz de houille. En effet, avec le bec Auer il faut, par carcel-heure, pour brûler le carbone :

$$\frac{16}{6} \times 0,024 \times 400 = 25^{\text{gr}} 6 \text{ d'oxygène,}$$

et pour l'hydrogène :

$$8 \times 0,024 \times 440 = \frac{27}{\quad} \text{ d'oxygène.}$$

$$\text{Soit, au total, } \underline{\underline{52^{\text{gr}} 6}} \text{ d'oxygène}$$

occupant 37 litres et correspondant à un volume de 183 litres d'air.

Pour l'acétylène, il faut, par carcel-heure, pour brûler le carbone :

$$\frac{16}{6} \times 0,0075 \times 91,5 = 5^{\text{gr}} 5 \text{ d'oxygène,}$$

et pour l'hydrogène :

$$8 \times 0,0075 \times 1098 = \frac{22}{\quad} \text{ d'oxygène}$$

$$\text{Soit, au total, } \underline{\underline{27^{\text{gr}} 5}} \text{ d'oxygène}$$

occupant 19 litres et correspondant à un volume de 95 litres d'air.

Il faut donc, pour un même éclairage, sensiblement moitié moins d'air avec l'acétylène qu'avec le gaz ordinaire.

Enfin, au point de vue des matières premières :

La distillation d'une tonne de houille produit 280 mètres cubes de gaz qui, à raison de 103 litres par carcel, fournissent au plus 2 800 carcels-heures ;

La réaction de l'eau sur une tonne de carbure de calcium dégage 300 mètres cubes d'acétylène qui, à raison de 7<sup>lit</sup> 5 en moyenne par carcel, fournissent 40 000 carcels-heures.

La même quantité de lumière est obtenue avec une tonne de carbure au lieu de 15 tonnes de houille.

## CHAPITRE IV

### APPLICATIONS DIVERSES DE L'ACÉTYLÈNE

#### CARBURATION DU GAZ D'ÉCLAIRAGE.

On a songé à mélanger de l'acétylène au gaz de houille pour en augmenter le pouvoir éclairant. M. Lewes a constaté, en effet, que ce dernier s'accroît régulièrement avec la teneur du mélange en acétylène, ainsi que le montre le tableau suivant :

MÉLANGES %.		Pouvoir éclairant en candles.	ACCROISSEMENT DU POUVOIR ÉCLAIRANT	
Gaz d'éclairage.	Acétylène.		Pour la totalité d'acétylène ajouté.	Pour 1 % d'acétylène.
100	—	13,0	—	—
99,1	0,9	13,9	0,9	1,00
97,9	2,1	15,1	2,1	1,00
96,0	4,0	17,3	4,3	1,07
95,2	4,8	18,4	5,4	1,12
91,0	9,0	23,5	10,5	1,16
89,5	10,5	25,3	12,3	1,17
85,0	15,0	33,0	20,0	1,33
83,25	16,75	36,1	23,1	1,36
66,9	33,1	60,5	47,5	1,43
55,5	44,5	76,7	63,7	1,43
16,7	83,3	175,2	162,2	1,94
—	100	240,0	—	2,40

L'augmentation du pouvoir éclairant au moyen de l'acétylène permettrait d'employer un gaz de houille moins riche en carbone, plus approprié que le gaz actuel au chauffage et à la force motrice. Mais les deux gaz ayant des densités très différentes (0,40 et 0,92), il est à craindre que leur mélange n'ait pas une composition bien homogène; en outre, en présence de l'ammoniaque que contient le gaz de houille, l'acétylène peut donner lieu à l'attaque des tuyaux ou des robinets en cuivre et à la formation d'acétylure explosif; il y aurait donc des précautions spéciales à prendre pour la carburation du gaz de houille.

D'autre part, cette carburation n'est intéressante que si elle réalise une notable économie dans l'emploi du gaz de houille. On est ainsi amené à chercher dans quelle proportion il faut constituer le mélange pour atteindre ce résultat; mais les données manquent pour cela.

Nous ne pouvons que citer les expériences de M. Wedding qui a cherché, pour un pouvoir éclairant constant, de combien l'enrichissement par l'acétylène réduisait la consommation du gaz de houille. Il a trouvé que cette réduction augmentait tant que l'acétylène était dans une proportion inférieure à 6 %. La dépense de gaz serait diminuée de moitié pour une teneur de 4 % et des  $\frac{3}{5}$  pour une teneur de 6 % d'acétylène. Au delà de 6 %, de 10 à 20 %, la diminution de gaz de houille deviendrait insignifiante.

Mais, encore une fois, ce qu'il importe de connaître, c'est moins la dépense en litres de gaz que la dépense-argent. Les renseignements que donnent les expériences de MM. Lewes et Wedding ne sont pas suffisants pour nous permettre d'en tirer des déductions fermes au point de vue de la réalisation du mélange le plus économique. Il serait utile que de nouvelles études fussent faites à ce sujet.

#### APPLICATIONS DE L'ACÉTYLÈNE AUX MOTEURS.

L'acétylène paraît susceptible d'être avantageusement utilisé pour les moteurs à gaz. M. Le Chatelier a, en effet, montré que sa température d'inflammation est très basse, que sa flamme a une vitesse très grande de propagation et qu'il forme avec l'air des mélanges facilement explosibles : toutes conditions qui sont favorables à cet emploi.

Divers essais ont déjà été faits au point de vue de cette application de l'acétylène aux moteurs. Dans la première partie du compte rendu du Congrès de la Société technique de l'industrie du gaz, que vient de publier le *Génie Civil* (1), se trouve une intéressante communication de M. Ravel à ce sujet.

Ce dernier s'est servi d'un moteur à deux temps de son système dans lequel il a fait varier la compression de  $2^{\text{k}}25$  à 3 kilogr. : ses expériences ont été faites comparativement avec l'acétylène et avec le gaz de houille.

M. Ravel a constaté que les détonations produites par le mélange d'air et d'acétylène sont brusques et violentes, que la flamme est d'un blanc jaunâtre éblouissant, au lieu d'être, comme celle du mélange

---

(1) Voir le *Génie Civil*, t. XXIX, n° 44, p. 471.



d'air et de gaz de houille, d'une couleur violet foncé, zébrée de filaments blancs et rouges. La chute de pression est immédiate et l'expansion est moins soutenue qu'avec le gaz de houille.

Lorsque la proportion d'acétylène est voisine de 5 %, les explosions deviennent brisantes. Le levier de l'indicateur servant à relever les diagrammes éprouve des vibrations qui rendent les indications incertaines. Au début même des essais, la violence des chocs a été telle que ce levier s'est faussé. En outre, la charge explosive paraît être soumise à des vibrations internes pendant sa combustion.

Au contraire, avec des teneurs en acétylène de 3,20 et 3,50 % et en abaissant la compression de 3 kilogr. à 2<sup>k</sup>25, l'expansion se fait d'une façon plus soutenue et l'on constate un accroissement notable du travail.

Avec son moteur de deux chevaux, M. Ravel a ainsi obtenu, par litre d'acétylène, un travail de 820 et de 850 kilogrammètres au lieu de 405 kilogrammètres que donne, en moyenne, un litre de gaz de houille. Pour ce type de petit moteur, la puissance de l'acétylène serait donc plus de deux fois celle du gaz de houille. Pour les grands moteurs, M. Ravel pense que l'effet utile serait sans doute plus grand, mais que la proportion resterait sensiblement la même.

La *Revista Technica* du 30 avril dernier cite un moteur à l'acétylène dû à M. Pedrotti, de Parme, mais ne donne que des renseignements très incomplets sur cet appareil. Ce moteur fonctionne à quatre temps au moyen d'un mélange composé de  $\frac{1}{16}$  d'acétylène et de  $\frac{15}{16}$  d'air; les deux gaz seraient introduits par des ouvertures distinctes et produiraient un abaissement de température suffisant pour rendre inutile la circulation d'eau ordinairement utilisée avec les moteurs similaires. Dans la seconde phase, le piston comprime l'air ainsi carburé jusqu'au fond de la chambre d'explosion et à fin de course, au point mort, l'explosion se produit sous l'action d'un dispositif spécial en chassant le piston qui, dans son retour, expulse dans l'atmosphère les produits de l'explosion précédente.

Le moteur Pedrotti est à cylindre vertical; la partie supérieure du cylindre forme une chambre où l'air carburé s'enflamme: cette inflammation ne se produit ni électriquement ni par flamme extérieure ou intérieure, mais par un procédé très sûr qui serait le secret de l'inventeur.

Une soupape effectue l'évacuation des gaz dus à l'explosion; une autre petite soupape introduit automatiquement la quantité propor-

tionnelle d'acétylène et d'air dans la chambre de carburation du cylindre. Au moment où les produits de la combustion s'échappent, la soupape d'aspiration commence un nouveau cycle. Le moteur est muni d'un régulateur à force centrifuge complètement insensible aux vibrations du moteur et maintenant une vitesse invariable de 600 tours par minute.

Ce petit moteur est destiné à actionner une bicyclette; son poids total ne dépasse pas 9 kilogr. Il pourrait, sans qu'il soit besoin de renouveler sa provision de carbure, fonctionner 15 heures à la vitesse de 600 tours, et il développerait une puissance utile de 62 kilogrammètres mesurée au frein; enfin, la dépense en carbure ne dépasserait pas 5 centimes par heure. Il y a lieu d'attendre la consécration par la pratique des brillants résultats annoncés pour ce nouveau moteur.

Nous citerons enfin, relativement à l'application de l'acétylène aux moteurs, les calculs donnés dans le *Journal für Gas Beleuchtung*, par le docteur Frank, de Charlottenburg, pour déterminer les poids et les volumes comparatifs de carbure de calcium, d'acétylène liquide et de houille qu'il serait nécessaire d'emmagasiner dans un navire pour assurer pendant vingt-cinq jours le fonctionnement d'une machine marine de 1 000 chevaux.

En employant la houille, il faut, à raison de 0<sup>kg</sup>7 par cheval-heure, un poids de 420 tonnes devant occuper un espace de 420 à 430 mètres cubes.

En se servant d'acétylène il faudrait, d'après MM. Ihering et Slaby's, 181 grammes d'acétylène par cheval-heure pour les machines à grande puissance, soit 113 tonnes pour les vingt-cinq jours.

Si ces 113 tonnes sont fournies par l'acétylène liquide dont la densité est de 0,364 à 35° C. (température de l'intérieur du navire) il faudra un volume d'au moins 300 mètres cubes.

Si, au contraire, elles sont produites au fur et à mesure des besoins par du carbure de calcium, comme un kilogramme d'acétylène est obtenu au moyen de 2<sup>kg</sup>46 de carbure, il faudra un poids de 280 tonnes de carbure occupant seulement un volume de  $\frac{280}{2,2} = 128$  mètres cubes, c'est-à-dire une capacité plus de moitié moindre que celle qu'exige l'acétylène liquéfié.

Si les machines étaient alimentées au pétrole, il faudrait un approvisionnement de 250 tonnes de ce liquide, occupant un volume de 322 mètres cubes.

On peut ajouter que l'emploi de la houille entraîne l'installation de chaudières encombrantes et coûteuses, que l'acétylène liquide exige des récipients en tôle d'acier d'une résistance à toute épreuve qui seraient, en outre, soumis à des températures voisines du point critique. Le carbure de calcium, au contraire, ne nécessite qu'un appareil de fabrication très simple.

A première vue, le carbure de calcium paraît donc devoir être considéré comme le meilleur accumulateur d'énergie transportable dans les conditions posées par le docteur Frank.

Nous avons reproduit cette étude du journal allemand afin de réunir ici tous les documents qui peuvent servir à l'étude de l'application de l'acétylène aux moteurs, mais en laissant la responsabilité à son auteur.

Il paraît que l'acétylène pourrait être appliqué avantageusement, soit seul, soit mélangé avec d'autres hydrocarbures, dans les moteurs à gaz aussi bien fixes que mobiles. La question est, du reste, à l'étude.

#### APPLICATIONS DE L'ACÉTYLÈNE AU CHAUFFAGE.

L'acétylène est également l'objet de recherches pour son application au chauffage au moyen de fourneaux analogues aux fourneaux à gaz et à pétrole. Comme l'acétylène dégage, en brûlant, deux fois et demie plus de chaleur que le gaz, son application au chauffage paraît bien indiquée, d'autant plus qu'elle serait le complément naturel d'une installation d'éclairage domestique à l'acétylène.

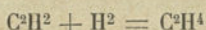
Pour terminer la revue des applications de la combustion de l'acétylène, nous en citerons une dernière qui paraît également très réalisable : c'est son emploi au chalumeau. Nous avons vu que sa chaleur de combustion (au moins dans la zone extérieure de la flamme) était plus élevée que celle du gaz d'éclairage. M. Le Chatelier trouve qu'en brûlant l'acétylène avec son volume d'oxygène, on obtient une température supérieure de 1 000° à celle de la flamme du chalumeau oxyhydrique. Il y a là encore une étude à faire, d'autant plus intéressante que certaines industries se servent non seulement du gaz de houille pour s'éclairer mais encore pour souder ou fondre au chalumeau. L'acétylène ne pourra donc se substituer au gaz de houille, dans ces industries, qu'autant qu'il remplira les deux conditions que nous venons d'énoncer.

APPLICATIONS CHIMIQUES.

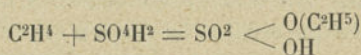
Il nous reste à parler des applications plus spécialement chimiques de ce gaz. Elles sont *à priori* très nombreuses : nous nous contenterons de citer les principales en nous arrêtant plus particulièrement à la fabrication de l'alcool.

L'alcool peut être fabriqué artificiellement de toutes pièces au moyen de l'acétylène ; c'est M. Berthelot qui, le premier, a réalisé cette remarquable synthèse.

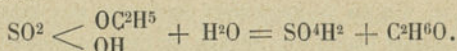
L'hydrogène naissant transforme l'acétylène en formène :



L'acide sulfurique fumant s'unit au formène pour donner de l'acide éthylsulfurique :



Soumis à l'ébullition et étendu de 10 fois son volume d'eau, l'acide éthylsulfurique se dédouble en reformant l'acide sulfurique et en donnant l'alcool :



L'acide sulfurique est régénéré ; mais il se trouve alors très dilué et il ne peut servir à une nouvelle opération qu'après avoir été concentré.

Nous allons indiquer un mode opératoire qui permet d'obtenir l'alcool artificiel par ce procédé. On se sert d'un appareil analogue à celui qu'employait Sainte-Claire-Deville pour la préparation continue de l'hydrogène ou de l'hydrogène sulfuré. Dans un premier flacon on met 2 kilogr. de carbure de calcium et 2<sup>kg</sup> 5. de zinc. Dans un second flacon, réuni au premier par un tuyau de caoutchouc, on met de l'eau acidulée renfermant 3<sup>kg</sup> 200 d'acide sulfurique pour 5 litres d'eau. En élevant ou abaissant ce second flacon on introduit à volonté dans le premier l'acide sulfurique étendu. Le carbure de calcium et le zinc sont attaqués en même temps en formant de l'acétylène et de l'hydrogène. Ces deux gaz s'unissent aussitôt pour donner de l'éthylène. Un tube adducteur fait passer l'éthylène dans un appareil à boules où se trouve de l'acide sulfurique chaud. Il se forme de l'acide éthylsulfurique qui se rend dans un ballon où il est soumis à l'ébullition.

La décomposition de l'acide éthylsulfurique donne de l'alcool qui passe dans un tube rempli de tournure de cuivre où il est purifié et desséché et qui est finalement recueilli dans un récipient.

Voici, à titre documentaire, les calculs théoriques du prix de revient de l'alcool, établis par le *Moniteur de l'industrie du gaz*, pour une production de 100 litres d'alcool. Il faut à cet effet employer :

Carbure de calcium . . . . .	Kilogr.	139,13
Hydrogène . . . . .		4,35
Acide sulfurique fumant . . . . .		213,05

Comme l'acide sulfurique est constamment régénéré, il suffira de compter la dépense du sel absorbant servant à cette régénération :

Carbure de calcium, 140 kilog. à 0 fr. 10 . . . . .	Fr.	14	»
Hydrogène, 4 <sup>kg</sup> 35 à 3 fr. 50 . . . . .		15	40
Sel absorbant . . . . .		1	50
Main-d'œuvre et combustible. . . . .		2	»
Entretien et réparation du matériel. . . . .		1	50
Amortissements, intérêts, frais généraux. . . . .		5	»
	Fr.	<u>39</u>	<u>40</u>

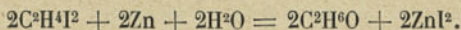
Dans ce prix de revient le carbure n'est compté qu'à raison de 0 fr. 10 le kilogr. Nous avons vu que le prix de revient actuel du carbure n'est pas inférieur à 0 fr. 20. Le chiffre précédent devrait donc être majoré d'au moins 14 francs. Même en le conservant tel qu'il est indiqué, et en ramenant l'alcool absolu obtenu à de l'alcool à 90°, le prix de revient de ce dernier serait encore de 28 fr. 40 l'hectolitre environ.

Or, comme l'alcool d'industrie vaut 29 à 30 francs l'hectolitre, on voit que le prix de vente de l'alcool tiré de l'acétylène serait notablement supérieur à celui de l'alcool ordinaire. Il y a lieu, toutefois, de remarquer que si le nouvel alcool était chimiquement pur, ce fait aurait une réelle importance.

On a proposé de modifier le procédé précédent en transformant l'acétylène en éthylène au moyen de protoxyde de chrome ammoniacal.

Une autre méthode a été proposée par M. N. Caro. Elle consiste à transformer l'acétylène en biiodure d'éthylène  $C^2H^4I^2$  en le faisant absorber par l'acide iodhydrique. Ce biiodure, qui est un liquide bouillant à 175° C., est transformé directement en alcool en le chauffant

sous pression à 130 ou 150° C. avec 10 ou 15 fois son poids d'eau, de l'oxyde de zinc et du zinc :



Après refroidissement, le liquide est distillé ; il donne de l'alcool pur. Il reste de l'iodure de zinc que l'on retransforme en acide iodhydrique.

L'alcool produit par ce procédé est encore trop cher. En tout cas, la fabrication artificielle de l'alcool en partant de la chaux et du coke combinés électriquement ne laisserait pas, si on parvenait à la rendre industrielle, de jeter une perturbation profonde dans la production actuelle de l'alcool qu'on a tant de peine à obtenir rectifié au moyen des alcools bruts de betteraves ou de grains.

Parmi les autres réactions que l'acétylène est susceptible de donner, nous en citerons encore quelques-unes :

1° La fabrication de la benzine et des carbures aromatiques. — Sous l'influence de la chaleur et de la pression, l'acétylène se polymérise d'après la réaction bien connue  $3(C^2H^2) \rightleftharpoons C^6H^6$ .

La benzine sert à la production de la nitro-benzine, de l'aniline et de ses nombreux dérivés, de l'acide phénique, de l'acide picrique, etc. ;

2° L'acétylène donne l'éthylène par sa réaction avec l'hydrogène naissant : on peut par l'oxydation de cet éthylène produire de l'acide oxalique et de l'acide formique. On peut également obtenir de l'aldéhyde  $C^2H^4O$  dont l'emploi est courant pour l'argenterie des miroirs et la fabrication des essences ;

3° En présence de l'iode en solution alcaline, l'acétylène donne le diiodoforme  $C^2H^2I^2$ , qui a les propriétés antiseptiques de l'iodoforme sans en avoir l'odeur désagréable et qui le remplace avantageusement. Cette application de l'acétylène indiquée par M. Maquenne a été rendue industrielle par M. Adrian ;

4° En métallurgie on a proposé l'acétylène pour la carburation du fer. On cémenterait rapidement une plaque de fer en la chauffant dans un courant d'acétylène.

En résumé, le champ des réactions de l'acétylène paraît très vaste : il est peu probable qu'elles réussissent toutes au point de vue commercial. Mais il était au moins curieux de montrer la variété des applications auxquelles se prête ce minéral industriel, le carbure de calcium.

## CHAPITRE V

### APPAREILS DE PRODUCTION DU GAZ ACÉTYLÈNE

On produit l'acétylène en faisant tomber le carbure de calcium dans l'eau ou, inversement, en versant de l'eau sur le carbure. La première méthode nous paraît la plus rationnelle : en effet, l'excès d'eau permet le refroidissement du gaz et la dissolution des traces d'ammoniaque qui peuvent se dégager en même temps que l'acétylène. Avec la seconde méthode, au contraire, l'attaque du carbure par une quantité limitée d'eau produit une élévation de température qui peut provoquer une augmentation anormale de pression en même temps qu'elle peut donner lieu à la formation d'hydrocarbures liquides, benzine, etc., et à la diminution du pouvoir éclairant de l'acétylène.

Cette seconde méthode est cependant celle qui a été le plus généralement suivie par les constructeurs, à cause de la plus grande facilité que l'on a de régler l'écoulement d'un courant d'eau.

Le nombre des appareils proposés ou réalisés pour la fabrication de l'acétylène est déjà considérable et s'accroît de jour en jour. Il serait trop long et fastidieux de donner la description de tous ceux qui ont déjà paru ; aucun d'eux n'a, du reste, encore la sanction d'une pratique suffisante, et il serait prématuré de dire quel est, parmi ces appareils, celui qui est le meilleur.

On peut grouper en trois catégories distinctes les appareils de production de l'acétylène :

1° Ceux dans lesquels l'acétylène s'obtient à une pression légèrement supérieure à la pression atmosphérique ;

2° Ceux qui permettent de l'obtenir à toutes pressions, jusqu'à la liquéfaction ;

3° Ceux qui ont plus spécialement pour but la fabrication de l'acétylène liquide.

I. — APPAREILS DE LA PREMIÈRE CLASSE

Ces appareils ont un caractère commun, c'est d'être composés de deux parties distinctes : un gazogène et un gazomètre.

Nous croyons inutile de donner la description du gazomètre.

Quant au gazogène, il est disposé pour réaliser une production régulière, proportionnelle à la consommation. On cherche à maintenir automatiquement constant, soit le volume, soit la pression ; les méthodes, à cet effet, sont variées : on utilise, par exemple, les déplacements de la cloche du gazomètre pour ouvrir ou fermer le robinet d'écoulement d'eau, ou encore pour régler la différence de niveau de l'eau dans le gazomètre et dans le gazogène.

Nous donnons ci-après la description succincte de quelques-uns de ces appareils.

APPAREIL TROUVÉ (fig. 9).

Fig. 9. — Appareil Trouvé pour la production du gaz acétylène.

Le principe du gazogène est celui du briquet à hydrogène appliqué déjà par M. Trouvé dans sa lampe portable. Ce gazogène se compose de deux vases entrant l'un dans l'autre. Le vase intérieur est muni, à sa partie supérieure, d'un tuyau



de dégagement communiquant par un robinet avec le gazomètre ; il porte suspendu un panier grillagé contenant le carbure de calcium. Le fond de ce vase est percé d'une ouverture qui le fait communiquer avec le vase extérieur qui contient de l'eau. Celle-ci se met en équilibre de niveau dans les deux vases et vient attaquer le carbure. L'acétylène formé se dégage et se rend dans le gazomètre. En même temps, l'excès de pression fait refouler l'eau dans le vase extérieur, en supprimant son contact avec le carbure. Celui-ci continue néanmoins à s'attaquer lentement par l'action de la vapeur d'eau. Si on maintient fermé le robinet de l'appareil, le gaz s'accumule dans le vase intérieur et il s'échappe bientôt par l'ouverture du fond en soulevant la colonne d'eau. M. Trouvé a cherché à remédier à cet inconvénient en disposant dans le panier métallique les morceaux de carbure par couches distinctes séparées au moyen de rondelles de verre. Il a, en outre, muni son appareil d'une sonnerie électrique destinée à avertir quand la cloche est trop pleine ou quand elle est sur le point d'être vidée.

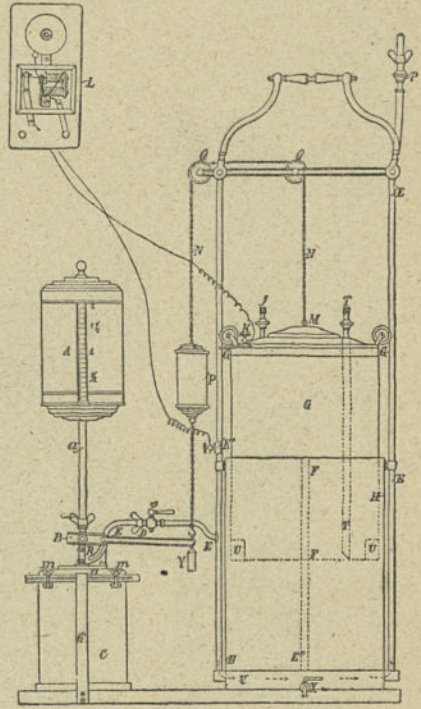


FIG. 10. — Appareil Clauzolle pour la production du gaz acétylène.

APPAREIL CLAUZOLLES (fig. 10).

Cet appareil se compose du gazogène C hermétiquement clos renfermant le carbure, d'un réservoir d'eau A communiquant avec C par le robinet spécial B, d'un gazomètre G réuni à C par le tube à robi-

net D. Le robinet B est muni d'un levier fixé par son extrémité à une chaîne solidaire des mouvements de la cloche. Quand celle-ci remonte ou redescend, elle fait fermer ou ouvrir le robinet d'amenée d'eau B.

Le récipient C est tenu par un couvercle fixe au moyen de quatre

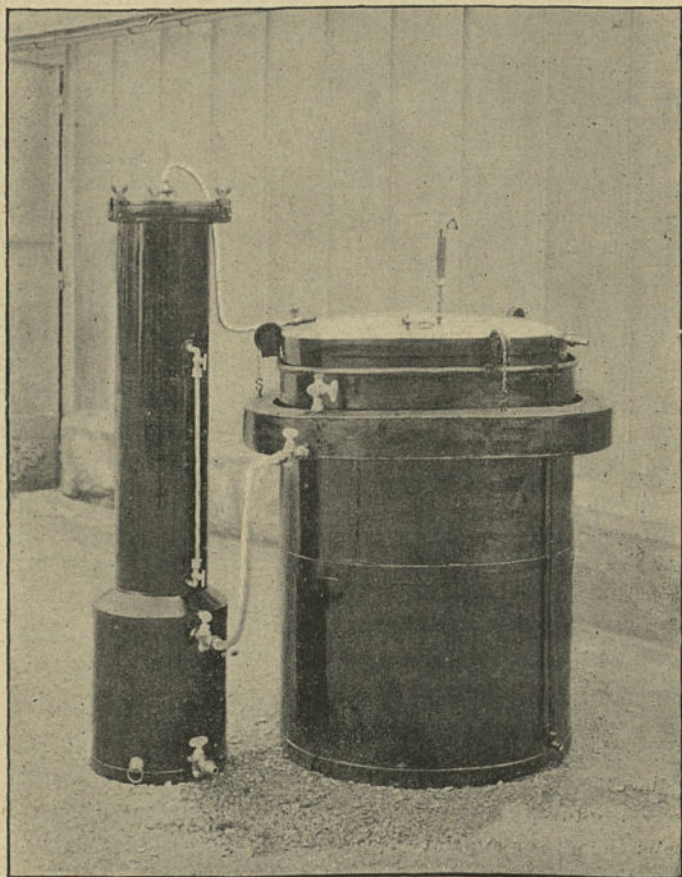


FIG. 11.— Appareil de la Société « l'Acétylène ».

écrous qu'on retire quand il y a lieu de renouveler le carbure; on dégage le récipient et on le remplace par un autre de rechange, après avoir tout d'abord fermé le robinet D, de manière à retenir le gaz dans le gazomètre.

APPAREIL DE LA SOCIÉTÉ « L'ACÉTYLÈNE » (fig. 11).

Cet appareil se compose d'un générateur muni d'un tube indicateur de niveau, d'un gazomètre, d'une couronne annulaire reliée à la cloche, entourant la cuve et se déplaçant en sens inverse de la cloche. Cette couronne renferme l'eau servant à la réaction; elle est reliée par un tuyau flexible avec la base du générateur. Le tout constitue une balance hydraulique. Si la cloche descend, une certaine quantité d'eau pénètre dans le générateur et attaque le carbure. Le gaz formé soulève la cloche et, au fur et à mesure, la couronne annulaire descend en recevant l'eau chassée par l'excès de pression. L'équilibre s'établit ainsi automatiquement entre la pression du gaz et la pression de l'eau.

Le carbure est contenu dans le gazogène sur un support à pointes et s'attaque très régulièrement. Le gaz formé se rend, au moyen d'un tuyau flexible, dans la cloche du gazomètre.

Le principal avantage de cet appareil réside dans l'attaque complète du carbure de calcium et dans la préservation de ce carbure par une couche isolante de pétrole.

APPAREIL BON (fig. 12 et 13).

L'acétylène est produit par la réaction de l'eau tombant en petite quantité sur le carbure contenu dans le gazogène A (fig. 12 et 13). Celui-ci est divisé en compartiments F qui, remplis de carbure, ne sont atteints par l'eau que successivement et progressivement. Quand le carbure du premier casier est épuisé, l'eau entre dans le second casier, et ainsi de suite. Les dimensions et le nombre de ces casiers varient avec l'importance de l'appareil; chacun d'eux contient de 0<sup>kg</sup> 200 à 2 kilogr. de carbure. La boîte à casiers F est recouverte par une cloche rectangulaire H qui plonge dans une bassine E à fond plat, ouverte en haut et remplie d'un tiers d'eau environ jusqu'à un trait marqué extérieurement. Cette eau sert de joint hydraulique et en même temps de réfrigérant.

La cloche H porte un tuyau en plomb G' terminé par un entonnoir où tombe l'eau du réservoir C, amenée par le tuyau G. Cette eau se déverse par l'extrémité *i* du tuyau G' dans le premier casier. Chacun des compartiments porte, sur le haut de la cloison qui le sépare du suivant, une encoche par laquelle l'eau entrera dans le compartiment voisin aussitôt que le gaz produit dans le compartiment précédent

sera sorti du gazomètre, et ainsi de suite jusqu'au dernier dans l'ordre des numéros des compartiments.

L'écoulement de l'eau par le tuyau G est réglé automatiquement par un robinet *r* à contrepoids, dont la tête repose sur la cloche du gazomètre. La cloche ferme en montant ce robinet et intercepte gra-

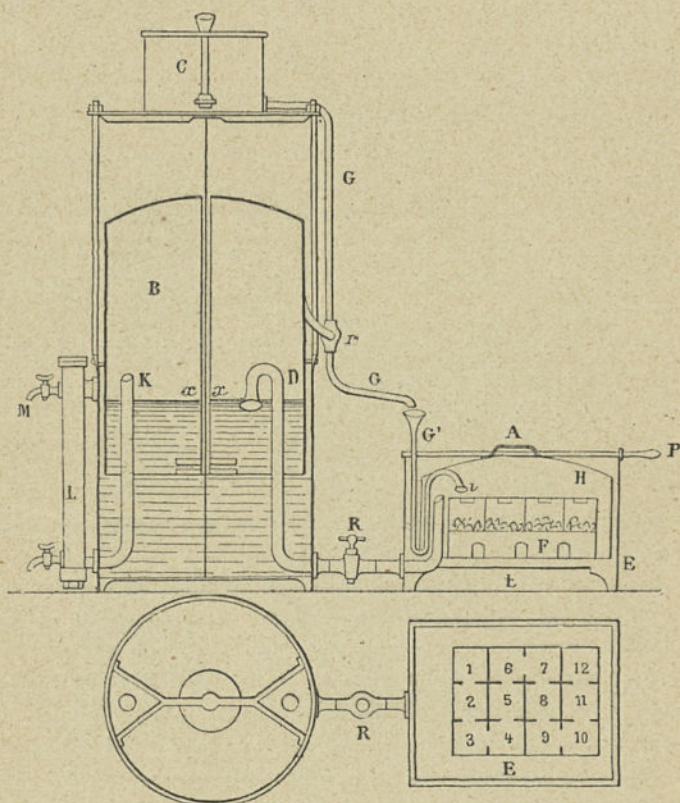


FIG. 12 et 13. — Appareil Bon (Compagnie Continentale d'éclairage par le gaz acétylène).

duellement l'arrivée de l'eau. Le gaz produit une fois consommé, la cloche descend en ouvrant le robinet, et l'eau recommence à couler.

L'acétylène dégagé se rend dans le gazomètre B par le tuyau D. L'extrémité de ce dernier est recourbée en col de cygne ; le gaz est ainsi forcé à barboter dans 3 à 4 centimètres d'eau, où il se refroidit

et se dépouille des traces d'ammoniaque qu'il pouvait contenir. Le robinet R placé sur le tuyau D est à trois voies : la première ouvre et la seconde intercepte la communication entre le gazogène et le gazomètre ; la troisième met ces deux parties de l'appareil en communication avec l'atmosphère.

La capacité totale du gazomètre est calculée de façon que l'acétylène produit par un seul des compartiments F puisse y être emmagasiné. La cloche arriverait alors au haut de sa course et ferait fermer le robinet d'amenée de l'eau ; on n'a donc pas à craindre de surproduction de gaz.

A sa sortie du gazomètre par le tuyau K, l'acétylène traverse une colonne d'épuration L remplie de pierre ponce imbibée de sulfate de cuivre et surmontée d'une petite couche de carbure de calcium. Le sulfate de cuivre a pour but de débarrasser le gaz des phosphore et arséniure d'hydrogène ; la couche de carbure sert à le dessécher.

Il est bon de se servir, pour le gazomètre, au lieu d'eau ordinaire, d'eau salée, l'acétylène étant très peu soluble dans cette dernière.

#### APPAREILS LEQUEUX-WIESNEGG (fig. 14 à 16).

L'appareil représenté figure 14 est susceptible d'être employé dans les cours et dans les conférences. Il se compose d'une cuve B et d'une cloche A qui porte à sa partie supérieure une large ouverture fermée par un bouchon hydraulique F. L'appareil étant au bas de sa course et prêt à être rempli d'acétylène, on retire le bouchon F ainsi que le panier D et le seau E reliés ensemble. On introduit dans le panier la quantité de carbure nécessaire pour remplir le gazomètre. Après avoir eu soin de mettre une certaine quantité d'eau dans la gouttière formant le joint hydraulique du tampon F, on introduit l'ensemble E, D, F, dans le tube C, en opérant assez rapidement pour éviter la perte de gaz. La cloche monte aussitôt, par suite de la production de l'acétylène. Le gaz redescend par un tube jusqu'au fond de la cuve et remonte latéralement dans une colonne G servant de guide à la cloche et de support aux robinets destinés à envoyer le gaz aux points d'utilisation. Un robinet H, placé à la partie inférieure de l'appareil, permet de purger la tuyauterie, dans le cas où il se produirait une condensation d'eau.

L'appareil représenté figures 15 et 16 est *continu*. Il se compose d'un gazomètre à cloche double, c'est-à-dire disposé de façon à mettre le

moins possible de liquide en contact avec le gaz produit et à éviter ainsi les dissolutions et les pertes. Ce gazomètre se compose d'une cuve A, d'une cloche mobile C et d'une cloche fixe B. Le générateur E est formé d'un cylindre au fond duquel se trouve un seau F destiné à recevoir la majeure partie de la chaux résultant de la réaction. Il est fermé par un couvercle G disposé avec joint hydraulique simple ou multiple, suivant la pression que l'on veut obtenir et qui peut atteindre 30 centimètres d'eau, pression nécessaire pour le fonction-

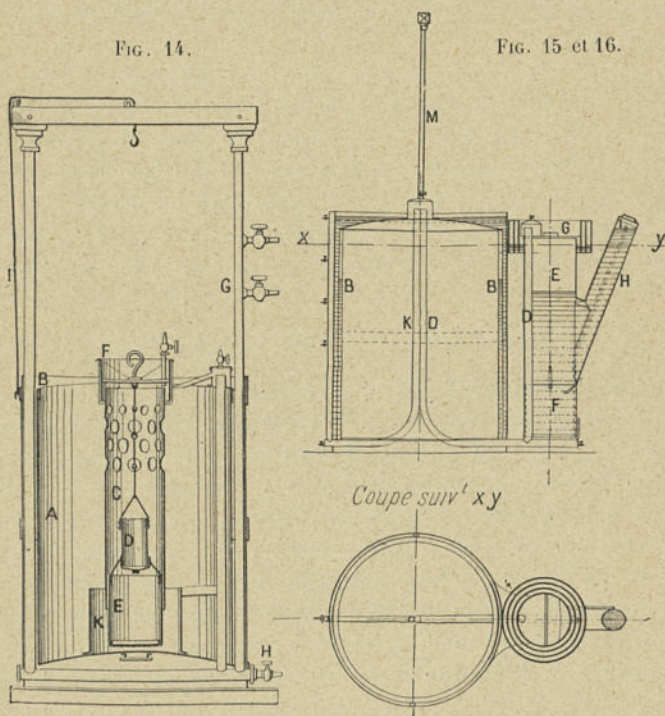


FIG. 14, 15 et 16. — Appareils Lequeux-Wiesnegg pour la production du gaz acétylène.

nement des lampes étalon de M. Violle. Le dessin représente la cloche arrivée au bas de sa course mais étant sous une pression de 30 centimètres. Lorsque la cloche descend par suite de l'emploi du gaz, il suffit de jeter quelques morceaux de carbure par la manche H pour dégager une nouvelle quantité d'acétylène.

APPAREILS DE M. EDWARD N. DICKERSON (fig. 17 à 22).

M. Dickerson, de New-York, a fait breveter, dès juin 1895, plusieurs dispositifs permettant de régler automatiquement la production de l'acétylène au fur et à mesure de sa consommation.

a) Dans l'appareil représenté figure 17, l'eau est amenée d'un réservoir suffisamment élevé A par le tuyau B dans le gazogène D, sur le carbure C placé sur une grille O. L'acétylène se forme quand l'eau

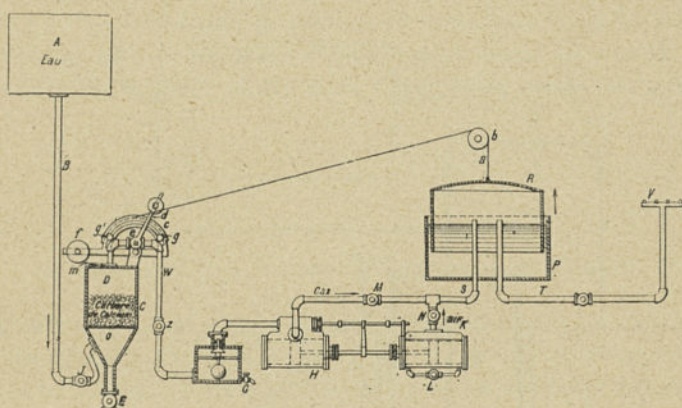


FIG. 17. — Appareil à acétylène de M. Dickerson, à réglage automatique de la production du gaz.

arrive sur le carbure, et son dégagement cesse quand la pression fait refouler cette eau. Le gaz passe par l'intermédiaire d'un robinet d'arrêt *e*, à contrepoids *d*, dans le tuyau W muni d'un robinet Z, dans le régulateur automatique G, puis dans le gazomètre P, R. Entre le régulateur G et le gazomètre, M. Dickerson intercale un dispositif formé d'une machine H actionnant par la pression du gaz une pompe à air K, quand on veut introduire dans le gazomètre un mélange d'acétylène et d'air. Ce dispositif est évidemment inutile quand on veut recueillir l'acétylène seul. Le gaz sort du gazomètre pour se rendre par le tuyau T aux brûleurs V.

Lorsque la cloche R est remplie, la corde ou chaîne *a*, passant sur la poulie *b*, fait tourner le secteur à balancier *fc* jusqu'à ce que la broche *g* rencontre le levier à contrepoids *d* du robinet d'arrêt *e*. Dans

le retour de la chaîne, l'autre broche *g'* ramène le levier dans la position de la figure.

Le gazogène D est muni d'un robinet de décharge E et d'un trou de chargement *m*.

b) Les figures 18 à 22 donnent les dessins d'un autre appareil de M. Dickerson permettant la distribution automatique intermittente, soit de l'eau sur le carbure, soit du carbure dans l'eau, en réglant cette distribution par le déplacement de la cloche d'un gazomètre recueillant l'excédent du gaz nécessaire à la consommation.

M. Dickerson fait remarquer, avec juste raison, qu'il est désavantageux de faire commander directement la distribution de l'eau sur le carbure, au moyen de la cloche du gazomètre. En effet, le robinet d'eau peut encore rester ouvert avant que la cloche se soit déplacée

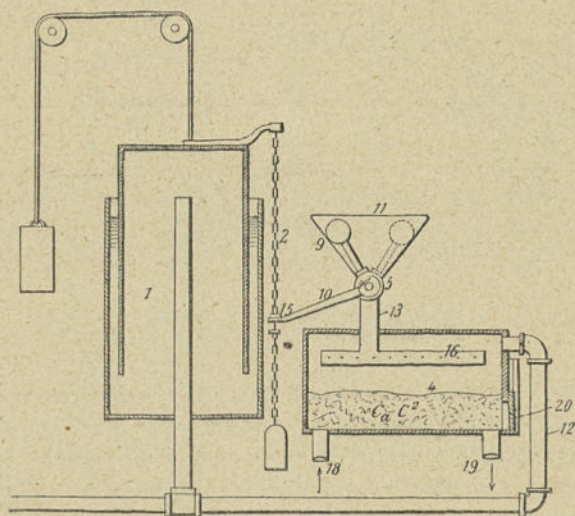


FIG. 18. — Appareil à acétylène de M. Dickerson, permettant la distribution automatique intermittente de l'eau sur le carbure.

et il peut ainsi tomber sur le carbure un excès d'eau donnant lieu à une production d'acétylène supérieure à la capacité de la cloche.

L'appareil de M. Dickerson a pour but d'empêcher cette surproduction et de ne fournir l'eau ou le carbure au gazogène qu'autant que le gazomètre aura été vidé de la quantité de gaz voulue.



La figure 19 est une modification du gazogène relative à l'introduction du carbure dans l'eau, mais les mêmes lettres désignent les mêmes organes. Nous décrivons les opérations correspondantes aux différentes figures.

1 représente le gazomètre; 4, le gazogène; 11, la trémie ou l'entonnoir amenant l'eau dans le générateur par le tuyau 13 et la rampe 16; 12, le tuyau réunissant le générateur au gazomètre; 5, un robinet

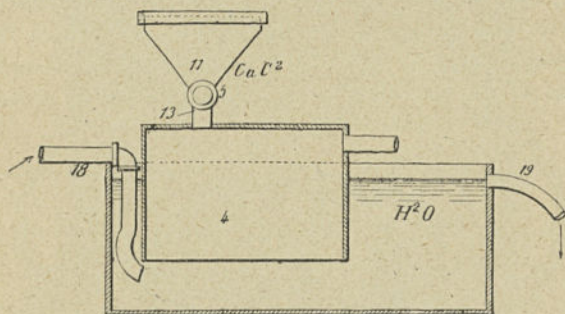


FIG. 19. — Modification du gazogène de l'appareil de M. Dickerson.

d'arrêt à contrepoids ouvrant et fermant alternativement la communication entre la trémie et le générateur; 10, un bras de levier solidaire du robinet 5; 2, une chaîne se déplaçant avec la cloche et manœuvrant le bras du levier 10.

Le boisseau 6 du robinet 5 est percé de deux conduits à angle droit 7 et 8. Ce robinet tourne de 90 degrés quand il est manœuvré par la chaîne du gazomètre. Dans la position indiquée figure 22, la cloche est en haut de sa course et le contrepoids 9 du robinet est dans la position marquée en pointillé sur la figure 18. Dans ce cas, une charge d'eau remplit la chambre 7, 8 du robinet : cette chambre peut être oblongue, comme le montre la figure 21, pour en augmenter la capacité. Au contraire, dans la position du contrepoids 9 marquée en traits pleins sur les figures 18 et 20, le canal 8 communique avec le tuyau 13 : la charge d'eau de la chambre 7, 8 est tombée sur le carbure, mais une autre quantité d'eau n'a pu être introduite parce que la rotation du robinet a coupé toute communication entre la trémie 11 et le générateur 4.

L'acétylène produit par la réaction de l'eau sur le carbure soulève la cloche du gazomètre qui actionne alors le boisseau 6 du robinet 5,

laisse rentrer dans la chambre 7, 8 une nouvelle charge d'eau, mais sans qu'elle puisse encore s'en échapper. Ce n'est que quand la cloche est de nouveau descendue à la position 1 que cette eau de la chambre 7, 8 peut tomber sur le carbure. Cette quantité d'eau que le robinet peut contenir n'est pas suffisante pour produire une quantité de gaz excédant la capacité du gazomètre; et, comme on ne peut introduire une autre quantité d'eau tant que le gazomètre n'a pas été vidé de nouveau, toute surproduction de gaz est ainsi rendue impossible.

La figure 19 s'applique à l'introduction du carbure dans l'eau : il est nécessaire, dans ce cas, que le carbure ait été préalablement réduit en poudre. La trémie 11 est alors fermée par un couvercle 21

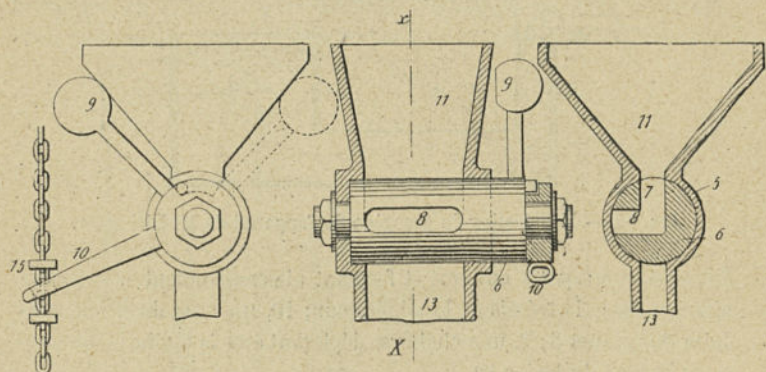


FIG. 20, 21 et 22. — Détails de l'appareil à acétylène de M. Dickerson.

pour éviter un échappement accidentel de gaz. Le carbure tombe dans le générateur dont le fond est ouvert : celui-ci plonge dans une cuve où arrive un courant d'eau s'échappant par le trop-plein 19 en entraînant la chaux formée. La hauteur d'eau dans la cuve est suffisante pour fournir la pression nécessaire au gaz pour se rendre, par le tuyau 12, dans le gazomètre. Les autres dispositifs décrits précédemment pour éviter toute surproduction de gaz sont conservés.

APPAREIL « AT HOME » DE LA SOCIÉTÉ DU GAZ ACÉTYLÈNE (fig. 23).

Cet appareil repose sur l'équilibre de pression qui s'établit entre deux vases communicants; il se compose d'un gazogène et d'un gazomètre,

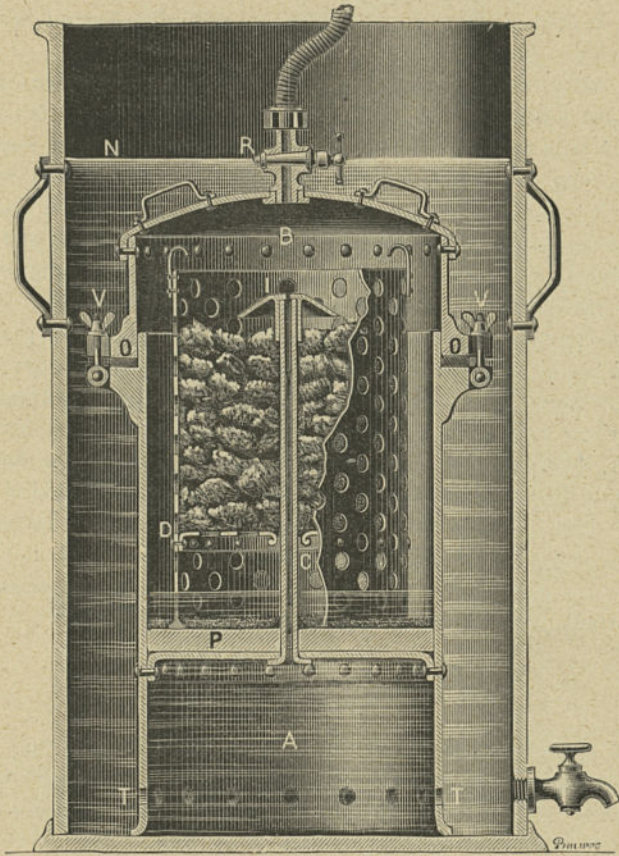


FIG. 23. — Appareil « at home » de la Société du gaz acétylène.

Le gazogène représenté figure 23 est plongé dans une cuve en tôle galvanisée remplie d'eau; c'est un cylindre également en tôle galva-

nisée, lesté de plomb P ; il est formé de deux parties A et B réunies par trois vis à charnières, serrées par des écrous à oreilles V. L'eau arrive dans la partie inférieure A par les trous d'admission T et monte dans le tube CI. Quand elle atteint l'orifice supérieur, elle se déverse sur le chapeau I et tombe dans le panier métallique D contenant le carbure. Le gaz produit par l'attaque de ce corps remplit la partie supérieure B et se rend, par le tuyau de raccord fixé au robinet R, dans la cloche du gazomètre, qui se soulève lorsque la pression atteint 20 centimètres d'eau.

La différence de niveau entre l'eau de la cuve et l'orifice du chapeau est inférieure à 20 centimètres. Dès que la pression fait équilibre à cette différence de niveau, le déversement de l'eau s'arrête ; quand elle arrive à 20 centimètres, elle fait refouler l'eau dans le tube CI jusqu'à 4 ou 5 centimètres au-dessous de l'orifice I. Pendant tout le temps que la cloche est soulevée, l'eau conserve ce niveau dans le tube et ne peut, par conséquent, venir tomber sur le carbure.

Le gaz contenu dans la cloche se consommant aux becs, celle-ci descend ; quand elle vient reposer sur le fond de la cuve, le gaz perd peu à peu sa pression. La pression baisse également dans le gazogène, l'eau remonte alors dans le tube et vient se déverser à nouveau sur le carbure en donnant lieu à une nouvelle production d'acétylène.

Lorsqu'on éteint les becs, l'appareil s'arrête : comme une certaine quantité de gaz continue à se produire par suite de l'humidité contenue dans l'appareil et va s'accumuler dans la cloche du gazomètre, il faut avoir soin de n'éteindre les becs qu'au moment où la cloche est sur le point d'arriver au bas de la cuve et non au moment où elle recommence à monter après une attaque de carbure.

#### APPAREIL LEROY ET JANSON (fig. 24).

Cet appareil, représenté figure 24, se compose d'un réservoir A, de deux gazogènes B B' et d'un gazomètre CD. Le réservoir A contient l'eau nécessaire pour l'attaque du carbure contenu dans un seul des gazogènes et doit être rempli lorsque celui-ci est épuisé.

Chacun des gazogènes est formé d'un récipient renfermant unseau rempli de la quantité de carbure à décomposer ; il est fermé par un couvercle maintenu au moyen d'une rondelle en caoutchouc et de boulons à rabattement avec écrous à oreilles. Ce couvercle porte deux tubes recourbés à angle droit : l'un central, mobile, amenant

l'eau à la partie inférieure du carbure, l'autre servant à la sortie du gaz.

La cuve D du gazomètre porte à sa partie supérieure un robinet F à levier qui se ferme tout seul par l'action d'un ressort. Ce robinet-

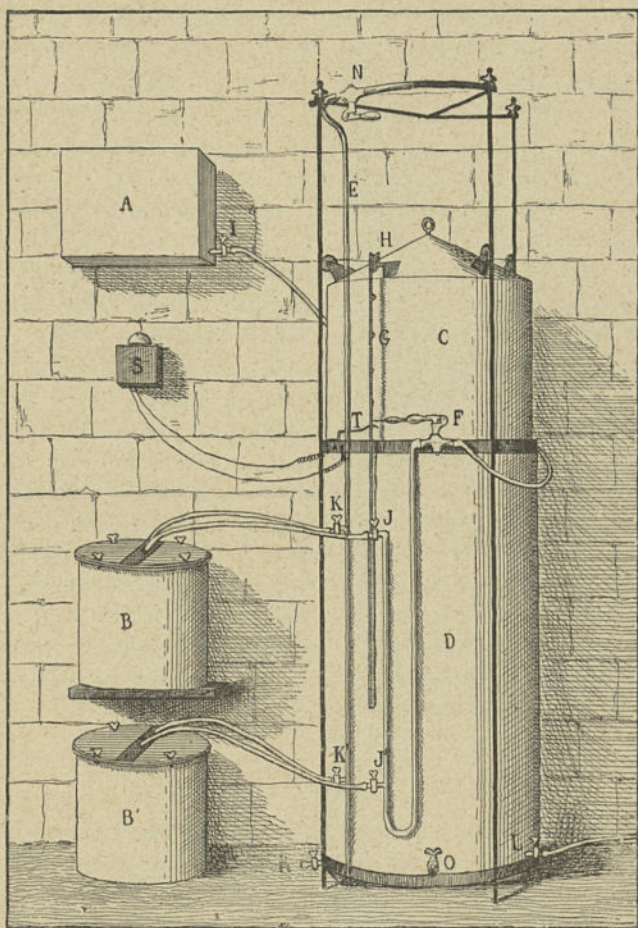


FIG. 24. — Appareil Leroy et Janson.

communique d'un côté avec le robinet I du réservoir A, de l'autre avec un tuyau aboutissant aux robinets J et J' d'alimentation des gazogènes. Ce robinet est la pièce la plus importante de l'appareil. Il

s'ouvre quand son bras de levier est rencontré par l'un des quatre crans G, d'une tige HG guidée par une glissière et solidaire des mouvements de la cloche C, et cette ouverture n'a lieu que quand cette cloche descend ou est au bas de la cuve. L'eau est alors introduite par l'un des robinets J, le second J' ne devant être ouvert que quand le premier aura été fermé, c'est-à-dire après l'épuisement du premier gazogène. L'acétylène produit se rend par le tube central du gazogène, le robinet K et le tuyau EKK', dans une boîte de condensation munie d'un robinet de purge R qui sert à extraire de temps en temps les produits de condensation, et enfin il pénètre dans la cloche du gazomètre. Il en sort par le robinet L pour alimenter les becs servant à l'éclairage.

Le tuyau EKK' se termine à sa partie supérieure par un robinet de sûreté N identique au robinet F et qui s'ouvre sous l'action du taquet H de la tige HG, lorsque la cloche est tout en haut de sa course; ce fait ne doit se produire qu'accidentellement, par exemple, si le robinet F venait à fuir, ce qui donnerait ainsi lieu à une production de gaz trop considérable. Dans ce cas, le robinet de sûreté N s'ouvrirait en laissant échapper l'excès de gaz dans un tuyau qui le conduirait au dehors. Ce robinet N sert encore pour expulser le mélange d'air et d'acétylène qui se trouve tout d'abord dans la cloche au moment où l'on commence à mettre l'appareil en marche.

Enfin, de même que plusieurs des appareils décrits ci-dessus, celui-ci est muni d'une sonnerie électrique S dont le circuit est fermé par le contact T et la partie supérieure de la tige H, quand la cloche est presque au bas de sa course : on est ainsi averti que le gazogène en service est épuisé et qu'il faut mettre l'autre en marche.

#### APPAREIL SERPOLLET-LÉTANG (fig. 25).

Le système Serpollet-Létang consiste à employer le carbure traité spécialement pour empêcher la surproduction. L'appareil très simple est un gazomètre-gazogène dont le fonctionnement est analogue à celui du briquet à hydrogène. Celui représenté figure 25 est établi pour débiter un mètre cube et demi d'acétylène sans être rechargé, ce qui correspond à une charge de 5 kilogr. de carbure. Il se compose d'un réservoir extérieur de forme cylindrique terminé par un fond tronconique fermé dans le bas par un large bouchon à vis et, dans le haut, par un couvercle joignant bien, mais n'étant pas absolument étanche.

Un trépied supporte le réservoir et le maintient assez éloigné du sol pour qu'on puisse placer sous l'orifice d'évacuation un seau destiné à recevoir les résidus de la décomposition, lorsqu'on procède au rechargement de l'appareil.

Une cloche pouvant monter et descendre librement dans le réservoir extérieur renferme le panier à carbure qui est maintenu en place par des montants et des mentonnets à ressort.

Le gaz produit est conduit à l'extérieur par un système de deux tubes verticaux reliés entre eux par un réservoir servant de purgeur et dont l'ensemble constitue un U à branches inégales. La plus longue de ces branches est amorcée à la canalisation au moyen d'un joint hydraulique aisément démontable et d'une étanchéité certaine.

Lorsque l'écoulement du gaz a lieu, le niveau de l'eau s'élève sous la cloche et atteint celui du carbure.

L'acétylène se dégage alors et il fait refluer l'eau qui cesse d'être en contact avec le carbure. Il s'établit ainsi un équilibre entre

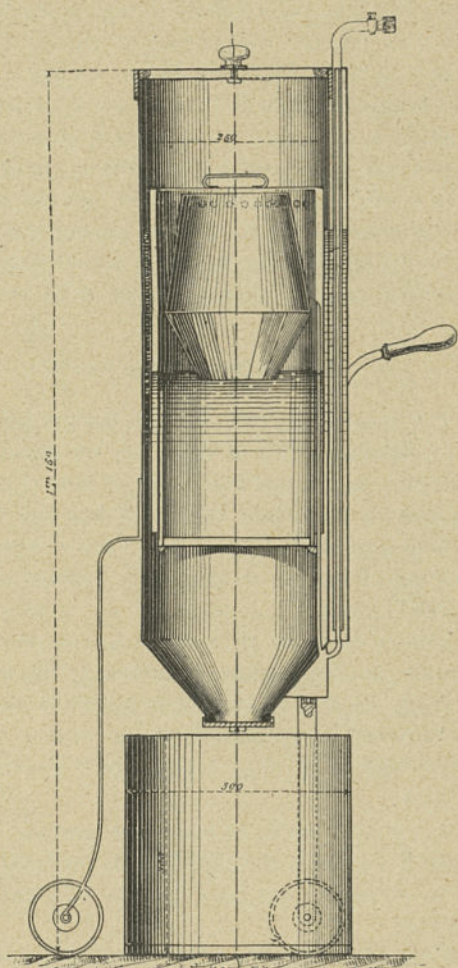


Fig. 25. — Appareil Serpillet-Létang.

ces deux actions contraires, variable seulement avec l'intensité du débit. La mobilité de la cloche corrige du reste les irrégularités qui pourraient se produire lors des changements brusques de pression.

La chaux formée s'écoule à travers les mailles du panier : le carbure est donc toujours directement en contact avec la grille. Lorsqu'on supprime la consommation du gaz, comme sa pression dans la cloche fait baisser le niveau de l'eau de quelques centimètres au-dessous du carbure, la production d'une nouvelle quantité d'acétylène doit cesser, à part celle qui est due à l'humidité du gaz et à celle des fils du panier et qui, d'après le constructeur, est insignifiante.

Cet appareil a été mis à l'essai pendant quatre mois pour l'éclairage à l'acétylène d'un des tramways qui circulent entre la Madeleine et Gennevilliers : il a été rendu compte de ces essais dans le *Génie Civil* (1).

#### APPAREIL BEAU ET BERTRAND-TAILLET (fig. 26).

Cet appareil (fig. 26), que MM. Beau et Bertrand-Taillet ont étudié en collaboration avec M. Durafort, est constitué par un gazomètre-gazogène dans lequel l'acétylène est produit par une série de chutes successives du carbure de calcium dans une masse d'eau.

Il se compose de deux cuves, l'une extérieure, l'autre intérieure, et d'une cloche qui se meut dans l'espace annulaire compris entre ces deux cuves.

Sous le couvercle de la cloche sont suspendus des tubes mobiles A fermés par des tampons et renfermant chacun environ 2 kilogr. de carbure ; ils sont au nombre de quatre ou de sept selon l'importance de l'appareil. L'extrémité de chaque tube est fermée par une soupape B qui, par le jeu d'un contrepoids P, s'ouvre pour laisser passer le carbure.

Le couvercle porte, en outre, une soupape de sûreté J et un bouchon E servant à l'introduction de quelques morceaux de carbure qu'on commence par jeter dans la cuve pour la première mise en marche.

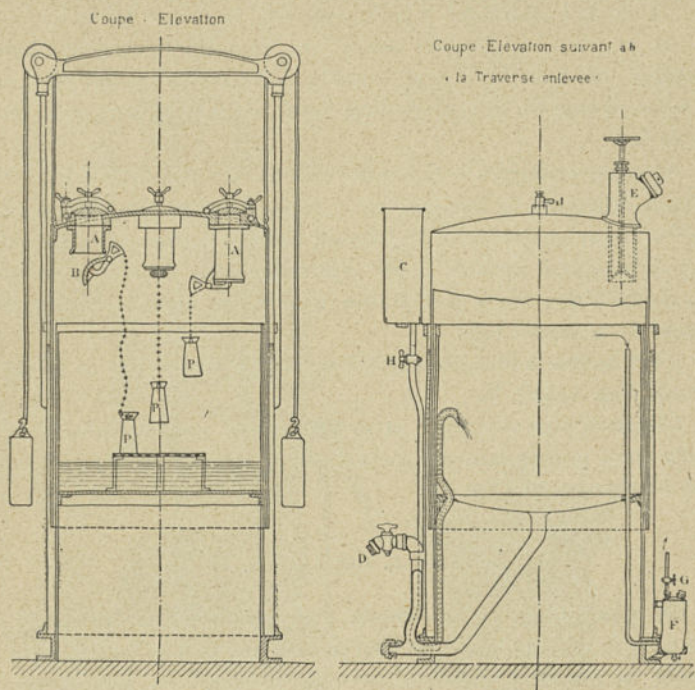
L'eau nécessaire pour la fabrication du gaz est alors amenée d'un réservoir C par le robinet H. La cloche s'élève aussitôt. Le mélange d'air et d'acétylène est chassé en dehors au moyen du robinet placé sous le séchoir F. L'appareil est ainsi prêt à fonctionner.

---

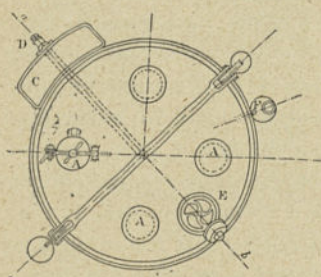
(1) Voir le *Génie Civil*, t. XXVIII, n° 49, p. 303.



Quand la cloche est descendue d'une quantité suffisante, le contre-



Plan



LÉGENDE :

- A, tube contenant la charge de carbure de calcium.
- B, soupape s'ouvrant par son propre poids et par l'allègement du poids P.
- C, réservoir d'eau.
- D, vidange.
- E, introduction du carbure pour la mise en marche.
- F, sécheur de gaz.
- G, prise de gaz.
- H, robinet d'introduction d'eau.
- J, soupape de sûreté.

FIG. 26. — Appareil Beau et Bertrand-Taillet.

pois qui fermait la soupape B du premier tube A se trouve arrêté ; cette soupape s'ouvre, une première charge tombe dans l'eau et la

cloche remonte. Le gaz produit traverse le sécheur et épurateur F et se rend aux becs à éclairer par le tuyau G.

Au fur et à mesure de la consommation, la cloche descend à nouveau jusqu'à ce qu'elle fasse ouvrir une deuxième soupape qui laisse tomber une nouvelle charge de carbure. Le gaz se produit ainsi par chutes successives du carbure dans l'eau, jusqu'à épuisement du dernier tube.

Ainsi que le montre la figure 26, tous les contrepoids sont à des niveaux différents, de manière qu'ils ne puissent être arrêtés que l'un après l'autre quand la cloche descend. Enfin le dernier tube renferme une provision de carbure un peu plus forte que le premier, parce que la cloche a une course plus grande à parcourir après le fonctionnement de ce dernier tube.

L'eau de chaux produite s'enlève au moyen d'un siphon de vidange muni d'un robinet D.

L'appareil peut se charger et se nettoyer en marche. Enfin le carbure étant projeté dans un excès d'eau, la chaleur due à la réaction ne dépasse pas 35 à 38°.

#### APPAREIL A. CERCKEL (fig. 27).

Cet appareil (fig. 27) se compose d'un générateur C renfermant le carbure de calcium lequel est disposé dans une série de paniers superposés : ce générateur est réuni, par sa partie supérieure, avec un réservoir d'eau A et par sa partie inférieure, avec un gazomètre G dont la cloche, dans son mouvement ascensionnel, vient buter contre un levier actionnant un robinet K qui commande l'admission de l'acétylène dans le gazomètre. La partie inférieure du générateur est conique et renferme une balle en caoutchouc F d'une densité inférieure à celle de l'eau et qui joue le rôle de soupape. L'eau du réservoir pénètre dans le générateur en soulevant cette balle F puis, lorsque le gazomètre est plein, le robinet K se trouvant fermé automatiquement, la pression augmente dans le gazogène et refoule l'eau dans le réservoir ; la balle de caoutchouc vient alors reposer et se trouve appliquée par la pression même sur le siège ménagé à cet effet à la base du gazogène.

Cette disposition très simple a pour but d'empêcher l'acétylène de s'échapper par le tube communiquant avec le réservoir ; de plus, elle pare à l'un des principaux inconvénients communs à la plupart des



carbure par la vapeur d'eau, lorsque cette eau a été refoulée en dehors de la masse de carbure.

Lorsque, par suite de la consommation, le gazomètre a baissé d'une quantité suffisante, le robinet s'ouvre à nouveau et l'acétylène du gazogène passe dans le gazomètre; enfin, lorsque la pression dans le gazogène est devenue inférieure à celle exercée par l'eau du réservoir, la balle-soupape se soulève, l'eau pénètre dans le gazogène et vient attaquer le carbure de calcium, et le cycle des opérations recommence.

Pour le chargement de l'appareil, on ferme les robinets B et I, puis on ouvre le générateur C en dévissant les écrous E; on retire alors l'étui intérieur contenant les paniers; comme les appareils possèdent deux jeux de paniers, on peut en avoir toujours un de prêt; de cette façon, on remplace ceux dont le produit est épuisé par ceux qui sont préparés d'avance. Le chargement se fait ainsi en moins de deux minutes. Si un ou deux paniers n'ont pas été attaqués par l'eau ou l'ont été à peine, on les place au bas de l'étui pour qu'ils soient utilisés les premiers. Quand l'étui a été retiré, on ouvre le robinet H pour purger l'appareil.

#### APPAREIL DEROY FILS AINÉ (fig. 28 et 29).

Cet appareil repose sur le principe de la diffusion et de l'épuisement méthodique, employé particulièrement en sucrerie. Sur la figure ci-contre sont indiqués deux gazogènes 1 et 2, mais le nombre n'en est pas limité et peut varier suivant l'importance de la production. Ces générateurs communiquent automatiquement entre eux et contiennent le carbure divisé et réparti en couches séparées que l'eau attaque et épuise successivement.

A la mise en marche, l'eau est amenée du bac d'alimentation 14 au robinet à cadran 6, qui la conduit au bas du générateur 1 et attaque d'abord le carbure du premier casier inférieur. Elle se rend ainsi successivement de casier en casier : ceux-ci sont disposés en chicane, de sorte qu'il n'y en a jamais deux attaqués à la fois.

Dès que le gaz se dégage, l'eau cesse automatiquement d'être introduite et reprend de même pour fournir à la consommation. A cet effet, à l'intérieur du réservoir 13, se trouve un flotteur qui y maintient un niveau constant réglé par le tube d'arrivée d'eau venant du bac d'alimentation 14. En outre, ce réservoir porte un tube de jauge 16

dont la distance à l'extrémité supérieure du tube 7, qui réunit les deux générateurs, constitue une différence de niveau qui équilibre la pression du gazomètre. Le tube de jauge est mobile et son inclinaison dans une position déterminée, sert à établir le point d'eau d'après la pres-

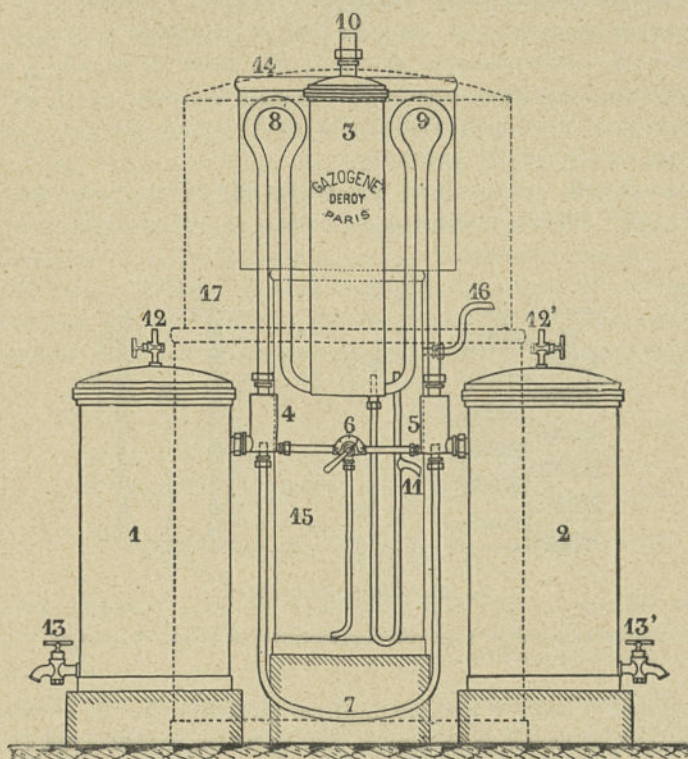


FIG. 28. — Appareil Deroy fils aîné.

1, 2, Générateurs ; — 3, Laveur-épurateur ; — 4, 5, Nourrices ; — 6, Robinet de distribution d'eau ; — 7, Communication d'eau entre les générateurs ; — 8, 9, Tubes à joint hydraulique pour passage et arrêt du gaz ; — 10, Raccord du tuyau allant au gazomètre ; — 11, Tube de sûreté et sortie des condensations ; — 12, 12', Robinets d'air ; — 13, 13', Robinets de vidange ; — 14, Bac d'alimentation d'eau ; — 15, Réservoir à niveau constant ; — 16, Tube de jauge ; — 17, Gazomètre.

sion exercée par le gazomètre. Lorsque la pression augmente, l'alimentation cesse. Lorsqu'elle diminue, la cloche du gazomètre descend et diminue de poids en plongeant davantage dans l'eau : c'est grâce à cet allègement que l'alimentation recommence.

Par suite de ces dispositifs, l'attaque successive du carbure se fait progressivement sans à-coups, au fur et à mesure de la consommation du gaz. L'eau décomposant le carbure atteint l'une après l'autre les diverses couches jusqu'à épuisement complet de la charge.

Lorsque l'eau est ainsi remontée dans le générateur 1, jusqu'au niveau de l'orifice supérieur du tube 7, elle gagne par ce tube 7 le générateur 2 qui, alors, entre en fonction sans que pour cela on ait à interrompre ni la consommation, ni la production, et sans qu'il y ait aucun robinet à ouvrir ou à fermer.

Les charges dans chacun des générateurs sont calculées pour durer un certain nombre d'heures ou de jours : ce qui donne le moyen

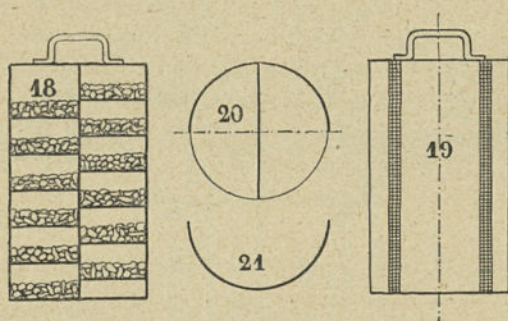


FIG. 29. — Détails de l'appareil.

18, Panier de charge ouvert ; — 19, Panier de charge fermé ; — 20, Vue en plan ; — 21, Coupe de la fermeture latérale.

d'effectuer à loisir le remplacement du générateur épuisé ; il suffit, pour cela, de l'isoler au moment de cette opération, en détournant l'arrivée d'eau au moyen du robinet 6 et ensuite de renouveler la provision de carbure.

A la sortie des générateurs, le gaz se rend dans l'épurateur-dessiccateur 3 par les nourrices 4 et 5 et les tubes 8 et 9 et il s'y purifie.

Le fond de ce laveur-dessiccateur renferme une petite couche d'eau dont la hauteur est réglée par la saillie intérieure du tube 11 et qui remplit un double but : d'abord elle sert à l'épuration du gaz, ensuite elle fait fonction d'obturateur et tient lieu de fermeture par robinet quand l'un ou l'autre des générateurs 1 et 2, ou tous deux sont inactifs.

La pression du gaz contenu dans le gazomètre vient alors agir sur

l'eau et la refoule dans les tubes 8 et 9 à hauteur suffisante pour les obturer complètement, tandis qu'au contraire, quand les générateurs fonctionnent l'eau des tubes est refoulée dans le laveur et le passage du gaz formé dans ces générateurs devient libre.

Le tube siphonide 11 assure l'évacuation des résidus de l'épuration et sert aussi d'organe de sûreté pour parer à toute éventualité en cas de surproduction.

Le gazomètre 17 ne monte que quand la consommation cesse; sa capacité est calculée de manière à pouvoir recevoir tout le gaz dû à la charge d'un casier : il ne sert qu'à contenir le gaz produit par la petite quantité de carbure déjà humidifiée au moment de l'extinction de la lumière : car, pendant la consommation, il reste abaissé, la production ne s'effectuant que suivant les besoins de l'éclairage.

M. Derooy a installé l'éclairage à l'acétylène au moyen de cet appareil, dans ses ateliers de la rue du théâtre à Grenelle, où la lumière est donnée au moyen de 80 becs débitant chacun environ 60 litres à l'heure.

## II. — APPAREILS PERMETTANT D'OBTENIR L'ACÉTYLÈNE COMPRIMÉ SOUS TOUTES PRESSIONS JUSQU'À LA LIQUÉFACTION

### SYSTÈMES DUCRETET ET LEJEUNE (fig. 30 à 32).

MM. Ducretet et Lejeune construisent deux sortes d'appareils servant à produire l'acétylène, l'un sous toutes pressions, l'autre à pression réduite.

Le premier, représenté figure 30, comprend essentiellement un récipient B, renfermant le carbure de calcium, clos par un couvercle à fermeture rapide avec joint hermétique bloqué, et au-dessus de B un second récipient B' contenant la quantité d'eau qui est nécessaire pour décomposer le poids de carbure contenu dans B. Ces deux récipients sont réunis directement par la pièce A ou peuvent l'être à distance avec des tubes de longueur convenable, munis de robinets d'arrêt.

L'eau se déverse de B' en B par le tube intérieur T. Le second tube T' établit l'égalité de pression entre G et G' : par suite, pour toutes les pressions, l'eau devrait s'écouler en B par sa propre pression, résultant de la hauteur qui sépare les deux récipients.

Au-dessous du couvercle se trouve un régulateur Re du débit de l'eau. Dès que cette eau arrive au contact du carbure, elle produit

un dégagement d'acétylène qui s'accumule dans les espaces GG' et est utilisé à la sortie du robinet A'. Dès que la pression que l'on veut atteindre dépasse la limite de réglage du ressort Re elle agit sur une

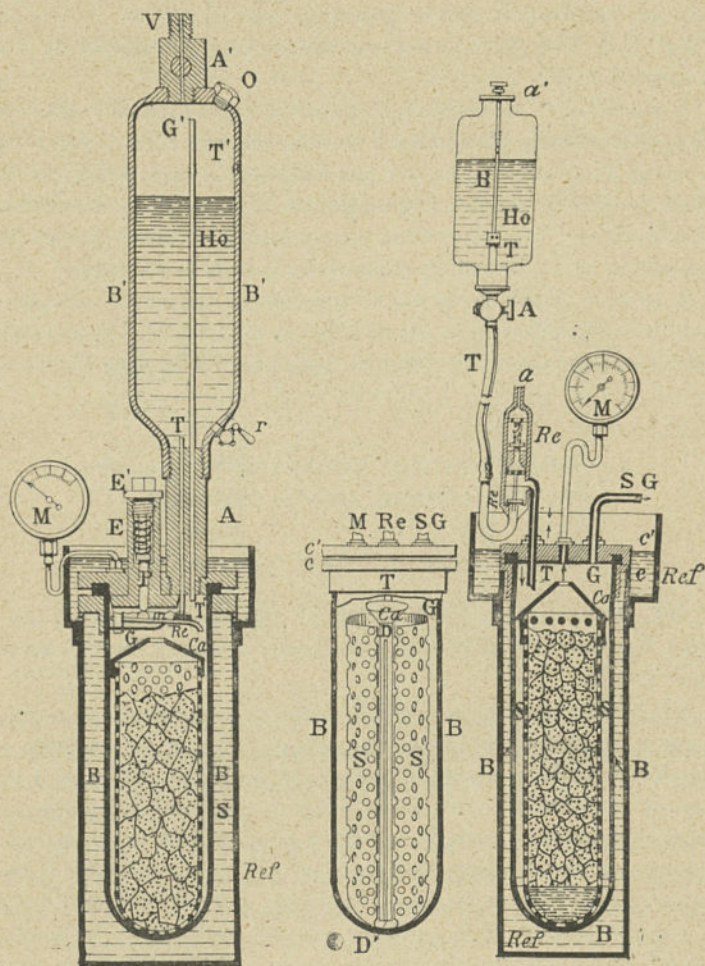


FIG. 30, 31 et 32. — Appareil Ducretet et Lejeune.

membrane *m* communiquant avec l'air extérieur : cette membrane, par suite, se bloque sur son siège et laisse libre le ressort intérieur.



Le clapet qu'il commande vient alors boucher l'orifice intérieur du tube T et l'écoulement de l'eau s'arrête.

La répartition de l'eau sur le carbure se fait de la manière suivante (fig. 31). Ce carbure est placé dans un ou plusieurs récipients perforés SS laissant un petit espace libre entre eux et le récipient B. L'eau se déverse à l'intérieur de l'entonnoir Ca, puis par le tube fendu D, elle arrive à la partie inférieure de B. L'eau attaque ainsi le carbure de bas en haut : la partie inférieure de D se bouche par la formation de la chaux, mais l'eau continue à se déverser par la fente longitudinale de ce tube D.

Le second appareil représenté figure 32 renferme, comme le premier, le même récipient de carbure décrit figure 31. L'eau contenue dans un réservoir supérieur B' est amenée par le robinet A à un régulateur de débit Re. Celui-ci consiste en une soupape libre verticale, ayant au-dessus d'elle une petite colonne d'eau. Sous la pression de l'eau du réservoir B', elle s'ouvre et laisse écouler cette eau par le tube T sur le chapeau du récipient de carbure S. Le gaz produit se dégage en G et s'échappe par le tuyau de sortie SG. Si la pression en G devient trop forte, la soupape Re se referme et arrête l'écoulement de l'eau, qui reprend dès que la pression du gaz est redevenue normale. Au-dessus de Re est une soupape de sûreté Re' à réglage variable qui sert à la sortie du gaz par a, dans le cas de pressions anormales : il est expulsé au dehors ou peut être recueilli dans un récipient d'attente. La pression intérieure est indiquée par le manomètre M.

La sortie du gaz SG est reliée à un réducteur de pression à débit constant, tel que le détenteur Pintsch ; et, à la suite, alimenté par ce détenteur, se trouve un gazomètre.

#### SYSTÈME BULLIER (fig. 33).

L'appareil de M. Bullier, représenté figure 33, se compose d'un récipient A en acier soudé supporté par deux tourillons sur un chevalet, de façon à faciliter le nettoyage. Il est rempli d'eau aux deux tiers de sa hauteur. L'orifice de chargement est fermé par un anneau en caoutchouc et des boulons à rabattement avec écrous à oreilles. Au centre de ce couvercle est un presse-étoupe dans lequel peut glisser à frottement une tige D que l'on conduit à la main et qui supporte un panier percé de trous contenant 5 kilogr. de carbure.

Avant de descendre le panier, on commence par projeter dans l'eau quelques morceaux de carbure par le trou C qu'on ferme par une plaque à étrier. Le gaz formé chasse l'air de l'appareil dont le robinet d'échappement R''' a été préalablement ouvert. Le gaz se perd dans l'atmosphère en entraînant l'air contenu dans le générateur, dans

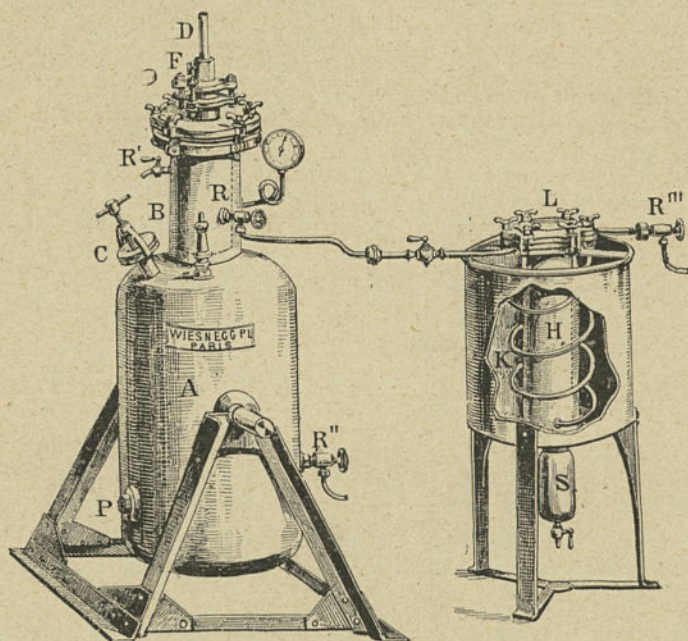


Fig. 33. — Appareil Bullier.

le serpentin K, dans le dessiccateur H et dans le tuyau de chargement relié au robinet R'''. Au bout de quelques minutes, l'appareil est complètement purgé ainsi que ses accessoires; on visse alors le tuyau de chargement sur le réservoir à remplir. On ferme le robinet R et l'appareil est prêt à fonctionner.

On enfonce alors peu à peu la tige D de façon à plonger progressivement le carbure dans l'eau. Si la pression est trop forte, on laisse couler une certaine quantité d'eau par le robinet R'' et on relève la tige qui porte le panier : on se règle, à cet effet, sur les indications du manomètre. Quand la pression atteint celle que l'on veut obtenir



TROISIÈME APPAREIL DICKERSON (fig. 35 et 36).

Le principe de cet appareil, représenté figure 35, est celui du briquet à hydrogène. Le carbure est contenu dans la chambre A terminée par une fermeture à vis F formant joint étanche. Au-dessus de cette fermeture, pour le cas où elle laisserait échapper une petite quantité de gaz produit dans A, est disposée une cloche à joint hydraulique reliée par un tuyau flexible H avec un tuyau d'échappement G débouchant loin de l'appareil dans l'atmosphère.

La partie inférieure de A est formée d'un cône renversé et d'un cône droit. A 20 centimètres environ de leur jonction est un grillage O sur lequel repose le carbure. La chambre A est terminée par une chambre inférieure B à fond ouvert reposant par des supports S à l'intérieur d'une cuve C pleine d'eau, à alimentation automatique D et à trop-plein Q. Cette eau sert à attaquer le carbure et à refroidir le gaz. La chaux hydratée formée peut foisonner librement dans l'espace OY.

Près du grillage O, s'étendant au-dessus et un peu au-dessous de celui-ci, se trouve le tuyau de prise de gaz MN suffisamment large pour ne pas permettre l'entraînement de l'eau. Le gaz se dégageant par ce tube se rend dans un régulateur T, d'où il s'échappe par le tube Z à la pression voulue. Cette disposition a pour but d'enlever le gaz au point même de sa production, sans le laisser traverser la masse de carbure non décomposée pour éviter l'action, sur ce corps, de l'humidité qu'il entraîne.

Tant que l'eau est maintenue dans la cuve à un niveau constant  $a$ , le robinet d'alimentation D reste fermé. La chambre B est munie à sa partie inférieure d'une ouverture K à laquelle aboutit le tuyau de sécurité KG qui débouche dans l'atmosphère. Quand la pression du gaz en MN dépasse celle qui est voulue en Z, le régulateur T ferme la sortie du gaz. L'excès de pression dans la chambre A force l'eau de B à refluer dans la cuve C. La chaux en poudre formée tombe au fond de cette cuve et ne reste pas mélangée au carbure. Aussitôt que la pression décroît, l'eau revient en contact avec le carbure. Il se produit ainsi une régularisation automatique de l'action de l'eau sur le carbure.

Si le gaz n'est pas utilisé au fur et à mesure de sa production, ou si, par l'excès de pression, il ferme le régulateur il se répand alors dans la chambre B. Bien que l'eau ne soit plus en contact avec le

carbure, la vapeur d'eau continue cependant à l'attaquer lentement. Mais la capacité de B doit être suffisante pour prendre charge de tout l'excès de gaz ainsi formé.

L'eau refluee dans la cuve C s'échappe par le trop-plein Q placé au-dessus du niveau *a*, et ne permet pas l'ouverture du robinet d'ali-

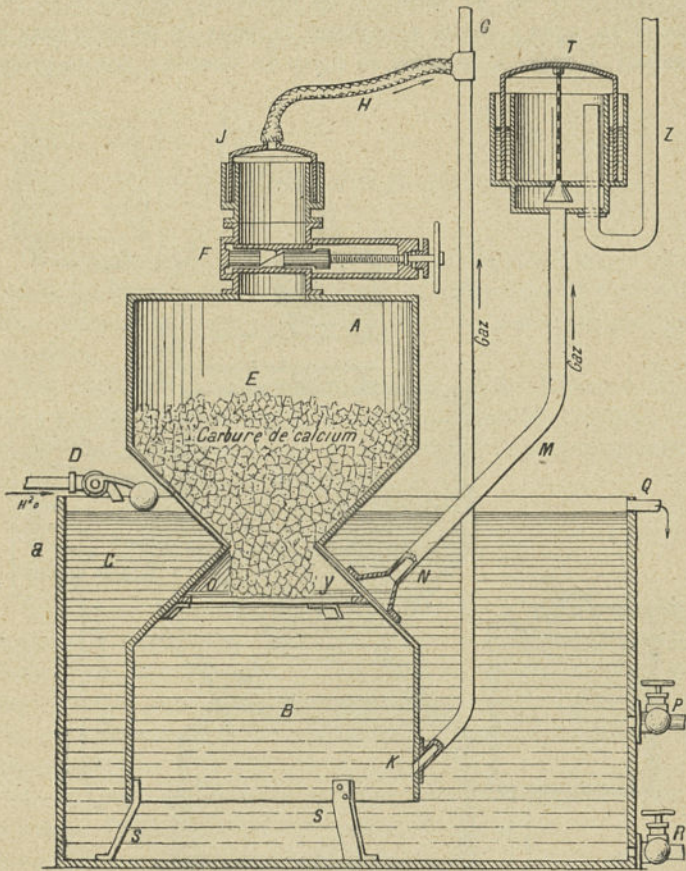


FIG. 35. — Appareil Dickerson.

mentation D. Si le niveau de l'eau dans la chambre B descendait au-dessous de l'orifice K, l'excès de gaz s'échapperait par le tuyau G qui sert de soupape de sûreté.

La cuve C est munie d'un robinet de vidange R. Elle se prolonge au delà de la chambre B dans le but d'enlever la chaux; l'espace est assez large pour qu'un homme puisse s'y tenir. La chaux tombée au fond peut être ou enlevée à la pelle ou recueillie dans une auge mobile.

L'appareil représenté figure 36 est une modification du précédent. La chambre B est ici fermée. L'eau arrive du réservoir C en traversant un tamis L destiné à empêcher la chaux de pénétrer dans ce réservoir. L'orifice K est réuni au tuyau de sécurité G comme précé-

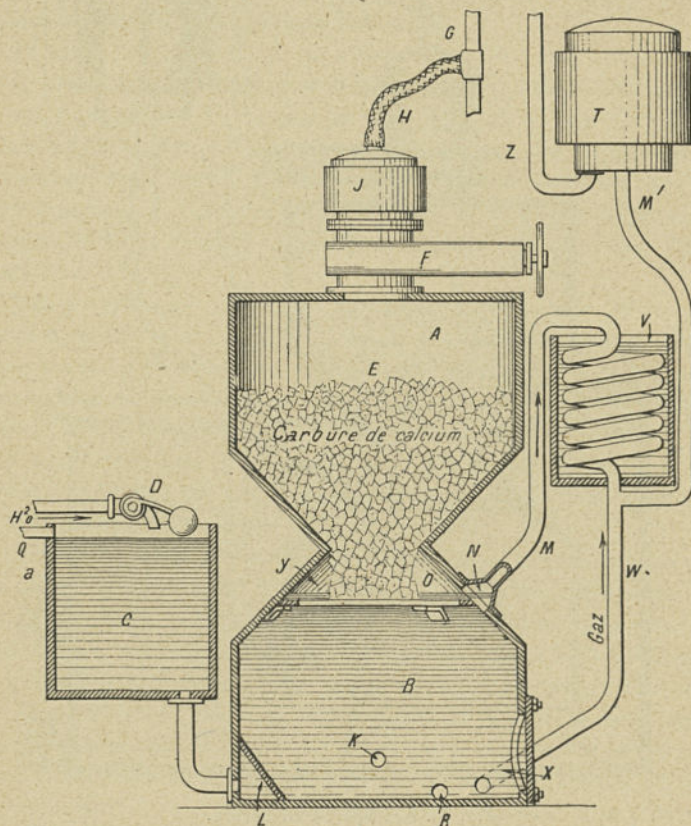


FIG. 36. — Appareil Dickerson modifié.

demment. Cet appareil modifié comporte un réfrigérant spécial V remplaçant le tuyau M de dégagement du gaz qui, dans le système

précédent, passe à travers la masse d'eau de C pour que la vapeur échappée avec le gaz puisse s'y condenser. A la sortie du serpent, le gaz se rend au régulateur par le tuyau M' et l'eau condensée revient dans la chambre B par le tuyau W. Enfin X représente un trou d'homme servant à l'enlèvement de la chaux.

Il est à remarquer que, dans ces appareils, le régulateur T contrôle l'arrivée de l'eau en D, puisque cette eau n'entre en combinaison avec le carbure qu'autant que ce régulateur permet l'écoulement du gaz déjà produit.

### III. — APPAREILS DE FABRICATION DE L'ACÉTYLÈNE LIQUIDE

En outre des appareils de la deuxième catégorie décrits précédemment, qui peuvent être utilisés pour la liquéfaction de l'acétylène, nous examinerons deux procédés employés exclusivement pour cette opération.

MM. Dickerson et Suckert préfèrent, par raison d'économie, liquéfier l'acétylène sous l'action de sa propre pression. M. Pictet, au contraire, reprend par une pompe de compression l'acétylène préalablement recueilli dans un gazomètre.

#### 1° APPAREIL DICKERSON ET SUCKERT (fig. 37).

Cet appareil, représenté figure 37, a pour but de rendre régulier et continu le dégagement du gaz qui, au fur et à mesure de sa liquéfaction, est introduit dans les bouteilles servant au transport. Pour assurer cette liquéfaction, il faut d'abord purger l'acétylène de l'air, des gaz condensables et de l'eau entraînée. Voici les dispositions adoptées à cet effet :

Le carbure de calcium est introduit dans l'un des générateurs en fer forgé AA<sup>1</sup> qui portent des orifices de chargement 44<sup>1</sup> et de vidange 22<sup>1</sup> et qui sont placés dans les bâches BB<sup>1</sup> où circule un courant continu d'eau froide.

L'eau servant à la réaction arrive sur le carbure dans le générateur par la rampe 33. Elle est amenée par les robinets 18 et 18<sup>1</sup> graduellement ouverts. L'acétylène mêlé de vapeur d'eau se dégage par le tube 3, arrive dans le serpent C, refroidi par un courant d'eau froide

contenue dans la bache D. L'eau de condensation de la vapeur se rend par le tube 4<sup>1</sup> dans le réservoir d'eau E et le gaz qui s'en sépare passe par les tubes 4 et 5, dans le dessiccateur F, à l'intérieur duquel sont des tablettes 6 à larges surfaces, recouvertes de carbure de calcium. Les dernières traces d'humidité entraînées par l'acétylène sont absorbées par ce carbure.

Du dessiccateur, le gaz arrive dans le condenseur G où il se liquéfie; il est recueilli dans le récipient I entouré du réfrigérant K et est, de là, amené par le tuyau 29 dans la bouteille L.

On commence par remplir de carbure le générateur A ou A<sup>1</sup> et le dessiccateur F. Quand les orifices de chargement ont été bien bouchés, on fait circuler l'eau froide dans les réfrigérants en ouvrant les robinets 20<sup>1</sup>, 20<sup>2</sup>, 20<sup>3</sup>, 20<sup>4</sup>, 20<sup>5</sup> des tuyaux W. On ferme d'abord les robinets de purge 15 et 16, le robinet d'échappement 14, les robinets de conduite auxiliaire 42 et 43 et les robinets d'écoulement 18 et 18<sup>1</sup>. Tous les autres robinets sont ouverts, et la bouteille L est enlevée.

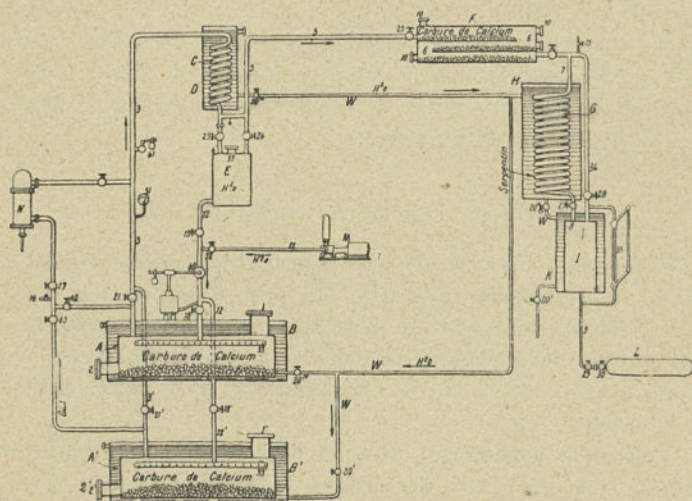


FIG. 37. — Appareil Dickerson et Suckert.

On comprime l'eau devant servir à la réaction au moyen de la pompe M et on envoie cette eau par les tuyaux 11 et 12 et le robinet 19 dans le réservoir E. Pour une charge de 45 kilogr. de carbure dans le générateur A, il faut 255 kilogr. d'eau dans le récipient E. On ouvre



alors graduellement le robinet 18 : l'eau se répand sur le carbure par la rampe 33. L'acétylène dégagé traverse tout l'appareil et chasse l'air par le tuyau 9 fixé au fond du récipient I. Quand l'expulsion de l'air est complète, on ferme le robinet 29 du tuyau 9 et on règle l'ouverture du robinet 18 de manière que la pression du gaz donné par l'écoulement continu de l'eau soit suffisante pour produire la liquéfaction. Le robinet 40 sert à régulariser le débit de l'eau et à réaliser une pression uniforme. Le gaz qui a échappé à la liquéfaction dans le récipient I revient par le tuyau 34 au condenseur G.

On se rend compte du commencement de la liquéfaction par l'examen du manomètre et par la température indiquée au thermomètre 36.

Pour que l'opération soit continue, on emploie deux générateurs AA'. Pendant que le gaz est produit avec l'un d'eux, on prépare le second pour que la marche de l'appareil ne subisse pas d'interruption.

## 2<sup>o</sup> PROCÉDÉ DE M. RAOUL PICTET (fig. 38 à 40).

Dans ce procédé, représenté figure 38, on jette, morceau par mor-

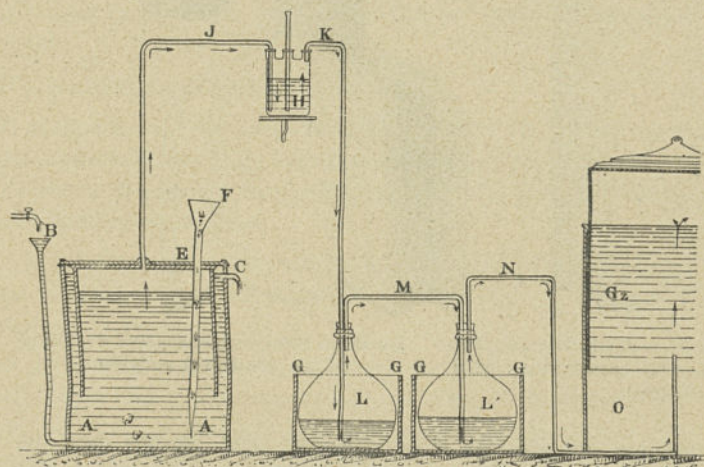


FIG. 38. — Appareil de M. Raoul Pictet.

ceau, le carbure de calcium par le tube EF dans le réservoir A, rempli d'eau et refroidi par un courant d'eau froide B, qui s'écoule ensuite

par un déversoir C. Le gaz, au fur et à mesure de sa formation, est recueilli dans la cloche D. Il passe de cette cloche dans deux séries de bonbonnes renfermant, les premières du chlorure de calcium à 0°, les secondes, de l'acide sulfurique à - 21°; à cet effet, ces réci-

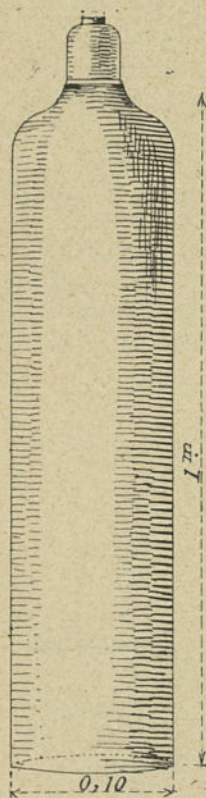


FIG. 33. — Bouteille à acétylène liquéfié (contenance : 12 à 13 litres).

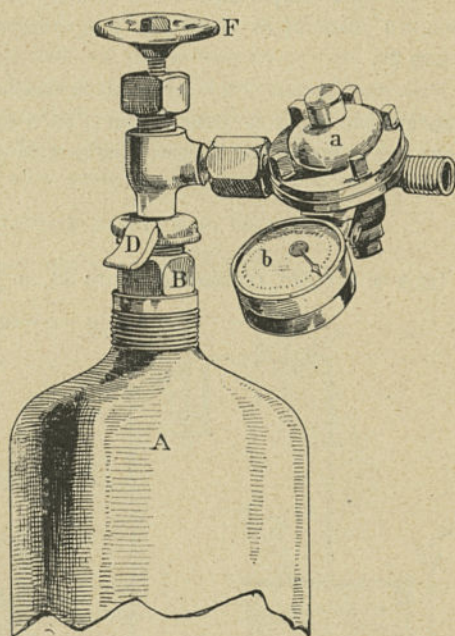


FIG. 40. — Fermeture et appareil de détente d'une bouteille à acétylène.

ipients, qui ont pour but d'épurer le gaz, sont plongés dans des caisses GG remplies de glace. L'acétylène purifié se rend ensuite dans le gazomètre  $G_2O$ , où il est emmagasiné.

On reprend ensuite ce gaz et on l'amène à l'état liquide au moyen des compresseurs réfrigérants de M. R. Pictet. L'acétylène liquéfié est logé dans des réservoirs en acier nickelé, qui sont essayés pour ré-

sister à une pression minimum de 250 atmosphères. La figure 39 représente une de ces bouteilles d'une capacité de 12 à 13 litres, et la figure 40 en montre, à plus grande échelle, la partie supérieure.

L'extrémité du réservoir A est fermée par le bouchon à soupape B dans lequel est vissé le dispositif D, pour débiter l'acétylène à l'état de gaz. A cet effet, on agit sur le bouton F, qui ouvre la soupape interne; le gaz s'échappant de D, passe dans le détendeur *a*, destiné à donner un débit régulier; la pression à la sortie est indiquée par le manomètre *b*.

Les réservoirs d'acétylène liquide seraient remplis seulement aux  $\frac{2}{3}$  de leur volume, et la pression des vapeurs du liquide, d'après l'inventeur, ne dépasserait pas, dans ces réservoirs, 40 à 50 atmosphères, aux températures les plus chaudes de l'été.

#### IV. — LAMPES PORTATIVES

Pour terminer ce qui est relatif aux appareils de production de l'acétylène, nous dirons un mot des lampes portatives. Toutes celles connues jusqu'à ce jour sont fondées sur l'un ou l'autre des principes suivants :

1° Application du briquet à hydrogène;

2° Alimentation d'eau proportionnelle au débit du brûleur en la réglant automatiquement au moyen d'une soupape ou d'un flotteur, ou encore en faisant agir la pression sur un piston qui déplace le robinet d'écoulement de l'eau;

3° Alimentation d'eau déterminant une production d'acétylène sous forte pression, et utilisation de ce gaz en le détendant au moyen d'un régulateur de pression;

4° Alimentation de la lampe au moyen du carbure de calcium introduit dans l'eau proportionnellement au débit de l'acétylène; cette distribution de carbure étant faite automatiquement au moyen d'un système de régulation ou d'un mécanisme de réglage commandé par la pression du gaz;

5° Utilisation de l'acétylène liquide avec détendeur pour la sortie du gaz.

L'emploi des lampes portatives fondé sur l'un ou l'autre des

quatre premiers principes précédents donne lieu à des objections sérieuses. En admettant qu'il n'y ait pas d'échappement de gaz autrement que par le robinet de sortie, on doit craindre que la proportionnalité, que l'on cherche à réaliser entre la production de l'acétylène et son débit, ne soit difficile à atteindre : l'attaque du carbure est, en effet, plus vive au début, quand il est neuf, qu'à la fin de la réaction, quand il est recouvert d'une couche de chaux qui retarde l'attaque de ce carbure et, par suite, la formation du gaz.

D'autre part, ces lampes sont remplies d'une quantité de carbure correspondant à un petit nombre d'heures d'éclairage, 6 à 10 heures environ. Si cette provision de carbure n'est pas épuisée dans la première soirée, et si elle est, dans ce cas, insuffisante pour fournir l'éclairage complet de la soirée suivante, on sera alors obligé de refaire la lampe pendant la période d'éclairage ou de la remplacer par une autre préparée à l'avance. Le nettoyage et la préparation de la lampe seront sans doute confiés aux mains souvent inexpérimentées d'un domestique, et des accidents pourront alors se produire.

Une lampe portative à l'acétylène liquide serait beaucoup plus commode, mais il y a contre son emploi deux objections : 1<sup>o</sup> la difficulté de pouvoir s'approvisionner couramment d'acétylène liquide ; 2<sup>o</sup> et c'est la plus importante, la question de sécurité.

LAMPE SERPOLLET-LÉTANG. — Le problème de l'application de l'acétylène aux lampes portatives nous semble cependant bien près d'être résolu. MM. Serpollet et Létang viennent, en effet, d'imaginer une lampe d'une très grande simplicité, construite par la maison Richard-Choubersky, et qui paraît donner toute satisfaction aussi bien sous le rapport de son fonctionnement qu'au point de vue de la sécurité.

Cette lampe (fig. 41) se compose essentiellement d'un vase A contenant de l'eau, d'une cloche cylindrique B faisant fonction de gazogène et renfermant dans un panier ajouré C le carbure de calcium qui a subi une préparation spéciale, enfin de tuyaux de dégagement TT'T' amenant l'acétylène dans un récipient G formant gazomètre, d'où ce gaz se rend par le robinet R au brûleur S.

Le panier ajouré C renfermant le carbure est supporté par une tige L portant un faux fond D percé de trous et, à sa partie inférieure, un cercle E qui se fixe sur le rebord de la cloche B par un emmanchement à baïonnette.

Le gazomètre G se termine par une boîte H garnie d'amiante des-

tinée à condenser la vapeur d'eau et à filtrer les parcelles solides entraînées par le gaz.

Le fonctionnement de cette lampe est le même que celui du briquet à hydrogène. Les premières lampes qu'on avait essayé de faire d'après ce système, présentaient toutes des inconvénients avec l'emploi du carbure ordinaire. En effet, dès que celui-ci a été mis en contact avec l'eau, son attaque continue par l'action de l'eau d'hydratation qui s'est combinée à la chaux formée lors même que, par suite de la pression du gaz, le carbure a été isolé de l'eau servant à la réaction.

Dans la lampe Serpollet-Létang, au contraire, le carbure employé a été préalablement enrobé dans du glucose. Cet enrobage a pour but de ralentir et de régulariser la production du gaz; il permet même, au besoin, de l'arrêter complètement. Avec ce carbure enrobé, la chaux formée s'unit aussitôt au glucose en donnant du sucrate de chaux qui se dissout dans l'eau. Il ne reste donc plus de chaux hydratée mélangée au carbure. Lorsque la pression du gaz à l'intérieur de la cloche a refoulé l'eau, le carbure enrobé de glucose reste isolé et son attaque cesse aussitôt. Il n'y a donc plus à craindre de surproduction de gaz.

Une lampe de ce système, contenant 600 grammes de carbure spécial, peut durer huit heures environ, en donnant un pouvoir éclairant d'au moins 2,5 carcels.

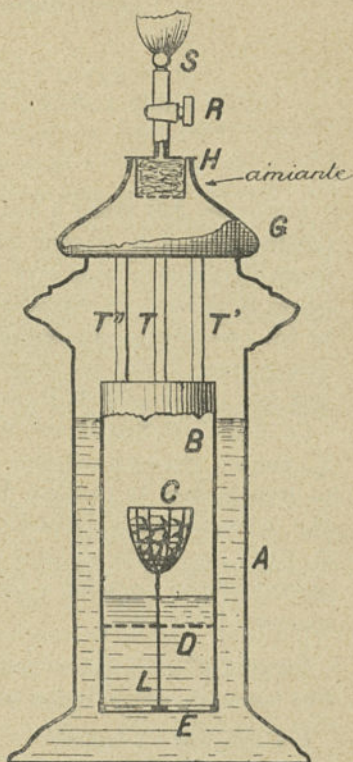


FIG. 41. — Lampe portable système Serpellet et Létang.

## CHAPITRE VI

### OBJECTIONS CONTRE L'EMPLOI DE L'ACÉTYLÈNE

L'acétylène doit brûler à une pression supérieure de quelques centimètres d'eau à la pression atmosphérique. Il sort soit d'un gazomètre en relation directe avec l'appareil producteur, soit d'un régulateur de pression ou détendeur ramenant à la pression nécessaire au bec l'acétylène préalablement comprimé dans un réservoir. Dans ce dernier cas, il peut être maintenu dans le réservoir soit à l'état gazeux sous une pression de plusieurs atmosphères, soit à l'état liquide.

Un litre d'acétylène liquide à 0° C. pèse 450 grammes; il dégage 375 fois son volume d'acétylène gazeux à 0° et à la pression normale. La pression dans un récipient qui contient l'acétylène liquéfié est de 42,8 atmosphères à la température de 20° C. et de 68 atmosphères à + 37° C. qui est la température du *point critique*. Ces pressions peuvent s'élever beaucoup si on a eu l'imprudence de remplir complètement le récipient.

Les principales objections présentées contre l'emploi de l'acétylène sous forme gazeuse ou liquide sont les suivantes :

- 1° L'acétylène est explosif;
- 2° Il attaque les métaux;
- 3° Il est toxique;
- 4° Il dégage une mauvaise odeur.

### Première objection.

La première objection, et en même temps la plus importante, s'applique : 1<sup>o</sup> à l'acétylène seul ; 2<sup>o</sup> à son mélange avec l'air.

#### 1<sup>o</sup> DANGERS D'EXPLOSION DE L'ACÉTYLÈNE SEUL.

L'acétylène est un corps endothermique; sa décomposition dégage, par conséquent, de la chaleur. Il résulterait d'expériences que les gaz provenant de cette décomposition donnent lieu, pour un volume constant, à une augmentation de pression qui est d'autant plus grande que la pression initiale est plus élevée. On peut faire ces expériences soit en portant au rouge un fil métallique traversant la masse de gaz, soit au moyen d'une capsule de fulminate; mais on les réaliserait moins sûrement par le passage d'étincelles électriques.

Il convient d'observer que ces causes de détonation de l'acétylène sous pression ne sont pas de celles qu'on est exposé à rencontrer dans la pratique.

Ce qu'il est intéressant de constater quand on se place à ce dernier point de vue, c'est si un réservoir renfermant de l'acétylène à une pression de 6 à 7 kilogr. au maximum, comme celle à laquelle sont chargés les réservoirs à gaz d'huile des voitures à voyageurs, pourrait éclater par suite d'un choc violent. Or, il résulterait de certaines expériences que des chocs violents obtenus en faisant, par exemple, tomber un mouton sur un réservoir contenant de l'acétylène comprimé à des pressions même supérieures à celle dont il vient d'être question, ne parviennent pas à le faire détoner; on pourrait même tirer à balle sur le réservoir, faire traverser par cette balle la masse du gaz, sans en produire la décomposition.

Le danger d'explosion de l'acétylène seul, par suite de sa propre décomposition, paraît donc devoir être écarté dans les conditions ordinaires de son emploi.

Ces conclusions seraient-elles les mêmes pour l'acétylène liquéfié? Celui-ci peut être contenu dans des récipients à des pressions supérieures à 40 kilogr.; la température s'élevant de 17<sup>o</sup>, la pression du liquide augmente de 26 atmosphères jusqu'à 37<sup>o</sup>, point critique de l'acétylène, et au delà de cette température on n'a plus aucune donnée sur la pression.

Les récipients qui renferment l'acétylène liquide sont semblables à ceux qu'on emploie pour l'oxygène comprimé et pour l'acide carbonique liquide. Or, de fréquents accidents se sont produits avec ces derniers (1) par suite, soit d'une élévation anormale de température, soit d'un trop fort remplissage, soit enfin d'un défaut dans la qualité du métal. Il est permis de supposer que ces causes doivent intervenir également pour rendre dangereuses les bouteilles d'acétylène liquide.

Pour l'acide carbonique et pour l'oxygène, les bouteilles sont en tôle d'acier pouvant supporter sans fuite et sans déformation permanente une pression de 250 kilogr. par centimètre carré. Cette charge d'épreuve, qui doit être renouvelée tous les trois ans, paraît trop élevée parce qu'elle a pour effet de diminuer, dans certains récipients, la solidité qu'elle a pour but de constater. M. S. Périssé, dans une intéressante communication présentée à la Société des Ingénieurs Civils sur l'explosion d'une bouteille d'acide carbonique liquide, propose de ne pas dépasser, pour charge d'épreuve, le double de la pression qui est utile pour charger les bouteilles en été, et d'imposer qu'au moment de cette charge d'épreuve le métal ne devra travailler qu'à un coefficient égal aux  $\frac{7}{10}$  du coefficient correspondant à la limite d'élasticité. Il recommande, en outre, de limiter la charge d'acide carbonique par rapport au volume de la bouteille. L'enquête qu'il a faite sur l'explosion précédente lui a, en effet, montré que cet accident a eu pour cause dominante un trop grand remplissage. Ainsi, pour une contenance par litre de 746 grammes conforme aux règlements, la pression donnée dans une bouteille par 8 kilogr. d'acide carbonique est de 60 atmosphères à 20° C.; si la contenance par litre s'élève à 960 grammes, la température restant la même, la pression intérieure devient égale à 245 atmosphères.

Aux causes d'explosion précédentes résultant de l'emploi de bouteilles pour le transport des gaz liquéfiés, doit s'ajouter pour l'acétylène liquide un autre danger dû à son état endothermique et à la facilité de propagation d'une onde explosive dans toute sa masse. Il faut donc, de crainte d'en produire la décomposition, manier les bouteilles qui le renferment avec la plus grande prudence et en s'entourant de précautions spéciales. Enfin, la forte pression intérieure rend difficile à éviter les fuites d'acétylène par le robinet de fermeture ou par le détendeur.

---

(1) Voir le *Génie Civil*, t. XXVIII, n° 47, p. 263.



En résumé, jusqu'ici on est autorisé à penser que l'acétylène seul à l'état de gaz et sous une faible pression ne dépassant pas 6 atmosphères, par exemple, n'est pas explosif dans les circonstances où il se trouve utilisé, en évitant, bien entendu, toute élévation brusque de température. Mais il convient de réserver son avis sur les conditions d'emploi de l'acétylène liquide.

## 2<sup>o</sup> DANGERS D'EXPLOSION D'UN MÉLANGE D'ACÉTYLÈNE ET D'AIR.

L'acétylène mêlé à l'air forme, comme tous les carbures gazeux, des mélanges explosifs. Les expériences de M. Le Chatelier précédemment citées ont montré que l'acétylène s'enflamme plus facilement que le gaz d'éclairage. M. le docteur Gréhan a fait des expériences analogues.

Il enflammait dans des tubes à essai, au moyen d'un fil de platine, porté au rouge, des mélanges formés d'un volume d'acétylène et de proportions croissantes d'air comprises entre 1 et 23 volumes. La détonation la plus forte a été produite avec le mélange de 1 volume d'acétylène et de 9 volumes d'air. Le tube à essai, fermé par un excitateur à fil de platine et fixé dans un support spécial, était immergé dans un bocal rempli d'eau recouvert d'une planche et d'un poids de 10 kilogr. L'explosion déterminée par le passage du courant a été des plus violentes : elle a brisé le tube et soulevé la planche et le poids.

Il est donc nécessaire d'éviter que l'acétylène soit mélangé avec de l'air, car il peut en résulter, au contact d'une flamme, une explosion dont l'action paraît plus brisante que celle du gaz ordinaire. Il suffit pour cela de prendre, dans son emploi, les précautions auxquelles on est déjà habitué par l'usage journalier des autres gaz combustibles.

Les accidents qui ont été constatés sont dus à l'oubli de ces précautions élémentaires. Nous en citerons un, pour exemple, qui est survenu chez un constructeur d'appareils à acétylène. Dans une cloche de 300 litres plongeant dans une cuve à eau saturée d'acétylène et renfermant encore une notable quantité de ce gaz, on avait insufflé de l'air pour chasser cet acétylène. Puis le robinet de prise de gaz ayant été laissé ouvert, l'ouvrier en avait approché sa lampe à souder pour faire un branchement au tuyau de dégagement. Cette imprudence a donné lieu à une explosion du mélange d'air et d'acétylène restant dans la cloche : celle-ci a sauté en ne causant heureusement que de légers dégâts matériels.

Dans cet accident, l'acétylène dissous dans l'eau s'est dégagé et s'est ajouté à l'acétylène de la cloche que l'air n'avait pas complètement chassé.

L'eau dissout les  $\frac{12}{10}$  de son volume d'acétylène à la pression atmosphérique. Si, comme cela a lieu avec un appareil producteur de gaz sous pression, cette dissolution s'opère par exemple à six ou huit atmosphères, la quantité de gaz dissoute est six ou huit fois plus considérable. Il serait peu prudent, et aussi peu économique, de rejeter à l'égout cette eau surchargée de gaz. Quand les réservoirs que l'on charge sous pression sont remplis, il suffit de faire rendre l'excédent de gaz de l'appareil générateur dans un réservoir vide ou dans un gazomètre, de manière à faire tomber la pression ; l'acétylène dissous se dégage et il ne reste dans l'appareil que celui que l'eau peut contenir en dissolution à la pression atmosphérique. Les appareils producteurs d'acétylène et les gazomètres doivent, du reste, toujours être placés à l'air libre ou du moins dans des locaux parfaitement aérés. Dans ces conditions, la production d'acétylène, qui se fait à froid, ne présente pas plus de dangers d'explosion, par suite du mélange avec l'air que celle du gaz d'éclairage ou du gaz d'huile, qui se fait dans des cornues en contact direct avec des flammes. Ces cornues sont susceptibles de se fissurer et de laisser échapper ces gaz.

Étudions maintenant les dangers d'explosion dans les appareils d'utilisation et prenons comme exemple ceux qui servent pour l'éclairage des voitures à voyageurs. Afin de se prémunir contre tout accident, il convient, quand on commence à charger un réservoir de voiture avec de l'acétylène, de faire, tout d'abord, la purge du réservoir et de la canalisation, en y introduisant l'acétylène sous une pression de trois atmosphères environ ; de laisser ensuite échapper le mélange de l'acétylène avec l'air ou le gaz d'huile primitivement contenus et de recommencer cette opération. Les appareils de production ont dû être eux-mêmes préalablement purgés d'air. C'est seulement alors qu'on peut procéder au remplissage du réservoir en se réglant sur les indications du manomètre et en s'arrêtant quand la pression est arrivée aux environs de 6 kilogr., pression habituellement adoptée pour la compression du gaz d'huile.

Le réservoir ne contenant que de l'acétylène, l'air n'y peut rentrer, sa pression étant moindre. S'il y a des fuites au réservoir, l'acétylène s'échappera, comme le gaz d'huile s'échappait librement dans l'atmosphère. On a, du reste, intérêt à limiter ces fuites autant que

possible, l'acétylène coûtant plus cher que le gaz d'huile. On les recherche avant la mise en circulation de la voiture : c'est généralement aux robinets de chargement et aux raccords des tuyaux avec le réservoir et avec le détendeur qu'on les constate. Les fuites de gaz d'huile, comme celles du gaz ordinaire, sont reconnues à l'odeur quand elles sont notables et, quand elles sont moindres, on les décèle, soit au moyen de l'eau de savon, soit par le flambage. On opère le serrage et, s'il y a lieu, le renouvellement des joints mauvais; du reste avec des joints en plomb on obtient sûrement des raccords étanches. La manière de procéder pour reconnaître et réparer les fuites d'acétylène est identique. Le flambage décèle sans danger les petites fuites : l'acétylène s'allume à l'orifice du dégagement comme à la sortie d'un bec.

Peut-on craindre qu'une escarbille enflammée, en tombant juste à point sur une fuite, détermine l'explosion du cylindre?

Cet accident est d'abord très problématique et, ensuite, si l'inflammation du gaz se produisait de cette façon, il est probable que l'acétylène brûlerait simplement à la sortie de la fuite comme cela a lieu dans l'opération du flambage, et comme le ferait, d'ailleurs, le gaz d'huile si le réservoir était chargé de ce gaz au lieu d'acétylène.

Peut-on craindre également qu'en comprimant l'acétylène dans un réservoir contenant encore un peu d'air, il puisse se former sur un point isolé un mélange détonant qui s'enflammerait par l'élévation de température due à la compression et servirait ainsi de capsule pour faire sauter la masse?

On peut répondre à cette objection que la compression de l'acétylène dans un réservoir de voiture ne se fait pas instantanément, comme dans un briquet à air : elle est progressive. Le gaz venant du générateur commence par se détendre et, par suite, à se refroidir. La pression ne monte de 4 à 6 atmosphères que graduellement et dans un temps relativement long. Le gaz échauffé par la compression se refroidit au fur et à mesure au contact des parois du cylindre dont la température est la même à la fin qu'au commencement du remplissage.

Nous avons admis que toutes les précautions avaient été prises pour que l'air soit bien complètement expulsé. En supposant qu'il en reste encore, sa proportion ne peut être que minime. Or, M. Le Chatelier a montré que le mélange d'air et d'acétylène cesse d'être détonant quand la teneur en acétylène dépasse 65 % : la proportion corres-

pondante d'air, soit 35 %, n'existe évidemment jamais dans le réservoir quand on a procédé rationnellement. L'hypothèse précédente est donc peu fondée, les conditions qu'elle admet ne se réalisant pas dans la pratique.

L'acétylène, ayant une densité voisine de celle de l'air, ne peut-il pas séjourner dans les tuyaux et dans les coupes de lampes, et, par suite, n'y a-t-il pas des précautions spéciales à prendre pour l'allumage ?

Pour répondre à cette question, il suffit d'observer que, pendant toute la durée de l'éclairage, l'acétylène est brûlé et entraîné à l'état de vapeur d'eau et d'acide carbonique au fur et à mesure du débit du bec et qu'après l'extinction il n'en reste plus dans la coupe. Au moment de l'allumage, quand on ouvre le robinet principal de la voiture, le gaz arrive au bec plus lentement que le gaz d'huile qui est plus léger, et c'est plutôt avec ce dernier qu'une explosion serait à craindre, comme le fait s'est déjà présenté, si on laissait le robinet trop longtemps ouvert avant l'allumage. Il suffit donc de procéder pour l'acétylène comme pour le gaz d'huile, c'est-à-dire de n'ouvrir les robinets principaux de la canalisation qu'au moment de l'allumage et de ne jamais approcher l'allumoir des lanternes avant que le chapiteau ait été complètement relevé.

En résumé, il résulte de ce qui précède que l'acétylène sous forme gazeuse, comme on l'utilise ordinairement, n'est dangereux que si on ne prend pas les précautions nécessaires auxquelles on est déjà habitué par l'usage courant des autres gaz ; toutes réserves étant faites, pour le moment, en ce qui concerne l'emploi de l'acétylène liquéfié.

### Deuxième objection.

On dit que l'acétylène attaque les métaux et qu'il peut former avec eux des corps appelés *acétylures* qui détonent par le choc.

Cependant M. Berthelot a montré que la plupart des métaux, tels que l'aluminium, le cuivre, le platine, etc., n'exercent pas d'action spéciale sur l'acétylène pur.

En présence de l'acétylène, incomplètement desséché et renfermant des traces d'impuretés, le cuivre se recouvre de légères taches noirâtres. Mais ces taches présentent une bien plus grande étendue quand les lames de cuivre servant aux essais sont soumises dans les mêmes conditions à un courant de gaz de houille ou de gaz d'huile. Les taches produites par l'acétylène sont noirâtres et non pas rouge marron

comme elles le seraient s'il s'était produit de l'acétylure de cuivre. Les chocs répétés d'un marteau sur les lames ne parviennent pas à produire de détonation.

L'acétylure de cuivre se forme, non pas au contact du métal cuivre, et il est nécessaire d'insister nettement sur ce point capital, mais quand on fait passer l'acétylène dans une dissolution ammoniacale d'un sel de cuivre au minimum, ou quand le carbure est soumis à l'oxydation de l'air en présence de l'ammoniaque. Or l'acétylène bien épuré, préparé par la réaction du carbure de calcium sur l'eau, ne contient pas de trace d'ammoniaque, ce qui a lieu, au contraire, avec le gaz de houille.

M. Bullier qui, depuis deux ans, fabrique de l'acétylène d'une manière continue dans son laboratoire de la rue de Buffon, emploie le cuivre dans tous ses appareils et il n'en est jamais résulté aucun inconvénient.

À la suite des essais d'éclairage à l'acétylène qui ont été effectués pendant 3 mois d'une manière continue dans une Compagnie française, les pièces de cuivre placées dans la canalisation des voitures, telles que robinets, manomètres, bras servant de supports aux brûleurs et brûleurs eux-mêmes, sont restées aussi nettes qu'au début des essais.

D'autre part, les alliages de cuivre, le laiton et le bronze, de même le zinc et le plomb, ne sont pas attaqués d'une façon appréciable par l'acétylène.

Ainsi donc, avec l'acétylène privé d'ammoniaque, l'emploi des alliages de cuivre, pour certaines parties de la canalisation, ne peut causer de dangers, comme on l'avait craint tout d'abord.

L'acétylène renferme quelques impuretés, mais en proportion bien moindre que les autres gaz : il contient notamment des traces de phosphore d'hydrogène qui, à la combustion, se transforme en acide phosphorique. Ce dernier corps se dépose avec la suie dans la petite cheminée en tôle des chapiteaux des voitures, en une sorte d'enduit visqueux noir, qui attaque un peu cette tôle. C'est un léger inconvénient, mais on le constate également avec le gaz d'huile qui renferme d'autres impuretés et notamment de l'hydrogène sulfuré : ce dernier donne de l'acide sulfurique dont l'action corrosive n'est pas moins puissante que celle de l'acide phosphorique. Quel que soit du reste le gaz brûlé, la petite cheminée en tôle s'attaque plutôt par l'action des pluies, au moment du nettoyage, et la formation de la rouille par suite de l'évaporation de l'eau sous l'influence de la chaleur, que par les produits de la combustion.

### Troisième objection.

On a dit que l'acétylène est toxique. Les récentes expériences de M. le docteur Gréhant démontrent, au contraire, qu'il l'est beaucoup moins que le gaz ordinaire et seulement à dose élevée. M. Gréhant a étudié sur les animaux l'action de différents mélanges titrés d'acétylène, d'air et d'oxygène, renfermant toujours 21 % d'oxygène comme l'air atmosphérique.

Un chien respirant un mélange renfermant 20 % d'acétylène ne paraît ressentir aucun effet; l'analyse de son sang artériel recueilli au bout de 35 minutes montre que 100 centimètres cubes de ce sang renferment 10 centimètres cubes d'acétylène.

Un chien respirant un mélange renfermant 40 % d'acétylène meurt au bout d'une heure environ, après arrêt des pulsations du cœur. Son sang artériel analysé renfermait, pour 100 centimètres cubes, 20 centimètres cubes d'acétylène.

Un chien respirant un mélange de 79 % d'acétylène et de 21 % d'oxygène meurt au bout d'une demi-heure.

D'autre part, en comparaison avec ces essais, un chien contraint à respirer un mélange de 115 litres d'air et 20 litres de gaz ordinaire renfermant 1 % d'oxyde de carbone éprouve, au bout de 6 minutes, des mouvements d'agitation et de contraction violents. L'analyse de son sang artériel, au bout de 10 minutes d'expérience, fit constater la présence de 27 centimètres cubes d'oxyde de carbone dans 100 centimètres cubes de sang. L'animal serait mort si l'expérience avait duré quelques minutes de plus. Le gaz ordinaire est donc plus toxique que l'acétylène.

Ces intéressantes expériences de M. Gréhant montrent que l'acétylène ne devient toxique que lorsqu'il est mélangé à l'air dans la proportion de 40 %. Dans une pièce de 10 mètres cubes, par exemple, il faudrait introduire 4 mètres cubes d'acétylène pour qu'il y ait danger. Ce volume de gaz représente le débit d'un bec qui resterait ouvert pendant 200 heures. Le danger est donc bien faible.

M. Berthelot, au sujet de cette communication de M. Gréhant, rappelait à l'Académie des Sciences des expériences faites par lui, il y a 30 ans, de concert avec Claude Bernard, sur des moineaux et qui confirment la non-toxicité de l'acétylène à faible dose.

M. Brociner avait déjà, du reste, montré en 1887 que s'il existe une combinaison de l'acétylène avec l'hémoglobine du sang, cette combinaison est certainement très instable et n'est nullement comparable à celle que l'hémoglobine forme avec l'oxyde de carbone. Il fait remarquer que, même en présence de doses considérables d'acétylène, si l'on a soin d'opérer avec une quantité suffisante d'oxygène et de renouveler le mélange de manière à empêcher la condensation des produits de la combustion, les animaux soumis à cette action ne succombent pas, même au bout de plusieurs heures.

D'autres doutes ont été émis, non plus sur la toxicité de l'acétylène mais sur celle de ses produits de combustion. En raison de sa haute teneur en carbone, on pensait que les produits de la combustion doivent être riches en oxyde de carbone et par conséquent dangereux à respirer. M. le docteur Gréhan a montré que ces doutes n'étaient pas fondés.

A cet effet, il a placé au-dessus d'un bec Manchester donnant une flamme très éclairante, un cylindre métallique vertical uni à un réfrigérant à eau froide et à un gazomètre : tous les produits de la combustion furent entraînés avec de l'air dans le gazomètre qui fonctionnait comme aspirateur. Le mélange recueilli a été analysé.

M. Gréhan a trouvé pour le rapport des volumes d'acide carbonique et d'oxygène :  $\frac{\text{CO}_2}{\text{O}} = 0,8$  chiffre identique à celui qu'exige théoriquement la combustion complète de l'acétylène.

Pour vérifier ce résultat, M. Gréhan a recherché directement l'oxyde de carbone d'abord au grisomètre, ensuite au moyen de son procédé physiologique. Le grisomètre a donné une si faible trace d'acide carbonique qu'il était impossible de la doser. D'autre part, il a fait respirer à un chien les produits de la combustion pendant une demi-heure : 42  $\text{cm}^3$  de sang artériel normal ont donné au grisomètre une réduction égale à 3,7 divisions, tandis que 42  $\text{cm}^3$  de sang pris à la fin de l'expérience ont donné une réduction de 3,8 divisions, c'est-à-dire un résultat identique à celui du sang normal.

On peut donc conclure de ces expériences que les produits de combustion d'un bec Manchester à acétylène *ne renferment pas la moindre trace de gaz combustible contenant du carbone.*

Nous avons montré précédemment que l'atmosphère est bien moins viciée par les produits de la combustion avec l'acétylène qu'avec le gaz ordinaire. Quant à l'éclairage des voitures à voyageurs, la com-

bustion de l'acétylène se fait au-dessus d'une coupe qui l'isole du compartiment, et les produits de la combustion sont entraînés par le courant d'air dans la cheminée.

#### Quatrième objection.

On dit que l'acétylène dégage une mauvaise odeur.

Il faut convenir que l'acétylène en liberté, dégage une odeur désagréable. Tous les gaz, celui de houille comme le gaz d'huile, possèdent le même inconvénient. Mais cet inconvénient est à notre point de vue une qualité parce qu'en cas de fuite, l'odeur qui la révèle donne immédiatement l'alarme, de manière qu'on peut arrêter le dégagement du gaz aussitôt sa constatation.

#### CONCLUSIONS

En résumé, sans nier les dangers de l'acétylène, nous avons voulu étudier sans parti pris les critiques présentées contre son emploi, les ramener à leur juste valeur et montrer qu'en prenant les précautions indispensables à la manipulation de tout gaz combustible, on peut utiliser l'acétylène aussi bien que les autres gaz. Nous désirons surtout que l'expérience, et une expérience d'autant plus prolongée que les critiques sont plus vives, soit faite pour montrer la réelle valeur des objections présentées. Ces critiques ne nous étonnent point : elles sont la reproduction de celles qui furent faites au gaz de houille à ses débuts. M. Girardin, dans ses leçons de chimie industrielle, rappelle qu'à l'origine les préjugés contre l'introduction du gaz étaient si forts, non seulement dans le public, mais même parmi les savants, qu'ils furent sur le point d'entraver complètement son succès. Nous savons la brillante carrière que le gaz de houille a parcourue depuis, malgré tous ses dangers et tous les accidents auxquels il est susceptible de donner lieu : nous ne pouvons que souhaiter à l'acétylène une réussite aussi complète.

Nous terminerons l'étude des dangers de l'acétylène en donnant le projet d'ordonnance de police suivant qui vise *l'emploi des réservoirs et appareils générateurs d'acétylène d'un débit journalier inférieur à 10 mètres cubes, à l'exclusion des lampes portatives.*



Ce projet a été étudié par une Commission spéciale, qui s'était réunie à la Préfecture de Police, en vue des mesures de précaution à prendre pour la préparation et l'emploi de l'acétylène. M. Vieille, Ingénieur en chef des Poudres et Salpêtres, rapporteur de cette Commission, vient de soumettre ses conclusions au Conseil de Salubrité de la Seine :

Considérant qu'en l'absence de certaines mesures de précaution, l'emploi des appareils générateurs d'acétylène peut présenter des dangers d'explosion et d'incendie ;

ARTICLE PREMIER. — Toute personne qui voudra, dans l'immeuble qu'elle occupe, employer un appareil générateur d'acétylène, sera tenue d'adresser préalablement à la Préfecture de Police, une déclaration indiquant :

1° La désignation précise du local affecté à l'appareil ;

2° Une description de cet appareil, avec plans à l'appui, à l'échelle de 2 millimètres par mètre, et instruction sur le mode de fonctionnement certifiée par le constructeur.

Cette déclaration sera signée et datée.

Une nouvelle déclaration devra être faite dans le cas où l'instruction passerait entre les mains d'un nouveau locataire.

ART. 2. — Après cette déclaration, l'emploi des générateurs d'acétylène pourra se faire dans les conditions ci-après :

Les appareils ne pourront, en aucun cas, être installés dans des caves ou sous-sols ; ils devront être placés soit à l'air libre, soit dans un local bien aéré, éclairé par la lumière du jour, muni d'ouvertures simplement grillagées, communiquant avec l'extérieur, à l'exclusion de courettes mal ventilées.

Les bouteilles ou réservoirs d'acétylène liquéfié placés à l'air libre, seront soustraits à l'action directe du soleil. A cet effet, ils seront entourés d'une enveloppe ou manchon, surmonté d'un couvercle servant d'abri au récipient, tout en assurant la libre circulation de l'air le long de ses parois.

ART. 3. — Les liquides ou matières usées, provenant de l'extinction du carbure de calcium, ne pourront être déversés à l'égout sans avoir été préalablement dilués dans un excès d'eau. A cet effet, ces produits seront versés dans une cuve et étendus de dix fois leur volume primitif avant d'être rejetés à l'égout.

ART. 4. — Les réservoirs de gaz acétylène, comprimé ou liquéfié, devront satisfaire aux conditions suivantes :

Les récipients chargés à une pression inférieure à 10 kilogr., seront éprouvés par le constructeur, et sous sa responsabilité, à une pression double de celle qu'ils sont appelés à supporter. Ces récipients seront munis de manomètres.

Dans le cas où les récipients seraient chargés à des pressions supérieures à 15 kilogr., ils seront soumis, aux frais du propriétaire de l'appareil, par le service des mines à une épreuve officielle opérée avec le martelage et constant qu'ils supportent une pression égale à une fois et demie la pression maximum des gaz qu'ils contiennent.

Les bouteilles ou réservoirs d'acétylène liquéfié sont soumis aux épreuves et vérifications actuellement imposées aux réservoirs renfermant l'acide carbonique et le protoxyde d'azote liquéfiés destinés au transport par voies ferrées, sauf en ce qui concerne les conditions de remplissage des récipients.

Toutes les précautions relatives à la canalisation et à la ventilation des locaux éclairés par le gaz d'éclairage ordinaire sont applicables aux locaux éclairés par le gaz acétylène.

Le Conseil de Salubrité a adopté ces conclusions à l'unanimité.

En outre, une récente décision ministérielle vient de réglementer comme suit le classement des fabriques d'acétylène liquéfié ou non :

	Établissements dangereux, insalubres ou incommodés.
Fabriques de carbure de calcium. . . . .	1 <sup>re</sup> classe.
Fabriques d'acétylène comprimé à plus d'une atmosphère et demie ou liquéfié. . . . .	1 <sup>re</sup> classe.
Fabriques d'acétylène gazeux non com- primé ou comprimé à moins d'une atmosphère et demie :	{ Pour l'usage public . . . 1 <sup>re</sup> classe. { Pour l'usage particulier. 3 <sup>e</sup> classe.

En conformité de cette décision ministérielle, on devra donc, à l'avenir, pour avoir le droit de fabriquer l'acétylène, adresser à M. le Préfet de Police une demande régulière d'autorisation en la présentant dans la forme et avec les plans à l'appui, conformes aux formalités prescrites par les règlements sur les établissements classés.

## CHAPITRE VII

### RÉSUMÉ ET CONCLUSIONS

La préparation de l'acétylène par la réaction de l'eau sur le carbure de calcium est, à première vue, très simple, mais elle est, en réalité, entourée de difficultés nombreuses sur lesquelles il est bon d'appeler l'attention.

Les carbures du commerce ne présentent pas tous le même état physique, ni la même composition. Le rendement pratique du four électrique en acétylure de calcium est fort au-dessous du rendement théorique, et bien des perfectionnements sont encore à apporter dans la fabrication de ce produit.

L'acétylure de calcium est souvent mêlé à une gangue de chaux et de coke qui ont échappé à la réaction du four électrique, bien qu'après la sortie du four on procède à l'examen et au triage du carbure, afin d'en séparer autant que possible les éléments étrangers. De plus, en raison de la composition de la chaux et du coke, de nouveaux composés peuvent se former, notamment du carborandum, des siliciures, des azotures, ainsi que des traces de phosphures, d'arséniures et de sulfures.

L'état physique des différents carbures varie également et leur attaque par l'eau est, suivant les cas, plus ou moins rapide. Certains carbures sont spongieux, friables, à texture soit fine soit grenue et d'une teinte noire; les autres, au contraire, sont très durs, à cassure nettement cristalline, à reflets bruns mordorés.

Le rendement en acétylène pur variera donc avec la nature et la qualité du carbure acheté. Il y aura à faire le choix d'une marque donnant des produits constants et d'une pureté aussi complète que possible et, en tout cas, il conviendra de se rendre compte par un essai préalable du rendement en gaz acétylène du carbure proposé.

Le volume d'acétylène dégagé par kilogramme de carbure, qui, théoriquement, devrait être de 340 litres à 0° et à 760 millimètres, descend,

pour certains produits, à 250 litres seulement. Mais le consommateur est en droit d'exiger des fournisseurs un rendement de 300 litres au kilogramme. En raison de la solubilité de l'acétylène dans l'eau pure, il sera bon de faire cette épreuve d'essai avec une dissolution de sel marin.

Le gaz recueilli est de composition différente selon la provenance des carbures. Il en existe qui donnent 99,6 % d'acétylène pur, mais il y en a d'autres dont le rendement ne dépasse pas 96 %. Les impuretés qui constituent la différence sont : de l'azote, de l'ammoniaque dont la proportion peut atteindre 3 grammes par mètre cube, des traces de phosphore et d'arséniure d'hydrogène, et de l'hydrogène sulfuré dont la teneur avec certains carbures dépasse 2 grammes par mètre cube. On a signalé aussi la présence de traces d'oxyde de carbone, qu'on ne peut expliquer que par l'occlusion de l'oxyde de carbone qui se dégage au four électrique.

Le mode de décomposition du carbure par l'eau influera notablement sur la qualité du gaz obtenu. Ainsi l'ammoniaque et une proportion notable d'hydrogène sulfuré seront arrêtées par un excès d'eau.

Il est de toute importance que le gaz résultant de la décomposition du carbure ne contienne pas d'ammoniaque ou, s'il en contient des traces, qu'elles soient complètement éliminées. Avec un carbure et un mode d'opérer réalisant ces conditions, on obtient un gaz pratiquement pur. L'absence bien constatée de l'ammoniaque sera une garantie de non production d'acétylure de cuivre, qui ne se forme que quand l'acétylène est en présence d'un oxyde ou d'un sel de cuivre au minimum avec de l'ammoniaque.

En pratique, l'acétylure de cuivre peut-il se former autrement ? M. Berthelot a montré que l'acétylène pur est sans action sur le cuivre. Avec l'acétylène à 99,5 % *privé d'ammoniaque*, malgré son contact prolongé avec des pièces en cuivre, nous n'avons pu constater la formation d'un corps tel que l'acétylure de cuivre détonant par le choc. En laissant du cuivre dans un mélange d'air et d'acétylène, on observe bien un enduit noirâtre, mais il ne contient pas d'acétylure et est dû aux impuretés : il ne se forme pas d'acétylure si on emploie de l'acétylène BIEN ÉPURÉ. Si, avec le temps, un corps de propriétés analogues à cet acétylure devait se produire, sous l'action de l'air et de l'humidité, il serait imputable à l'acétylène seul à l'état de pureté. Jusqu'à ce jour, cette formation n'a pu, à notre connaissance, être démontrée. En tout cas, ce n'est pas en faisant passer le gaz, au moment de sa préparation, par des épurateurs aussi refroidis qu'on puisse

l'imaginer, qu'on empêcherait cette réaction de l'acétylène sur les appareils d'utilisation. A ce point de vue l'acétylène liquide de M. R. Pictet ne présente pas plus de sécurité que l'acétylène à 99,5 % privé d'ammoniaque.

Nous avons montré que la manière de décomposer le carbure par l'eau avait une grande importance pour l'élimination des impuretés de l'acétylène. Elle est également importante à d'autres points de vue sur lesquels il est bon d'insister.

En ne faisant arriver qu'un filet d'eau sur un excès de carbure, on détermine un dégagement local de chaleur qui est considérable et qui peut être d'autant plus accentué que certains morceaux de carbure s'attaquent plus énergiquement que d'autres. Cette élévation de température peut provoquer une augmentation anormale de pression ; elle peut donner lieu en même temps à une polymérisation de l'acétylène et à la formation d'hydrocarbures liquides, benzine, styrol, etc., d'où, comme nouvel inconvénient, une diminution notable du pouvoir éclairant.

En faisant, au contraire, tomber le carbure dans un excès d'eau, celle-ci agit comme réfrigérant et comme épurateur. La chaux formée se délite, toutes les parties de carbure sont attaquées progressivement, tandis que, dans le cas précédent, il se forme une croûte assez dure qui isole momentanément le noyau intérieur de carbure, jusqu'à ce que cette croûte se casse en laissant arriver tout d'un coup l'eau sur ce noyau qui s'attaque brusquement en donnant un dégagement considérable d'acétylène. Enfin l'acétylène formé conserve tout son pouvoir éclairant.

Les appareils de production de l'acétylène à faible pression sont généralement faits pour fonctionner automatiquement ; ils sont établis soit sur le principe du briquet à hydrogène, soit sur celui des vases communicants entre lesquels s'établit une différence de dénivellation, soit en général en cherchant à rendre l'alimentation d'eau ou de carbure proportionnelle au dégagement du gaz qu'on dirige dans un gazomètre. La cloche de ce gazomètre commande directement cette alimentation, par exemple en agissant par un renvoi sur un robinet, pour l'ouvrir quand elle descend, pour le fermer quand elle remonte. Ce mode de procéder paraît désavantageux. En effet, la cloche ne se soulève pas instantanément : en admettant qu'elle ne se coince pas contre les parois de la cuve (ce qui peut arriver), l'action de la chaîne de renvoi sur le robinet n'est pas immédiate ; ce robinet peut encore

rester ouvert avant que la cloche et son renvoi ne se soient déplacés. Il peut ainsi, si le robinet sert à l'écoulement de l'eau, tomber un excès d'eau sur le carbure et se dégager un volume d'acétylène supérieur à la capacité de la cloche.

On obvierait à cet inconvénient en n'introduisant dans le générateur qu'une quantité limitée d'eau ou de carbure, et seulement quand la cloche du gazomètre a été vidée de la quantité correspondante d'acétylène, sans qu'il soit possible de dépasser la quantité d'eau ou de carbure à admettre.

Un autre inconvénient qui existe dans beaucoup d'appareils consiste à laisser le carbure en présence de l'eau après que leur contact a cessé. Dans ces conditions le carbure continue à s'attaquer par l'action de la vapeur d'eau, lentement il est vrai, mais d'une façon continue, ainsi qu'il est facile de le constater par l'expérience suivante :

En plaçant sous une cloche renfermant de l'acétylène une certaine quantité d'eau et au-dessus de cette eau une assiette contenant du carbure, ce dernier s'attaque d'une façon continue et, si la cloche est munie d'un manomètre, on voit la pression monter jusqu'au moment où elle atteint une force suffisante pour soulever la cloche, même chargée de poids.

A la température  $t$ , à laquelle on opère, l'eau se vaporise en donnant une tension maximum  $F_t$ , la vapeur formée attaque le carbure; on obtient donc de la chaux et de l'acétylène sec. L'atmosphère au-dessus de l'eau étant desséchée par le carbure, une nouvelle quantité de vapeur doit nécessairement se former à la tension de  $F_t$  et produire un nouveau dégagement d'acétylène. Si l'espace est limité, la masse de gaz formée s'accumulera en donnant une pression de plus en plus forte. Si l'espace est illimité, l'acétylène se dégagera d'une façon continue jusqu'à épuisement de l'eau ou du carbure.

Le mécanisme de cette formation continue de l'acétylène aux dépens de la vapeur d'eau est analogue à celui du *principe de Watt*. On peut encore dire que la production d'acétylène est fonction de la formation de vapeur d'eau et, par conséquent, répond aux lois de l'évaporation :

$$(ici f = 0). \quad Q = KS \frac{F - f}{H}$$

le coefficient  $K$  augmentant, comme pour l'évaporation, avec la vitesse d'entraînement.

La formation de l'acétylène dans ces conditions n'est donc pas

négligeable; il y a lieu, croyons-nous, d'en tenir un très grand compte surtout lorsque l'acétylène doit rester un certain temps sans être consommé. On conçoit qu'il puisse se produire dans le gazomètre un excès de pression dû à l'accumulation du gaz et que ce dernier finisse par s'échapper à l'extérieur en traversant l'eau de la cuve.

Enfin, une autre remarque a été faite par le professeur V. Lewes au sujet de l'influence de l'hydratation de la chaux sur la formation de l'acétylène. Il a montré que la chaux, portée à une température de 50° C. environ par le dégagement de chaleur résultant de la réaction de l'eau sur le carbure, absorbe temporairement deux fois environ son poids d'eau et que cette eau redevient libre en grande partie lorsque l'appareil se refroidit par suite du ralentissement de la production gazeuse. Cette eau d'hydratation intervient à son tour pour continuer l'action de l'eau qui a dû cesser d'agir, et elle peut déterminer un dégagement d'acétylène d'autant plus grand que la quantité de chaux formée est plus considérable.

Il sera utile de tenir compte des remarques précédentes dans l'installation des appareils producteurs d'acétylène si l'on veut être sûr de leur fonctionnement régulier.

Examinons maintenant les modes d'emploi de l'acétylène.

Nous avons montré son rôle prépondérant comme agent d'éclairage. Nous avons vu que son pouvoir éclairant était de beaucoup supérieur à celui du gaz ordinaire. Les chiffres qui résultent tant de nos propres expériences que de celles qui ont été faites par le service de la vérification du gaz sont bien au-dessous de ceux qu'annonce M. R. Pictet. Il affirme que le pouvoir éclairant du gaz consommé à la sortie des bouteilles d'acétylène liquide est supérieur à trente fois celui du gaz ordinaire, tandis que M. Violle a montré, au moyen de sa lampe étalon, qu'il le dépassait seulement de vingt fois. Il faudrait donc, pour obtenir la carcel-heure, quatre litres de gaz seulement d'après M. Pictet, alors qu'avec du gaz acétylène préparé par les procédés que nous avons décrits, on consomme par carcel-heure :

8 litres avec des becs à faible débit;

7 litres avec des becs de 5 à 10 carcels;

5<sup>h</sup>50 avec la lampe étalon de M. Violle (lampe de 10 carcels).

Comment expliquer ces divergences et d'aussi grands écarts de consommation suivant qu'on emploie de l'acétylène purifié par les procédés de M. Pictet ou de l'acétylène à 99,5 %? C'est une question

que nous voudrions voir élucidée par des essais officiels. En attendant, nous nous bornerons à enregistrer ces divers renseignements.

En ce qui concerne maintenant l'emploi de l'acétylène liquide, nous rappellerons que l'on annonce une pression maximum possible de 40 à 50 atmosphères aux températures les plus élevées de l'été. C'est un renseignement que nous nous bornons à reproduire, car le fait est en désaccord avec les expériences de MM. Cailletet et Villard. Là encore il y a un point à élucider.

Il ne faut pas, en effet, oublier que l'acétylène est endothermique : si l'on admet qu'à l'état gazeux, il tend à se décomposer en ses éléments sous l'influence de causes physiques particulières difficiles à réaliser dans la pratique, cette décomposition paraît devoir être beaucoup plus à redouter avec l'acétylène liquide, en raison de l'état d'instabilité de ses molécules et de la facile propagation d'une onde explosive dans toute sa masse.

A l'appui de ce qui précède, il n'est pas inutile de signaler l'observation suivante par laquelle M. Bullier termine une étude publiée récemment dans le n° 7 de la revue l'*Electro-chimie*, en réponse à une communication faite par M. R. Pictet, le 12 avril dernier, dans la *Revue industrielle de l'Est* : « les pressions produites dans un cylindre d'acétylène liquide en décomposition pourraient atteindre des milliers de kilogrammes par centimètre carré ».

Nous sommes donc d'accord avec M. Bullier pour penser qu'il est prudent d'attendre que les propriétés de l'acétylène liquide soient bien établies avant de songer à l'exploiter industriellement. Mais comme il renferme à l'état latent une énorme réserve d'énergie, son emploi sera très commode du jour où il sera prouvé que les craintes qu'il inspire ne sont pas justifiées.

En attendant, on peut dire que l'acétylène, sous forme gazeuse, peut être, dès à présent, utilisé en prenant les précautions que nous avons indiquées, surtout quand on emploie le gaz non comprimé.

Les réserves que nous venons de faire au sujet de l'emploi des bouteilles d'acétylène liquéfié se trouvent malheureusement justifiées par l'explosion qui s'est produite à Paris, le 17 octobre 1896, à l'usine Pictet, rue Championnet, en causant la mort de deux victimes.

Cet accident nous engage à revenir sur la question et à mettre en regard les opinions émises d'une part, par M. Raoul Pictet et, d'autre part, par MM. Berthelot et Vieille, dans des documents officiels.



M. Raoul Pictet a publié, en effet, une brochure intitulée « L'Acétylène, son passé, son présent, son avenir ». Il y explique qu'il est indispensable de liquéfier l'acétylène préalablement purifié pour son emploi à distance et qu'à cet effet, il a emmagasiné cet acétylène liquide dans des bonbonnes en acier au nickel résistant à des pressions de 250 atmosphères. Il s'explique ainsi dans sa brochure (1) :

« Le contrôle des appareils, de leur fermeture hermétique, du poinçonnage du numéro des bonbonnes, de leur poids après remplissage, de leur tare, doit être fait avec le soin le plus minutieux, afin de connaître à chaque instant le poids d'acétylène qui se trouve emmagasiné dans l'intérieur du cylindre. Ces bonbonnes sont d'une construction des plus résistantes ; la qualité de l'acier dont on se sert pour les parois de ces tubes donne une résistance invraisemblable aux efforts de rupture. La ténacité de l'acier est telle que des bonbonnes de 12 litres de capacité peuvent arriver maintenant avec toute sécurité à ne plus peser que 21 à 22 kilogrammes. »

On trouve, en outre, à la page 84 et aux suivantes :

« Qu'il ne faut pas mettre par litre de capacité intérieure d'une bonbonne un poids d'acétylène dépassant 330 grammes. Une bonbonne de 12 litres sera donc remplie à raison de 4 kilogr. Ces 4 kilogr. sont loin de remplir entièrement la bonbonne en raison de la dilatation de l'acétylène liquide. Cette dilatation détient de beaucoup le record, même sur celle des gaz ; elle est fabuleuse et hors de toute proportion avec celle des liquides volatils connus. »

M. Pictet ajoute qu'en tenant compte de cette dilatation et en prenant les précautions indiquées, les bonbonnes peuvent être impunément livrées au public. Elles peuvent être plongées dans l'eau bouillante et au-dessus de 37° C., point critique de l'acétylène, les pressions n'atteignent pas encore 100 atmosphères, c'est-à-dire sont inférieures à la moitié de la pression à laquelle les réservoirs ont été essayés.

M. Pictet déclare enfin qu'on a beaucoup exagéré et, par conséquent, toujours mal compris l'influence du point critique des liquides volatils, sur la tension que les gaz supportent lorsqu'on les maintient à une température supérieure à ce point critique. D'après lui, l'expérience démontre jusqu'à l'évidence qu'à partir du point critique, la tension dans l'intérieur des réservoirs augmente d'une façon infini-

---

(1) Page 83.

ment moins rapide que pour des températures inférieures à ce même point. « Nous devons, dit-il, faire rentrer encore dans les fameuses légendes, le pouvoir explosif que ces gaz développeraient à des températures supérieures à 37° »

D'autre part, M. Berthelot, en son nom et en celui de M. Vieille, a présenté à l'Académie des Sciences, dans sa séance du 5 octobre 1896, un mémoire relatant leurs recherches sur les propriétés explosives de l'acétylène (1). Il résulte du travail de ces savants que, sous l'influence de l'étincelle électrique d'un fil métallique rougi, d'une amorce de fulminate, l'acétylène se décompose complètement en ses éléments, en produisant un dépôt de carbone pulvérulent et volumineux.

Mais alors que la pression développée au moment de la décomposition est, avec l'acétylène gazeux, de 5 à 10 fois plus grande que la pression initiale; avec l'acétylène liquide, au contraire, elle atteint l'énorme valeur de 5 564 kilogr. par centimètre carré.

D'après ces résultats, on voit que la résistance maximum des bonbonnes ne dépassant pas 250 kilogrammes, quelle que soit la qualité du métal employé, il lui sera impossible de résister à des efforts de rupture aussi considérables, qui sont supérieurs à 22 fois sa résistance maximum.

MM. Berthelot et Vieille sont conduits par leurs expériences à admettre, pour l'acétylène liquide, une force explosive de 9 500, c'est-à-dire voisine de celle du coton-poudre.

D'autre part, il résulte de leurs expériences au choc, que l'acétylène gazeux, comprimé à 10 atmosphères, résiste à tous les chocs et même à celui d'une balle qui le traverse, tandis que l'acétylène liquide, soumis au choc d'un mouton, s'enflamme au moment de la rupture du récipient qui le contient, en donnant lieu à une explosion.

On pourrait objecter que ces expériences ne sont point d'ordre pratique. Cependant, les résultats qu'elles donnent peuvent être obtenus dans l'utilisation courante des bonbonnes d'acétylène liquide : MM. Berthelot et Vieille font en effet remarquer qu'il peut se produire des phénomènes de compression brusque déterminant une élévation locale de température, soit au moment du chargement des récipients, soit par suite de l'ouverture brusque de ces récipients sur un détendeur de faible capacité donnant lieu à une compression adiabatique.

---

(1) Voir le *Génie Civil*, t. XXIX, n° 25, p. 400.

En outre, si un choc brusque dû à une cause extérieure capable de rompre la bouteille ne paraît pas de nature à déterminer directement l'explosion de l'acétylène, la friction des fragments métalliques les uns contre les autres ou contre les objets extérieurs est susceptible d'enflammer le mélange tonnant d'acétylène et d'air formé consécutivement à la rupture du récipient.

Les experts détermineront la cause exacte de l'explosion de la rue Championnet : mais, dès maintenant, si l'on en croit les relations publiées par les journaux, elle paraîtrait s'être produite de la manière suivante. La bonbonne n° 60 qui a éclaté était à peu près pleine d'acétylène liquide. L'ouvrier, après l'avoir serrée dans un étau, aurait tenté de dévisser le robinet : l'opération faite trop brusquement aurait provoqué un échauffement du métal et déterminé l'inflammation.

Cette explication est plausible et découle des expériences de MM. Berthelot et Vieille.

Ils ont, dans leur mémoire, conseillé de parer aux risques d'explosion par des dispositions convenables, indiquées par leurs expériences; telles que, d'une part, l'opérateur évite un écoulement trop brusque du gaz comprimé à travers les détendeurs, et que, d'autre part, il prenne soin d'absorber à mesure la chaleur produite par les compressions et réactions intérieures des appareils, de façon à y prévenir toute élévation notable de température.

Il est bon de remarquer, en terminant, que l'explosion d'une bouteille d'acétylène liquide n'est pas absolument comparable à celle d'une bouteille d'acide carbonique liquide. En effet, quand cet accident se produit avec ce dernier, la bouteille se brise sous l'influence de l'excès de pression intérieure; mais le gaz dégagé ne se décompose pas, ne s'enflamme pas, et il éteint même les lampes allumées dans le voisinage. L'acétylène liquide, au contraire, se décompose en déterminant par cette décomposition même une élévation de température, que MM. Berthelot et Vieille évaluent à 2 750° environ, et une élévation de pression de plusieurs milliers d'atmosphères. Après la rupture du récipient, il se forme avec l'air et les produits de la décomposition un mélange tonnant qui s'enflamme et augmente encore les dégâts causés par l'explosion.

Il est donc indispensable de prendre les précautions les plus minutieuses dans l'emploi des bonbonnes d'acétylène liquide, et d'édicter des prescriptions spéciales pour que le public soit prévenu des accidents pouvant résulter de la manipulation de ce produit : c'est la

seule conclusion à tirer pour le moment de l'accident de la rue Championnet.

Nous avons mis en relief les avantages que l'acétylène présente au point de vue de l'éclairage. Mais là ne doit point se borner son rôle ; son application aux moteurs et au chauffage, ainsi que ses transformations chimiques sont des problèmes à l'ordre du jour. Les recherches dont l'acétylène est l'objet amèneront certainement, avec une connaissance de plus en plus complète de ses propriétés, l'extension de ses usages.

---

MUSÉE COMMERCIAL  
 SECRETARIAT  
 2, Rue du Lombard  
 TABLE DES MATIÈRES  
 LILLE

	Pages
PRÉFACE. . . . .	5
INTRODUCTION. . . . .	7
CHAPITRE PREMIER. — <i>Historique.</i>	
Travaux et brevets relatifs à l'acétylène. . . . .	11 à 15
CHAPITRE II. — <i>Carbure de calcium.</i>	
Préparation. — Fours électriques. — Réactions chimiques. — Prix de revient. — Propriétés . . . . .	16 à 33
CHAPITRE III. — <i>Acétylène.</i>	
Propriétés. — Circonstances de production. — Décomposition. — Combustion. — Température d'inflammation. — Température de combustion. — Pouvoir éclairant. — Sa comparaison avec celui des autres sources de lumière. — Prix de revient de l'éclairage à l'acétylène. — Application à l'éclairage des voitures de chemins de fer. — Modes de combustion de l'acé- tylène. — Produits de la combustion . . . . .	34 à 52
CHAPITRE IV. — <i>Applications diverses de l'acétylène.</i>	
Carburation du gaz d'éclairage. — Application de l'acétylène aux moteurs. — Application au chauffage. — Applications chimi- ques . . . . .	53 à 60
CHAPITRE V. — <i>Appareils de production du gaz acétylène.</i>	
1° Appareils de production sous une pression légèrement supé- rieure à la pression atmosphérique : Systèmes Trouvé, Clau- zolles, de la Société « l'Acétylène », Bon, Lequeux, Dickerson, de la Société du gaz acétylène, Leroy et Janson, Serpollet-Lé- tang, Beau et Bertrand-Taillet, Cerckel, Deroy fils . . . . .	61 à 85
2° Appareils permettant d'obtenir l'acétylène comprimé sous toutes pressions : Systèmes Ducretet et Lejeune, Bullier, Société centrale de produits chimiques, Dickerson . . . . .	85 à 93
3° Appareils de fabrication de l'acétylène liquide : Systèmes Dic- kerson et Suckert, Raoul Pictet . . . . .	93 à 97
Lampes portatives : Système Serpollet-Létang. . . . .	97 à 99
CHAPITRE VI. — <i>Objections contre l'emploi de l'acétylène</i> . . . . .	100 à 110
Règlements administratifs. . . . .	110 à 112
CHAPITRE VII. — <i>Résumé et conclusions.</i> . . . .	113 à 122

---

IMPRIMERIE CENTRALE DES CHEMINS DE FER.

IMPRIMERIE CHAIX, RUE BERGÈRE, 20, PARIS, — 19330-10-96. — (Encrè Lorilleux).

---

# LE GÉNIE CIVIL

REVUE GÉNÉRALE HEBDOMADAIRE  
DES INDUSTRIES FRANÇAISES ET ÉTRANGÈRES

INDUSTRIE — TRAVAUX PUBLICS — AGRICULTURE — ARCHITECTURE  
HYGIÈNE — ÉTUDES ÉCONOMIQUES — SCIENCES — ARTS

MÉDAILLE D'OR A L'EXPOSITION UNIVERSELLE DE 1889

PRIX DE L'ABONNEMENT PAR AN :

Paris, 36 francs; Départements, 38 francs; Étranger et Colonies, 45 francs.

Les abonnements annuels ou semestriels partent du 1<sup>er</sup> novembre et du 1<sup>er</sup> mai.

Le Numéro : 1 Franc.

PARIS, 6, rue de la Chaussée-d'Antin, 6, PARIS

Le **Génie Civil** occupe aujourd'hui la première place parmi les publications techniques. Cette importante revue, fondée en 1880, constitue une vaste encyclopédie où l'on trouve traitées toutes les questions qui peuvent intéresser les Ingénieurs et les Industriels; elle s'adresse également à toutes les personnes désireuses de se tenir au courant des applications nouvelles de la science.

Le **Génie Civil** est rédigé sous l'inspiration et la haute direction d'un COMITÉ SUPÉRIEUR DE RÉDACTION composé des représentants les plus autorisés des principales spécialités scientifiques et industrielles.

Le **Génie Civil** paraît toutes les semaines; chacun de ses numéros est orné de nombreux dessins dans le texte et est, en outre, accompagné d'une planche hors texte. Il forme, chaque année, deux beaux volumes in-4° jésus, de plus de 400 pages chacun.

**SOCIÉTÉ ANONYME**  
POUR LA  
**FABRICATION DE L'ALUMINIUM**  
à NEUHAUSEN (Suisse)

---

**FABRICATION SPÉCIALE**  
POUR LE  
**CARBURE DE CALCIUM**

---

**EXPORTATION DANS TOUS LES PAYS**

---

*Rendement en gaz acétylène supérieur à tout autre produit  
et ne nécessitant aucune purification.*

---

**PRODUCTION ILLIMITÉE**

---

POUR TOUS RENSEIGNEMENTS ET MARCHÉS

S'ADRESSER A LA

**Société Anonyme pour la Fabrication de l'Aluminium**  
à NEUHAUSEN (Suisse)



# LAMPE PORTATIVE

A ACÉTYLÈNE

## RICHARD - CHOUBERSKY

Systeme LÉTANG-SERPOLLET, breveté s. g. d. g.

---

Cette lampe produit elle-même son gaz; elle est d'une simplicité extrême, d'un fonctionnement parfait et ne présente **absolument aucun danger**.

La production du gaz se fait au fur et à mesure de sa consommation; elle s'arrête à la fermeture du bec. Son pouvoir éclairant est de 26 à 30 bougies pour une durée de 8 heures.

PRIX DU PREMIER MODÈLE :

**50** francs

---

### SOCIÉTÉ DE CHOUBERSKY

### A. RICHARD & C<sup>IE</sup> Succ<sup>RS</sup>

18, rue du Quatre-Septembre, 18

PARIS

---

Voir page 98 la description de l'appareil  
et sa démonstration technique.

SOCIÉTÉ DES GÉNÉRATEURS AUTOMATIQUES  
**D'ACÉTYLÈNE**

BREVETS A. CERCKEL

A. CERCKEL, O. RAUS ET C<sup>IE</sup>

32, Boulevard Haussmann. — PARIS

APPAREILS POUR LA PRODUCTION AUTOMATIQUE ET SANS DANGER  
DU GAZ ACÉTYLÈNE

Pour Éclairage d'Ateliers — Usines — Châteaux — Villas — Églises  
Cafés — Forains — Tramways, etc.

ENVOI SUR DEMANDE

*du prospectus donnant la description et le fonctionnement de l'appareil*

VENTE DE CARBURE

AVEC GARANTIE DE 300 LITRES D'ACÉTYLÈNE AU KILOGR.

**GROS & DÉTAIL**

ÉCLAIRAGE PAR LE GAZ ACÉTYLÈNE  
**SOCIÉTÉ L'ACÉTYLÈNE**

Siège social : 21, boulevard Carnot, DIJON

Exploitation : 8, place Paul-Bert, à SAINT-ÉTIENNE

**APPAREILS GÉNÉRATEURS AUTOMATIQUES**

PERMETTANT L'UTILISATION COMPLÈTE DU CARBURE DE CALCIUM  
et marchant sous la plus basse pression,  
conformément aux prescriptions administratives.

**FOURNITURE DE CARBURE DE CALCIUM**

**RENDEMENT ÉLEVÉ**

# SOCIÉTÉ DU GAZ ACÉTYLÈNE

PARIS, 81, rue Saint-Lazare, PARIS

## ÉCLAIRAGE RATIONNEL PAR LE GAZ ACÉTYLÈNE

APPAREILS "AT HOME"

Brevetés, automatiques et sans pression pour les installations domestiques de 1 à 50 becs.

SPÉCIALITÉ D'INSTALLATIONS INDUSTRIELLES DE 500 A 1 000 BECS

FOURNITURES GÉNÉRALES RELATIVES A L'ACÉTYLÈNE

Appareillage, tuyauterie, lustres, becs, globes et verres, etc.

ÉTABLISSEMENT DE PLANS, DESSINS ET DEVIS

APPAREILS DE CHAUFFAGE

CARBURE DE CALCIUM BRUT ET EN AGGLOMÉRÉS

Renseignements généraux sur toutes les applications de l'acétylène.

# SOCIÉTÉ ÉLECTRO-MÉTALLURGIQUE FRANÇAISE

SOCIÉTÉ ANONYME AU CAPITAL DE 5.700.000 FRANCS

Siège social à Froges (Isère)

Usines à Froges et Champs (Isère),

à La Praz (Savoie), à Gardanne (Bouches-du-Rhône)

Service commercial à Paris : M. J. DREYFUS, 30, rue du Rocher

**ALUMINE, ALUMINIUM PUR**

ET ALLIAGES

**CARBURE DE CALCIUM**

Adresse postale et télégraphique: ELECMÉTAL-FROGES

COMPAGNIE CONTINENTALE D'ÉCLAIRAGE PAR LE GAZ ACÉTYLÈNE  
(ET SES APPLICATIONS INDUSTRIELLES)

PARIS — 51, rue Vivienne, 51 — PARIS

APPAREIL AUTOMATIQUE  
SYSTÈME BON

BREVETÉ S. G. D. G. EN FRANCE ET A L'ÉTRANGER



ÉCLAIRAGE — CHAUFFAGE — FORCE MOTRICE

N. B. — L'appareil Bon présente toute sécurité de fonctionnement, car la charge de carbure n'y est attaquée que par fractions successives, et le gaz acétylène y est épuré desséché chimiquement et produit sous très faible pression.

*La Compagnie Continentale envoie gratuitement et franco sa brochure et ses tarifs à qui en fait la demande.*

ÉCLAIRAGE PAR LE GAZ ACÉTYLÈNE  
SANS PRESSION

APPAREILS LÉTANG & SERPOLLET

**GAZOGÈNE FIXE** pour Châteaux, Villas, Appartements,  
Yachts de plaisance.

**GAZOGÈNE TRANSPORTABLE** pour Éclairage de chantiers de  
construction en plein air,  
de Forains, de Travaux de nuit.

**GAZOGÈNE DE VOITURE** pour Coupés-Victorias,  
Voitures automobiles, etc..

Nos Appareils sont d'un volume très restreint.  
Au repos, la cloche ne renferme que le  $\frac{1}{300}$  du volume total produit.

**LAINNET & LEGRAND**  
CONCESSIONNAIRES

20, rue du Luxembourg — PARIS

ÉCLAIRAGE A L'ACÉTYLÈNE

GAZOGÈNES, GAZOMÈTRES

APPAREILS DE PRODUCTION

**DEROY Fils Aîné** \*<sup>®</sup>

CONSTRUCTEUR, BREVETÉ S. G. D. G.

PARIS - 75, rue du Théâtre - PARIS

**RENSEIGNEMENTS FRANCO**

DES APPAREILS FONCTIONNENT A L'USINE

**A. RAYMOND FILS & G. RIOCREUX**

Manufacture d'Appareils d'Éclairage

**SPECIALITÉ DE BECS ACÉTYLÈNE**

PARIS — 22, rue de la Folie-Méricourt — PARIS

COMMISSION

— TÉLÉPHONE —

EXPORTATION



MARQUE DE FABRIQUE

SOCIÉTÉ INTERNATIONALE  
DE  
**L'ACÉTYLÈNE**

SOCIÉTÉ ANONYME  
au capital de 600.000 francs

SIÈGE SOCIAL:

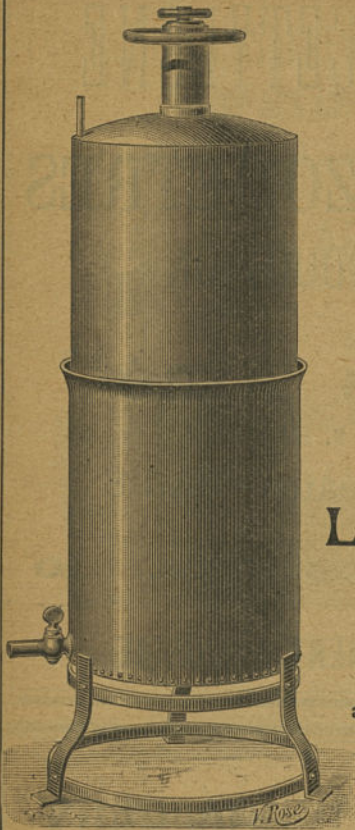
BRUXELLES, 12, rue des Foisonniers

BUREAU A PARIS:

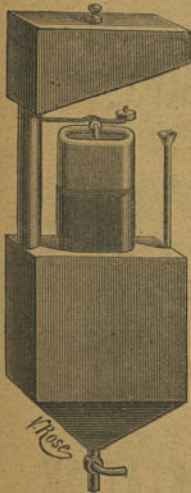
14, rue de la Victoire

**BREVETS EN TOUS PAYS**

*S'adresser, pour la vente des Brevets étrangers,  
au Bureau de Paris.*



Appareil domestique.



Appareil Chemin de fer.



Appareil Candélabre.







# Le Conseiller du Rentier

ORGANE

du Comptoir Financier, Industriel et Commercial

PARAISANT LES 10 ET 25 DE CHAQUE MOIS

## ABONNEMENTS:

FRANCE ET COLONIES: Un An 3 fr.  
ÉTRANGER: — 5 fr.

## ADMINISTRATION ET RÉDACTION

64, Rue Taitbout, 64  
PARIS

## INSERTIONS:

ANNONCES, la ligne..... 1 fr. 50  
RÉCLAMES, la ligne..... 2 fr. »  
CORPS DU JOURNAL, la ligne 5 fr. »

Société Anonyme pour l'Exploitation

DE

## L'ACÉTYLÈNE PUR

Systeme Raoul PICTET

### La Domestication de l'Acétylène

Sous ce titre suggestif, le *Figaro* du 1<sup>er</sup> juin 1895 a publié l'article suivant :

Sans doute, l'acétylène — ce gaz inédit et paradoxal, qui se peut obtenir rien qu'en versant de l'eau sur une poudre de perlimpinpin — mérite tous les éloges; sans doute, il est à la hauteur de toutes les espérances.

Cependant, il y aurait imprudence à oublier que l'acétylène est ce qui s'appelle un drôle de corps, un corps hors rang, déroutant toutes les traditions de la chimie classique, et détenant, haut la main, le record de l'originalité... Bref, une manière de bête féroce, capricieuse et brutale, dont personne ne saurait espérer tirer le moindre parti avant d'avoir rogné ses griffes, limé ses dents, et discipliné ses fureurs.

Quand on expérimente en petit, par grammes et par gouttes, cela peut encore aller, et les risques sont négligeables: je sais même des chercheurs qui ont trouvé des appareils réellement ingénieux, auxquels il n'y aurait guère à reprendre. Mais, sur une grande échelle, quand il s'agit d'utiliser industriellement l'acétylène, et de le substituer, comme on le rêve, au vieux gaz et à la jeune électricité, c'est tout une autre histoire.

L'acétylène — chacun sait ça — naît spontanément de la décomposition de l'eau par le carbure de calcium. Rien donc ne serait plus simple que sa fabrication à flux continu, si cette décomposition n'avait l'inconvénient d'engendrer une formidable élévation de température. Pour peu qu'on opère à haute dose, cet échauffement est si violent qu'une explosion est à peu près fatale. Verser de

l'eau, en d'autres termes, sur une masse de carbure supérieure à une douzaine de kilogrammes, c'est comme si on allumait un cigare dans une poudrière.

D'autre part, l'acétylène n'est maniable qu'à la condition d'être chimiquement pur. Or, cette pureté n'est qu'un mythe... En outre, en effet, de l'azote occlus dans les pores du carbure de calcium, qui paraît professer pour ce gaz la mystérieuse passion du palladium pour l'hydrogène, l'acétylène entraîne avec lui une foule de saletés volatiles, du grisou, de l'hydrogène sulfuré, etc., dont il faut, à tout prix, commencer par le débarrasser. L'azote surtout est particulièrement dangereux, en raison des réactions ammoniacales qu'il détermine et qui ont la fâcheuse propriété d'attaquer les métaux, et de former avec eux de perfides acétylures, dont un, au moins, l'acétylure de cuivre, est détonant.

Il n'a fallu rien moins que le subtil génie du savant genevois, M. Raoul Pictet, pour débrouiller ce faisceau de difficultés.

M. Raoul Pictet a eu tout d'abord l'idée de mettre le carbure de calcium dans l'eau, au lieu de mettre l'eau sur le carbure. Ceci n'a l'air de rien, mais il ne faut pas se fier aux apparences. On ne refroidit pas aisément une masse solide. Rien n'est plus facile, au contraire, que de refroidir une masse liquide. M. Raoul Pictet fait tomber le carbure de calcium, le long d'un tube oblique coupé en sifflet, dans un réservoir plein d'eau, qu'il refroidit sans peine au moyen d'une circulation d'eau froide. Il obtient ainsi, sans effervescence et sans hyperthermie excessives, partant, sans danger d'explosion, un dégagement régulier d'acétylène, qui s'écoule, en vertu de sa légèreté spécifique, par une tubulure disposée dans le dôme du gazomètre.

Voici donc un premier point résolu. Ce n'est pas le moins grave. Mais ce n'est pas le dernier.

L'acétylène produit de cette façon est loin d'être pur. Il reste, avant de le présenter dans le monde, à le débarbouiller, à faire sa toilette. M. Pictet a eu l'habileté d'utiliser, dans ce but, ses remarquables études sur l'action magique des basses températures,

M. Raoul Pictet a, en effet, découvert qu'à un certain degré de froid, qui varie d'un corps à l'autre, toute réaction chimique est suspendue. C'est-à-dire que tel corps devient inerte à telle température, tandis que tel autre corps, insensible à cette température-là, est complètement paralysé à quelques degrés plus haut ou plus bas. On peut établir ainsi une sorte de hiérarchie dans l'endurance. De là à constituer une méthode de filtration chimique, qui trie les corps d'après leur résistance au froid, comme un tamis trie les graviers d'un tas de sable d'après leur calibre, il n'y avait qu'un pas, et l'épuration de l'acétylène devenait un jeu.

Au sortir du générateur, l'acétylène barbote successivement dans le chlorure de calcium à 0° et dans l'acide sulfurique à -21°. Or, d'après la loi précitée des températures critiques, le chlorure de calcium à 0° retient l'ammoniaque, tandis que le vitriol à -21° retient les autres impuretés... A cette double épreuve, l'acétylène s'est apprivoisé: il est devenu un gentil petit gaz de père de famille, d'une docilité de tout repos, qu'on peut mettre entre les mains d'un enfant. Ne contenant plus d'ammoniaque, il n'attaque plus le cuivre, il ne perce plus les tuyaux, il ne ronge plus les robinets. C'est même à ce signe qu'on peut reconnaître la pureté de l'acétylène: lorsque le cuivre ne noircit pas au contact, vous pouvez être assuré que vous avez un gaz sans souillure et sans reproche...

Ce n'est pas tout. L'acétylène épuré a encore la propriété de se liquéfier, non plus à 100 ou 110 atmosphères, comme l'acétylène impur, mais sous une pression, relativement faible et facile à réaliser, de 25 atmosphères seulement. Une fois liquéfié, l'acétylène, qui bout et se vaporise à la chaleur de la main, ne pèse plus que 360 grammes par litre. Il ne reste plus qu'à l'emmagasiner en vase clos, et nous avons le gaz portatif, la lumière en bouteilles!

C'est précisément sous cette forme que M. Raoul Pictet, dont les procédés sont sortis de la période du laboratoire pour entrer dans la phase industrielle et commerciale, se propose de livrer l'acétylène pur aux consommateurs. Déjà de nombreuses usines se créent

en France, en Belgique, en Hollande, en Suisse, en Allemagne, en Italie, etc., où l'acétylène *extra quality*, préparé et liquéfié *secundum artem*, sera emmagasiné dans des tubes d'acier de toutes dimensions, timbrés à 250 atmosphères, comme ceux qui servent déjà au transport de l'acide carbonique, et qu'il suffira d'aboucher avec une canalisation pour avoir, à la ville ou à la campagne, le gaz — et quel gaz! vingt-cinq fois plus éclairant que l'autre!!! — chez soi.

La voilà, la solution tant cherchée, et l'acétylène va pouvoir entrer enfin, toutes flammes dehors, dans la pratique courante!

EMILE GAUTIER.

## Que la Lumière soit!

On lit également sous la signature de notre confrère Eugène Foreau du *Petit Journal* :

*Que la lumière soit! et la lumière fut!* C'est ainsi que la Genèse, dans sa concision troublante et poétique, fait s'exprimer Jehovah créant le monde!

Le sort de Prométhée, que la mythologie représenté comme enchaîné sur un rocher, tandis qu'un vautour lui ronge le foie sans cesse renaissant tout simplement parce qu'il a dérobé un rayon du Soleil, a dû troubler souventes fois le sommeil d'un savant Gènevois de ma connaissance. Raoul Pictet, puisqu'il faut le nommer, a fait comme Prométhée, que dis-je? Sans respect pour la divinité, il a osé plagier Jehovah: au Soleil il a arraché une de ses flèches irradiantes, et, en rendant l'acétylène maniable par tout un chacun, il a pu répéter *in petto*: « — Que la lumière soit! »

Car c'est un fait acquis, maintenant: l'acétylène, ce gaz aux lueurs fulgurantes, à la puissance éclairante inconnue, est entré dans le domaine des choses pratiques, maniables, et bientôt il s'étalera partout, renvoyant son frère aîné, l'hydrogène carburé, en ce pays mystérieux où François Villon prétendait que le bon Dieu remisait les vieilles lunes, en compagnie sans doute des carrels de l'ancien régime et des chandelles de suif.

Ce qu'on en parle, de cet acétylène! ce n'est rien de le dire, je devrais plutôt ajouter qu'il n'est question que de cela. De tous côtés, dans Paris et ailleurs, on voit surgir des boutiques étalant en grosses lettres bien voyantes sur leur devanture: « *Nouvel éclairage par le gaz acétylène, générateurs système X...*, brevetés s. g. d. g. » Et dans l'intérieur du magasin on voit briller, d'une intensité singulière, un ou plusieurs petits becs qui éblouissent les yeux même en plein soleil.

Tant mieux! plus on est de fous plus on rit! dit le proverbe; moi j'ajouterai: plus nous aurons de chandelles, plus nous verrons clair! M'est avis, cependant, car j'ai examiné, avec une attention et un intérêt qu'on comprendra sans peine, à peu près tous les systèmes rivaux, qu'aucun n'a décroché la timbale et n'a réalisé le rêve: *tous ils emploient de l'acétylène impur.*

En effet, les A et les B, les X et les Y,

nommons-les de la sorte pour ne décourager personne, se contentent de faire dégager du gaz en versant de l'eau sur du carbure de calcium (on sait que c'est de cette façon que l'on produit l'acétylène) et, après l'avoir recueilli d'une manière quelconque, ils le font circuler dans une canalisation à l'extrémité de laquelle se trouve un bec qu'ils allument: un point, c'est tout!

Je trouve que ces braves gens, dans leur louable désir de bien faire, sont d'une extrême imprudence. Point n'est besoin d'être grand clerc pour savoir que le gaz acétylène, au moment de son dégagement du carbure de calcium, contient des hydrogènes sulfurés et carbonés, de l'azote, de l'ammoniaque, voire même du formène, c'est-à-dire du grisou! Cet excellent alliage est subversif au premier chef; c'est un détonant exquis à faire pâmer de joie un anarchiste et de nature à terroriser un bon bourgeois comme vous et moi.

J'ai assisté à une des expériences de Raoul Pictet, dans son Institut si supérieurement aménagé, et mes frayeurs se sont envolées: il vous nettoie le nouveau gaz comme on débarbouillerait un enfant et, après l'avoir rendu chimiquement pur, il le liquéfie à la puissance de vingt-cinq atmosphères, puis... le met tout prosaïquement en des bouteilles d'acier, comme de la piquette ordinaire.

Voulez-vous éclairer votre maison? Rien n'est plus simple: vous vissez un des récipients métalliques à votre canalisation, vous tournez le robinet et vous n'avez plus qu'à allumer vos becs pour obtenir une lumière au moins cinq fois plus belle que celle de l'acétylène impur, laquelle est si étourdissante déjà.

Ah! si Jupiter vivait encore, ce qu'il t'enchaînerait Raoul Pictet sur le rocher d'en face pour faire vis-à-vis à Prométhée qui s'embête, je ne vous dis que ça!

EUGÈNE FOREAU.

## Le Point de vue Financier

Après les lumineuses explications que nous venons de lire sous la signature de deux de nos plus brillants et de nos plus compétents écrivains scientifiques, la question purement technique de l'invention du professeur Raoul Pictet est résolue et n'exige plus de commentaires.

Au point de vue pratique, cette découverte entraîne une révolution dans l'éclairage artificiel, révolution bienfaisante, puisqu'elle nous procure une meilleure lumière avec une dépense moindre. Car la production de l'acétylène pur n'est pas seulement un de ces merveilleux résultats que nous devons à la science, elle est encore appelée à modifier profondément les prix de la lumière artificielle et cette modification s'accomplira naturellement dans le sens de la diminution.

Le pouvoir éclairant de l'acétylène est 44 fois plus fort que celui du gaz de houille avec des becs Papillon, il est supérieur à celui des becs Auer et des systèmes d'éclairage par l'électricité. A

côté de cette première supériorité sur tous les modes employés d'éclairage artificiel: il faut en ajouter une autre: c'est que l'acétylène donne une lumière meilleure, plus blanche et plus hygiénique que toutes celles connues.

Il est, en outre, une troisième supériorité que nous ne pouvons passer sous silence; c'est l'économie réalisée par les consommateurs. Le prix du kilogramme à l'état liquide ou du mètre cube à l'état gazeux de l'acétylène chimiquement pur a été établi de façon à constituer une économie:

de 200 0/0..... à Paris  
de 100 0/0..... à Amsterdam  
de 60 0/0..... à Liège  
de 50 0/0..... à Bruxelles

Ce ne sont pas là de mesquines économies, et la seule énonciation de ces chiffres permet de prédire à cette entreprise un succès certain, commercialement et financièrement parlant. Enfin la propriété qu'elle s'est acquise des brevets de M. Raoul Pictet met cette société à l'abri de toute concurrence et lui assure un monopole de fait.

D'après un devis que nous avons sous les yeux et qui a été dressé de la façon la plus rigoureuse, le bénéfice net s'élèvera à 320,000 fr., environ, dès la première année, ce qui représentera 80 0/0 aux actions ordinaires et 20 0/0 aux actions privilégiées, après attributions statutaires au fonds de réserve, au Conseil d'administration et au Collège des commissaires.

Les actions que l'on met actuellement en souscription au prix de 125 fr. payables par termes ont donc devant elles un brillant avenir. Les actions ordinaires attribuées à la répartition sont appelées, en effet, à toucher un dividende de 80 0/0 ou de 100 fr., par exercice et cela dès les débuts de la Société.

Ce prix de 125 fr. sera donc promptement dépassé, et c'est pourquoi nous invitons nos lecteurs à s'intéresser à cette affaire qui a pour elle tous les atouts. Le *Gaz Parisien*, qui vaut 1060, n'a donné que 64 fr. 50 de dividende, le *Gaz Central* est à 1330 pour un dividende de 60 fr., le *Gaz de Bordeaux* est à 1770 pour un dividende de 90 fr. et le *Gaz de Mulhouse* à 1780 pour un dividende de 100 fr.

Les actions de la *Société pour l'Exploitation de l'Acétylène pur* (Raoul Pictet), qui toucheront 100 fr. de dividende, peuvent donc, à bon droit, prétendre atteindre successivement les cours cotés actuellement par le *Gaz parisien*, le *Gaz central*, le *Gaz de Bordeaux* et le *Gaz de Mulhouse*. La marge à franchir est d'une belle étendue; elle n'en sera pas moins franchie dans un délai que nous ne pouvons préciser, mais qui ne saurait être éloigné.

En tout cas, ce sont des titres qui conviennent à tout le monde par l'objet même de la Société, par l'énormité des bénéfices qu'elle va donner et par l'importance et la rapidité de la hausse dont ces actions vont être favorisées aussitôt leur apparition sur le marché.