

Spelunca n°83 - 3ème trimestre 2001

Du carbure de calcium à l'acétylène

Fabien DARNE / Groupe d'Etudes Techniques de l'EFS,

avec la collaboration de **Rémy LIMAGNE, Georges MARBACH, Eric SANSON**

Le carbure de calcium et l'acétylène font partie intégrante de l'attirail du spéléologue depuis des lustres (si vous me permettez l'expression...). Mais combien connaissent l'origine exacte et les propriétés des ces extraordinaires petits cailloux qui brûlent lorsqu'on les arrose avec de l'eau, ce qui ne manque pas de fasciner le débutant ? Combien croient encore que l'on s'éclairait à l'acétylène avant même l'apparition de l'électricité ? Combien enfin, ignorent ou plutôt négligent les règles de sécurité indispensables au stockage et à l'utilisation du carbure et de l'acétylène ?



Cet article se propose de faire " toute la lumière " sur ces produits usuels mais pourtant méconnus.

1. LE CARBURE DE CALCIUM

C'est par l'intermédiaire du carbure de calcium que le spéléo débutant fait connaissance avec l'acétylène. Ce composé se présente sous la forme de cailloux gris, qui ne sont pas extraits du sol comme l'imaginent un peu naïvement certains : ils résultent d'une opération de synthèse industrielle à partir de la chaux et du charbon.

1.1. Un peu d'histoire

L'acétylène a semble-t-il été isolé dès 1836 par E. DAVY et préparé en 1860 par M. BERTHELOT. Mais il ne devait devenir un produit courant qu'après que H. MOISSAN, d'une part, et T.L. WILSON, d'autre part, eurent, en 1892, préparé indépendamment l'un de l'autre, du carbure de calcium au four à arc électrique, inventé par H. DAVY dès 1801, mais développé industriellement par SIEMENS à partir de 1877.

C'est donc à Henri MOISSAN que l'on doit la découverte du procédé de fabrication du carbure de calcium, premier produit issu de l'électrometallurgie. Chimiste français (1852-1907), MOISSAN avait été nommé docteur ès sciences en 1885 après soutenance d'une thèse sur "la série du cyanogène". Il isola le fluor et le silicium, ce qui lui valut le prix Nobel de chimie en 1906.

Il perfectionna par ailleurs le four à arc électrique, et c'est au cours d'une de ses expériences qu'il constata qu'à très haute température, le carbone des électrodes s'unissait au calcium des terres réfractaires (chaux vive) dont les parois du four étaient composées, pour former un carbure de calcium liquide, chauffé au rouge, et de composition mal définie.

Complétant ses travaux, MOISSAN présenta en mars 1894 à l'Académie des Sciences du carbure de calcium pur et cristallisé, de formule CaC_2 nettement définie. Il l'avait obtenu en soumettant à la haute température de l'arc électrique un mélange de charbon et de chaux vive. Il établit que l'action de l'eau sur le carbure de calcium permettait de synthétiser l'acétylène. T.L. WILSON, un métallurgiste américain qui s'occupait de la fabrication de l'aluminium, revendiqua lui aussi la paternité de cette découverte.

1. 2. Un peu de chimie

La fabrication du carbure de calcium nécessite deux éléments : la chaux vive et le carbone, selon la réaction suivante :

$\text{CaO} + 3\text{C} + 108\,300 \text{ calories} \text{ ----> } \text{CaC}_2 + \text{CO}$

(chaux vive) + (carbone) + (énergie) ----> (carbure) + (monoxyde de carbone)

La distillation de la houille ou du charbon à haute température permet d'obtenir le coke, constitué de carbone presque pur puisque son taux d'impureté est inférieur à 10%. Le coke destiné à la fabrication du carbure est un coke plus léger et plus poreux que celui utilisé dans la métallurgie. Il contient des composés volatils, de l'eau et des cendres. Le coke doit être broyé très fin, alors que la chaux, le second composant, n'exige pas un broyage aussi fin. Dans la réaction, le coke représente le réducteur, et la chaux vive, qui comporte un atome d'oxygène, est l'oxydant.

La chaux vive (ou anhydre) est préférable à la chaux éteinte (ou hydratée) du fait de l'énergie supplémentaire qui serait nécessaire à la décomposition de cette dernière. Elle a de plus l'avantage d'être moins volumineuse. La qualité de la chaux anhydre employée est importante : elle doit comporter au moins 95% d'oxyde de calcium pur. On l'obtient à partir du calcaire, que l'on calcine à 1000°C suivant un principe similaire à la fabrication du plâtre à partir du gypse.

Le coke et la chaux sont d'abord broyés séparément, tamisés puis mélangés. Pour obtenir 1 tonne de carbure de calcium, le mélange devrait contenir en théorie 875 kg de chaux pour 560 kg de carbone. Dans la pratique, on observe des quantités de chaux de 10 à 15% supérieures.

Ainsi, le calcaire est à l'origine du carbure, qui, en délivrant ultérieurement l'acétylène, permettra aux spéléos d'explorer le sous-sol calcaire !

1.3. Fabrication industrielle du carbure de calcium

La fabrication industrielle du carbure de calcium a été entreprise en France vers 1897 à Bellegarde dans l'Ain et quasi simultanément à Frogès près de Brignoud dans l'Isère, mais aussi en Suisse à Vallorbe dans le canton de Vaud, ainsi qu'en Allemagne et aux États-Unis.

Il existait à l'époque de gros écarts dans les aspects physiques et les qualités chimiques du carbure de calcium suivant sa provenance.

De nos jours, de tels écarts existent encore entre le carbure produit selon les normes en vigueur en Europe de l'Ouest et celui qui provient des pays de l'Est. Ces derniers admettent un taux d'impuretés supérieur (en particulier de chaux n'ayant pas réagi) et leur carbure fournit donc moins d'acétylène par unité de poids.

Les fours de Frogès (vers 1900)

C'est à Frogès que fut exploitée pour la première fois l'hydroélectricité, qu'on nomma "houille blanche" en raison de son origine. L'électricité produite était utilisée sur place, en particulier pour la fabrication du carbure de calcium. Les fours fonctionnaient sur des tensions électriques de 10 volts pour 1600 ampères : c'étaient les mêmes que ceux qui servaient à la fabrication de l'aluminium.

Dans le four, un arc électrique de 8 cm permettant la fusion et la transformation du mélange s'établit en périphérie de l'électrode positive (anode), placée au centre d'un réacteur en fonte qui reçoit la chaux et le coke, et joue le rôle de cathode (pôle négatif).

Au fur et à mesure de la transformation, on régule la réaction en remontant peu à peu l'électrode. Le mélange chaux-carbone se transforme vers 1700°C en carbure de calcium.

Lorsque la réaction est terminée, un ouvrier débouche le trou de coulée (maintenant, c'est une barre pointue de 15 cm de diamètre qui perce automatiquement le fond du four). Le carbure fondu se répand dans une cuve de refroidissement, où il se solidifie en un bloc que l'on nettoie, concasse et crible pour obtenir les granulations désirées.

Et aujourd'hui ?

Il n'existe plus en France qu'une seule usine de fabrication du carbure de calcium. Elle est située à Bellegarde dans l'Ain et fait partie du groupe P.E.M. (Péchiney-Électrométallurgie). Elle n'est pas actuellement menacée de disparaître (*), alors que ce fut le cas dans les années 70 : la première crise du pétrole l'avait alors sauvée. A quelque chose malheur est bon !

() Pourtant, la production de carbure à l'usine de Bellegarde a bien été définitivement arrêtée en juin 2003.*

En 1984, la production française était encore de 80 000 tonnes par an sur 2 unités. Actuellement, elle a baissé à 40 000 tonnes, dont environ... 50 tonnes pour les spéléos français !

Le four doit supporter des températures voisines de 2000°C. Etant eux-mêmes très réfractaires, la chaux puis le carbure réalisent heureusement une sorte d'autoprotection des parois. 3 électrodes en carbone plongées dans le mélange coke-chaux assurent le passage d'un courant de l'ordre de 70 000 ampères sous 150 volts. Environ 5 tonnes de mélange sont ainsi portées à 1 800°C en 40 minutes !

Le carbure de calcium produit industriellement n'est pas pur. Il contient environ 20% d'impuretés : essentiellement du carbone et de la chaux non combinés, mais aussi divers composés : ferro-silicium (nodules très durs constitués de mélanges métalliques provenant de l'association de minerais avec le charbon), scories inertes ou actives, capables de donner naissance, lors de l'hydrolyse ultérieure aboutissant à l'acétylène, à de l'ammoniac, de l'hydrogène sulfuré et de l'hydrogène phosphoré, composés qui se dégageront avec lui et modifieront son odeur.

La norme NF T24-001 fixe la granulométrie, les caractéristiques physico-chimiques, les méthodes d'échantillonnage, les méthodes de contrôle et d'analyse du carbure, ainsi que la réglementation concernant son stockage et son transport.

1.4. Propriétés du carbure de calcium

Lorsque le carbure sort du four, il se solidifie et cristallise sous la forme d'un corps opaque, gris foncé, légèrement mordoré. Il est aussi dur que du granite. Son apparence varie avec la qualité des matières premières employées et le soin apporté à sa fabrication. Sa structure est très proche de celle de la chaux.

1.5. Utilisations du carbure de calcium

Les engrais : La Cyanamide calcique (CN₂Ca) fabriqué à partir d'un mélange de carbure de calcium et d'azote sert à amender les sols acides par apport à la fois de calcaire pour abaisser l'acidité des sols, et d'azote pour activer la croissance des végétaux.

La métallurgie : Le carbure de calcium sert de produit thermogène (optimisant la production en augmentant la température de la coulée) dans la fabrication des aciers et fontes ; il sert également à la cémentation de certains aciers (traitement durcissant et anti-corrosion). Enfin et surtout, il sert à la désulfuration.

Les usages domestiques : le carbure de calcium a pu servir de conservateur (fruits, pâtisseries), de canon anti-oiseaux, de bombe anti-taupes, et même être détourné en grenades pour la pêche (gare au garde !)...

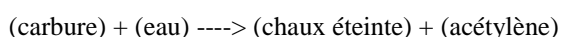
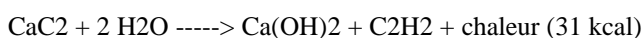


"Tellement utile à l'extérieur... Ne laissez pas la chaux sous terre !"

La fabrication de l'acétylène : l'utilisation du carbure de calcium constitua pendant longtemps la seule méthode de fabrication de l'acétylène. C'est à ce sujet que le spéléo dresse l'oreille, humant déjà l'odeur inimitable de ce gaz qui dissipe pour lui les ténèbres souterraines ! Cette action de l'eau sur le carbure nécessite donc de plus longs développements.

1.6. La réaction du carbure avec l'eau

L'atome de calcium du carbure décompose l'eau (H₂O) dont il fixe l'oxygène pour donner de la chaux, tandis que le carbone se combine à l'hydrogène pour former notre cher acétylène. Une forte odeur d'ail due aux impuretés contenues dans le carbure de calcium accompagne cette action de l'eau, tandis que la chaux obtenue forme une couche blanche en surface du bloc.



En se basant sur cette équation, les chimistes calculent qu'un kilogramme de carbure de calcium demande 560 grammes d'eau pour se transformer en 350 litres d'acétylène et 1160 grammes de chaux hydratée (chaux éteinte). La réaction s'accompagne du dégagement d'une quantité de chaleur égale à 430 kilo-calories : c'est une valeur considérable, elle explique pourquoi le générateur d'acétylène nous réchauffe si agréablement lors des attentes dans les trous froids de nos

montagnes ! Autre conséquence, nous constatons qu'un bec dont le débit est de 21 litres par heure va nous procurer 16h30 de lumière, et un bec de 14 litres : 25h, toujours à partir d'un kilogramme de carbure.

Le carbure absorbe l'eau de la calebonde, mais tout aussi bien l'humidité de l'atmosphère : il faut donc le stocker au sec, sous peine de le voir se transformer en chaux.

1.7. La chaux, sous-produit de la fabrication de l'acétylène à partir du carbure

Après dégazage du carbure à l'eau pour produire l'acétylène, on recueille un lait de chaux chargé en impuretés. Les éléments présents sont notamment Al_2O_3 , SiO_2 , MgO , Fe_2O_3 . On trouve dans la chaux résiduelle des traces de nombreux métaux (en mg/kg de matière sèche) : Plomb (<5), Nickel (102), Cadmium (<1), Zinc (<5), Chrome (8), Manganèse (10), Cobalt (<5), Arsenic (<5), Cuivre (<5), Soufre (10 000), Sulfates (30 000) et des dérivés azotés : 2293 au total, dont Cyanures (14), Ions ammonium (258), Nitrites (<0,2), Nitrates (<1) (P. CABREJAS & AL., Spelunca n° 71). Il faut noter que ces valeurs sont bien en deçà des normes admises par la C.E.E. pour la pollution des sols ou des eaux, et que seul un déchaulage massif dans une laisse d'eau stagnante pourrait rendre l'eau impropre à la consommation.

Plus la granulométrie du carbure de calcium est petite, plus la décomposition par l'humidité de l'air est rapide. En effet, plus le bloc est gros, moins sa surface est importante par rapport à son volume. De ce fait, il est recommandé de ne pas s'approvisionner pour la spéléo en granulats trop petites : 25-50 mm est le calibre standard pour cet usage. De plus, le carbure de faible granulométrie s'enrobe dans le générateur d'une gangue de chaux qui a tendance à former avec lui un bloc hétérogène présentant deux gros inconvénients :

- le déchaulage devient difficile, surtout si l'on ne réalise pas cette opération immédiatement à la sortie de la cavité (et dans un sac poubelle, bien entendu.) ;

- l'eau ne parvient que lentement à atteindre les grains de carbure restant. La lampe se transforme en veilleuse et ne réagit plus aux ordres de son possesseur, même en forçant largement le débit du poiteau.



" Déchaulage ? N'oubliez pas de vous laver les mains avant d'enfiler vos gants ! "

Le volume massique de la chaux éteinte est nettement supérieur à celui du carbure. Aussi prend-elle dans le générateur bien plus de place que celui-ci ; voilà pourquoi il ne faut pas trop remplir le générateur de carbure, sinon la chaux durcit de par la pression interne qu'elle génère contre les parois, et l'on observe les mêmes inconvénients qu'avec un carbure de granulométrie trop petite.

2. L'ACÉTYLENE

L'acétylène joue un rôle très important dans un grand nombre de synthèses industrielles, et sert par ailleurs de combustible dans le chalumeau oxyacétylénique. Dans l'industrie, sa production se réalisait initialement par hydrolyse du carbure de calcium concassé, selon la réaction que nous venons de présenter. Ce n'est que vers 1938 que sont apparus en Allemagne d'autres procédés utilisant des dérivés organiques : méthane ou essence. Il s'obtient maintenant par "craquage" à partir du gaz naturel ou d'essence de pétrole.

2.1. Propriétés physiques

L'acétylène est un gaz incolore un peu plus léger que l'air : un litre d'acétylène gazeux pèse 1,15 g à 15°C sous la pression atmosphérique. Lorsqu'il est pur, son odeur rappelle celle du géranium, mais elle est généralement masquée par celle, aliacée, de la phosphine ou hydrogène phosphoré (PH_3), formé en même temps que lui du fait de la présence d'impuretés dans le carbure de calcium. On note encore la touche odorante d'autres impuretés : le sulfure d'hydrogène (SH_2) et l'ammoniac (NH_3). L'arsine (ou trihydrure d'Arsenic) AsH_3 qui peut accompagner la phosphine est par contre inodore. Vous savez maintenant pourquoi l'acétylène généré par nos lampes sent fortement l'ail... et plus faiblement l'oeuf pourri !

L'acétylène liquide est incolore, de densité 0,62 et constitue un explosif. Sa température de vaporisation est de -81,8°C.

2.2. Toxicité

L'acétylène n'est pas un inhibant respiratoire mais un dépresseur du système nerveux central. En intoxication aiguë on

observe des céphalées, vertiges, nausées, une incoordination motrice, puis une perte de connaissance suivie d'un coma éventuellement convulsif.

Un mélange à 50% d'acétylène et d'air peut-être bien toléré pendant 5 minutes, un mélange à 10% pendant 30 minutes. A titre anecdotique, un mélange d'oxygène et d'acétylène contenant de 20 à 85 % de ce dernier a été utilisé comme anesthésique général.

L'intoxication chronique entraîne : asthénie, céphalées, somnolence, gastralgies, irritation bronchique (peut-être liée aux impuretés), mais ces effets sont réversibles. De manière générale, ce n'est pas un gaz irritant. La dose admissible doit rester inférieure à 2500 ppm, soit 1/10e de la limite inférieure d'explosibilité. Le traitement se résume à l'oxygénothérapie normobare, avec ventilation assistée si nécessaire, et à des soins de réanimation standard (extrait de la fiche toxicologique de l'I.N.R.S., Institut National de Recherche et de Sécurité).

2.3. Propriétés chimiques

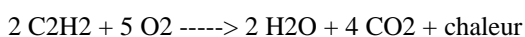
L'acétylène de formule brute C_2H_2 , est le premier terme des alcynes ou hydrocarbures acétyléniques, dont la formule générale est C_nH_{2n-2} . Ils sont caractérisés par la présence d'une triple liaison entre les deux atomes de carbone. Celle-ci est instable et de grande énergie (194 kcal), ce qui entraîne une forte réactivité des alcynes.

L'instabilité de l'acétylène explique les risques d'explosion spontanée de l'acétylène lorsqu'il est comprimé au delà de 15 kg/cm². Sa stabilité décroît avec l'élévation de la température et/ou de la pression. On admet que jusqu'à 120°C, l'acétylène offre une stabilité d'emploi suffisante. Au delà, il peut se polymériser, c'est à dire donner naissance à des produits de condensation plus lourds : benzène surtout, avec dégagement de chaleur pouvant entraîner à son tour une décomposition explosive en carbone et hydrogène ! C'est pourquoi, dans les bouteilles des chalumeaux oxy-acétyléniques, l'acétylène n'est pas comprimé seul mais avec un peu d'azote, ou bien dissous dans un solvant organique, l'acétone, dont il se dégage dès l'ouverture du détendeur. En son temps, Robert de Joly utilisait d'ailleurs un générateur à acétylène dissous de ce type.

Instable, l'acétylène donne lieu à de nombreuses de réactions de synthèse. Il est également très réactif avec les halogènes, l'ozone, les oxydants et les métaux comme le cuivre, l'argent et le mercure avec lesquels il donne des acétylures détonants au choc et à la chaleur. Il est en conséquence déconseillé de vouloir par exemple sécher un perforateur dans un sac en y enfermant un bloc de carbure : l'acétylène dégagé attaque les parties métalliques de l'appareil. Mais cette méthode est excellente pour conserver un sac de couchage au sec dans un camp souterrain, en le plaçant dans un sac étanche avec quelque cailloux de carbure.

2.4. Combustion de l'acétylène

L'acétylène est un gaz très combustible, c'est-à-dire très avide d'oxygène, dont la combustion complète peut se formuler ainsi :

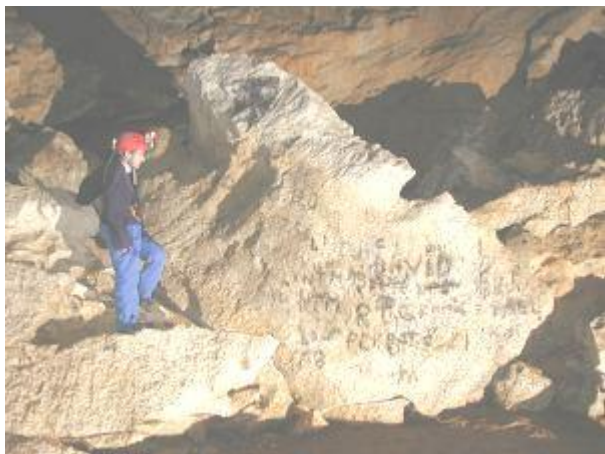


Cette chaleur dégagée est très importante. Elle explique pourquoi la combustion complète de l'acétylène fournit une flamme blanche aussi lumineuse, vingt fois plus intense que celle du gaz de ville, d'où son intérêt pour l'éclairage public au début du siècle. En effet, la réaction produit du carbone libre, lequel, porté à très haute température dans la flamme (3000°C avec l'oxygène, et 2000°C avec l'air), brûle à son tour pour donner du gaz carbonique CO₂.

Au début du vingtième siècle, certains ont cru déceler dans l'acétylène obtenu à partir du carbure de calcium "l'éclairage du futur", en raison de sa grande puissance lumineuse, alors qu'à la même époque l'éclairage électrique à incandescence et même les tubes néon étaient déjà inventés. Tous ces dispositifs sont contemporains ; il convient donc de ne plus croire que l'acétylène est un moyen d'éclairage plus ancien que l'éclairage électrique, puisque il est né de l'électricité et lui doit tout !

Le carbure sera ainsi utilisé pendant une cinquantaine d'années pour l'éclairage collectif dans des générateurs fixes, mais aussi dans des lampes individuelles et portatives dites "auto-gazogènes" puisque produisant d'elles-mêmes le gaz nécessaire à l'entretien de leur flamme. Des lampes à main, des lampes de vélo et des lanternes de voiture furent ainsi réalisées. Les générateurs à usage spéléologique (appelés communément "lampes", "calebondes", "calebombes", "bombonnes" et autres "dudules"...) appartiennent à cette catégorie.

Mais l'acétylène arrivait un peu tard pour supplanter dans l'éclairage public le gaz de ville, dont l'utilisation avait été révolutionnée par l'invention du manchon à terres rares dû à AUER von WELSBACH. Si, en 1910, un millier de villes avaient adopté l'acétylène, les progrès de l'éclairage électrique, avec l'invention des filaments en tungstène remplaçant le carbone, allait s'opposer à son extension, comme à celle du gaz d'éclairage.



"Graffiti à l'acéto : c'est pas beau !"

Si nous revenons à l'usage spéléo, nous constatons qu'après combustion complète de l'acétylène généré, la consommation d'1 kg de carbure de calcium dégage environ 700 litres de CO₂. Dans ces conditions, un éclairage à acétylène ne produit que 0,73 litre de CO₂ par minute, soit moins que la respiration normale de son utilisateur.

La combustion totale de l'acétylène exige un volume d'air suffisant, sinon le carbone ne brûle pas et reste sous la forme de noir de fumée. Celui-ci est à l'origine des superbes maquillages qu'arborent certains spéléos au sortir de leurs explorations, et qui traduit l'usage d'un mauvais bec, qui délivre alors une flamme cylindrique d'un jaune-orangé peu lumineux, surmonté d'un panache noir de paquebot, au lieu du papillon brillant et largement étalé qui signalait les anciens becs à deux trous devenus malheureusement introuvables.

Attention, les mélanges d'air et d'acétylène risquent de s'enflammer et d'exploser au contact d'une flamme, d'une étincelle, d'une résistance, ou spontanément lorsqu'on les porte au-dessus de 300°C. Les risques existent dans une très large plage de concentration d'acétylène dans l'air : entre 2,2 % et 85 %, et le phénomène est responsable de l'explosion en chatière de très nombreux sacs de spéléo !

2.5. Autres usages de l'acétylène

La soudure : L'emploi du chalumeau oxyacétylénique, mis au point par C. PICARD entre 1901 et 1910 et dont l'intérêt avait été mis en évidence par LE CHATELIER dès 1895, allait par contre rapidement prendre de l'extension, lorsque les travaux de LINDE et de CLAUDE eurent fourni la possibilité d'extraire aisément l'oxygène de l'air. Les risques liés à la liquéfaction de l'acétylène furent éliminés par CLAUDE et HESS, découvreurs en 1897 de sa grande solubilité dans l'acétone, signalée plus haut. Les travaux de W. REPPE permirent ensuite de le manipuler sous pression en évitant soigneusement la présence d'air et en le diluant avec de l'azote. Ainsi conditionné, l'acétylène va pouvoir servir à la soudure autogène oxy-acétylénique, dans laquelle un apport d'oxygène permet d'atteindre des températures très importantes (3000°C), par la même combustion très exothermique qui se produit à la sortie de nos becs.

La puissance spécifique d'une telle flamme dépasse celle de toutes les autres. Elle explique l'intérêt du chalumeau oxy-acétylénique pour le soudage des aciers, même sous l'eau. Cette technique est utilisée pour le soudage et le découpage des métaux jusqu'à 10 cm d'épaisseur, pour la trempe superficielle des aciers, pour le brasage et le soudo-brasage de tous les métaux usuels, pour la métallisation et l'apport thermique localisé. Dans notre domaine, cela signifie d'une part qu'elle inflige de belles brûlures aux maladroits, et que de l'autre, elle fond et brûle très bien le nylon des cordes...

Les matières plastiques : dès 1910, l'association de l'acétylène et de produits chlorés (trichloréthylène, perchloréthylène) va être à l'origine d'une véritable révolution de la chimie industrielle en faisant disparaître la séparation entre chimie organique et chimie minérale.

Ainsi, l'acétylène sera à l'origine de la synthèse du néoprène (1930), des résines vinyliques, de l'acrylonitrile (1940) puis des polychlorures de vinyle (PVC), nylon et autres textiles synthétiques. Pour ce qui est de la fabrication des matières plastiques, la synthèse de l'acétylène à partir de carbure de calcium tend aujourd'hui à disparaître au profit de la pétrochimie.

Les piles : Le "carbon-black" ou "noir d'acétylène" est fabriqué en "craquant" l'acétylène (c'est-à-dire en cassant la molécule en ses éléments carbone et hydrogène). La température de craquage est très élevée (2400°C) et cela confère au noir ainsi obtenu des propriétés particulières : pureté, conductibilité, pouvoir d'absorption. Ce noir est utilisé pour la fabrication des piles, comme charge pour les pneus, et comme pigment dans les peintures, vernis et encres.

On a pu également utiliser l'acétylène, qui n'est pas toxique, pour ses propriétés anesthésiques, surtout en Allemagne et aux États-Unis (narcylène).

3. PRÉCAUTIONS A RESPECTER EN UTILISATION SPÉLÉO

3.1. Stockage du carbure en extérieur



Depuis peu, les fûts de 70 kg de carbure à notre disposition ont revêtu une belle robe bleu-roi, ce qui est déjà fort agréable. Mais surtout, on apprécie le système de fermeture à grenouillère enfin un peu élaboré, qui nous affranchit de l'ouverture du couvercle "à la hussarde" (c'est à dire marteau-burin.), lequel mettait souvent définitivement fin à l'étanchéité des anciens fûts à couvercle emboîté !

Un arrêté du Ministère de l'Environnement (Journal Officiel du 7 juin 2000) encadre les conditions de stockage du carbure de calcium. Même si ce texte ne régleme que les dépôts supérieurs à 3 tonnes, il contient des dispositions utiles qui s'appliquent à notre type d'usage :



" Le noir ou le bleu...? "

" Le bleu ! "

- Eviter tout contact avec l'eau, et évidemment le stockage en des lieux inondables.
- Entreposer les fûts dans un local sec et les surélever sur des morceaux de bois d'une dizaine de centimètres de haut, afin de protéger les fonds de l'oxydation.
- Eviter le stockage au-dessous de lieux habités (cave).
- Toujours refermer un fût entamé après usage. Attention : en camp ou en stage, ce n'est pas "le dernier" qui referme le fût. "Chacun referme", car personne ne pense être le dernier !
- Si l'étanchéité du couvercle a été mise à mal : recouvrir le fût d'un sac poubelle retourné pourra limiter les fuites.
- Ne jamais s'approcher d'un fût ouvert avec une flamme ou une cigarette allumée : le mélange air/acétylène, nous l'avons dit, est un explosif dangereux.
- Disposer d'un extincteur à poudre ou à CO2 et/ou de sable et d'un seau à proximité.
- Signaler le risque par un écriteau interdisant d'utiliser de l'eau en cas de feu.
- Ne pas stocker de matière inflammable à proximité des fûts.
- Ouvrir les fûts de préférence avec des outils ne faisant pas d'étincelles (pas de problème avec les nouveaux fûts).

3.2. Utilisation sous terre

Attention, les accidents liés au carbure sous terre n'ont rien d'exceptionnel, et l'assurance fédérale enregistre en moyenne deux sinistres de ce type chaque année. Brûlures, lésions aux yeux, perte de l'audition sont les plus fréquents. Citons par exemple :

- "Banane" mal fermée qui a pris l'eau, et qui vous fait exploser le kit à la figure au passage d'une étroiture.
- Explosion du bidon étanche à l'ouverture, lorsqu'on se baisse avec la flamme allumée pour chercher le chocolat et qu'on tombe sur du produit de déchaulage.
- Brûlures aux mains après avoir déchaulé sans gants, puis les avoir enfilés, humides, sur des mains couvertes de poussière de chaux vive.
- Assourdissement collectif à la suite d'une séance de déchaulage dans une galerie à l'atmosphère confinée (le premier qui rallume.).
- Le pire : inhalation, puis explosion d'acétylène dans la bouche et le larynx.
- Ou bien fragment de carbure qui se plante dans la joue, où il se met évidemment à fuser..., lors d'une tentative pour

casser un bloc au marteau !

Pensons également aux particules de carbone dégagées par les becs usagés qui "fument", voire au tuyau qui prend feu, et qui contribuent en se déposant à enlaidir les parois et à noircir les narines. D'où la nécessité de vérifier et d'entretenir régulièrement son système d'éclairage : joints, tuyau, bec.

Attention aussi à la flamme lors de la manipulation d'explosif (notamment la pentrite des cordeaux détonants).



Rappelons enfin qu'on ne déchaule plus dans les cavités, comme l'ont fait sans malice nos prédécesseurs, même si les analyses ont montré l'inocuité de la chaux ainsi abandonnée. Effet pervers d'ailleurs du discours "ne pas déchauler dans l'eau parce que ça pollue" : des centaines de spéléos ont durant des années déposé en toute bonne conscience leur chaux sur des margelles parfaitement sèches, là où elle restera indéfiniment. Même au fond du cours d'eau, si celui-ci n'est pas assez puissant pour l'évacuer, la chaux constituera un "ciment" qui ne disparaîtra pas forcément.

Donc, ressortir sa chaux, c'est non seulement l'assurance d'éviter toute pollution visuelle, mais aussi et surtout, un signe de respect envers le milieu qui constitue notre terrain de jeu et que nous savons fragile.

" Le dire, c'est bien ; le faire, c'est mieux..."

4. BIBLIOGRAPHIE

- **H. GUÉRIN** (1968) - Acétylène. - Encyclopedia Universalis Vol. 1, 2e publication, mai 1969, pp 127-131. E.U. France S.A. 1968.
- **J. PERROTEY** (1968) - Calcium. - Encyclopedia Universalis Vol. 3, 3e publication, octobre 1970, pp 752-753. E.U. France S.A. 1968.
- **C. PRÉVOST** (1968) - Alcynes - Encyclopedia Universalis Vol. 1, 2e publication, mai 1969, pp 608-611. E.U. France S.A. 1968.
- **B. DESPORTES** (1972) - Du carbure de calcium, de l'acétylène et de la lampe à carbure. - SCV Activités n° 26, 2e trimestre 1972, pp 35-38. Spéléo Club de Villeurbanne, Lyon.
- **J.P. COUTURIER** (1986) - Comment fabrique-t-on le carbure de calcium ? - Spéléo Oc, revue trimestrielle des spéléologues du grand sud-ouest, n° 37, septembre 1986. (Extrait repris du Compte-rendu du stage moniteur Coumo d'Hyouernedo - Grands Causses M3-86, novembre 1986). pp 17-20. CSR Aquitaine, Languedoc-Roussillon, Midi-Pyrénées.
- **J.L. GOUT** (1993) - 1893 : Découverte du procédé de fabrication du carbure de calcium. - Propriétés chimiques de l'acétylène. - Propriétés physiques de l'acétylène. - Fabrication industrielle du carbure. - La lampe Gossart et Chevalier. - La bavure cavernicole n° 19, 15 mars 1993, pp 5-8. J.L. Gout, Nice.
- **P. CABREJAS, C. LEFOULON, B. LISMONDE** (1998) - La question de la pollution par la chaux. - Spelunca n° 71, 3e trimestre 1998, pp 44-45. F.F.S, Paris.

Les internautes pourront consulter avec intérêt le site web de Monsieur **Jean-Yves PERRAUDIN** consacré à l'éclairage : <http://www.multimania.com/cavalampes/>

Remerciements à **Monsieur Dutkiewicz**, ingénieur de l'usine Péchiney de Bellegarde, pour ses informations orales.

Photographies de **Serge CAILLAULT** et **Jean-Michel DUGOIS**