Mini-matériel de chimie

par Josette CARRETTO,
E.N.S. de Fontenay-aux-Roses.

Ce matériel miniaturisé, très simple et bon marché, a été proposé pour être utilisé dans l'enseignement secondaire et plus particulièrement dans le premier cycle [1]. Un atelier sur l'utilisation de ce matériel a réuni une dizaine d'enseignants lors des Journées de l'Union des Physiciens qui ont eu lieu à Poitiers en octobre 1985. Cette — brève — rencontre a tout de même permis des discussions et la réalisation de quelques expériences par les participants. Cet article a pour base une précédente publication du Bulletin [1] ainsi que ce qui a été fait ou suggéré à Poitiers.

I. LE MATERIEL.

1. Rappel du matériel de base [1].

— Des piluliers (20, 30 ou 40 cm^3) ; ces petits flacons à large ouverture sont fermés hermétiquement par des « capes » en plastique. Ces bouchons peuvent être percés avec une mèche ou un emporte-pièce. Les piluliers, bien qu'en verre ordinaire, peuvent être chauffés doucement.

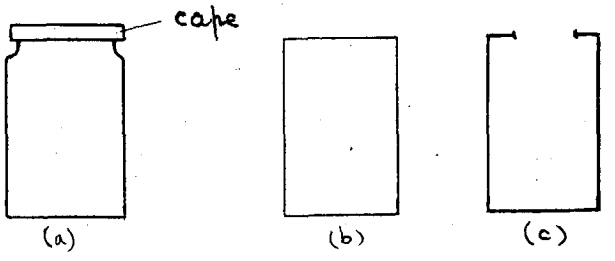

Fig. 1. — *a*) Le pilulier ; *b*) Sa représentation, bouché ; *c*) Sa représentation, ouvert.

— Des petits tubes à hémolyse (60 × 12 mm), tenant lieu de tubes à essais. Ils supportent aussi un chauffage modéré.

— Des morceaux de tubes en verre, de diamètre 6 mm. Ces tubes peuvent être travaillés, en utilisant un bec papillon, ou,

à défaut, un brûleur à alcool avec une grosse mèche (page 1171), pour obtenir des tubes droits, des tubes coudés, des capillaires, des pipettes, des tubes évasés pour rampe à alcool (page 1171).

— Des pinces à linge en bois qui remplacent les pinces à tubes à essais.

— Du tube en caoutchouc souple pour raccords (diamètre : de l'ordre de 5 mm).

— Une cuvette ou des boîtes en plastique, qui peuvent servir de cristallisoir, de cuve à eau.

— Un support en hobbystyrène [2] ou en plexiglas, qui permet de maintenir un pilulier, même sous l'eau (fig. 2).

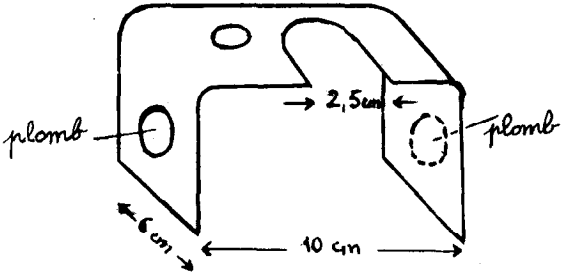

Fig. 2

— Un brûleur à alcool (fig. 3), fabriqué à partir d'un pilulier, de sa cape percée d'un trou pour placer un morceau de tube de verre qui contient une mèche en papier fin (mouchoir) et d'un trou de 1 mm environ pour permettre l'entrée d'air.

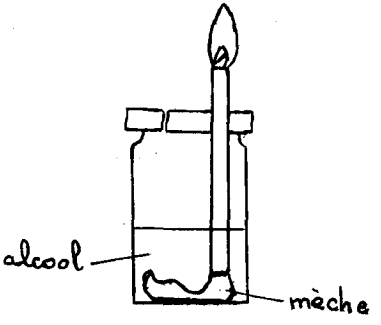

Fig. 3

2. **Autre matériel proposé.**

— A partir du brûleur à alcool, une « rampe » à alcool, faisant fonction de mini-rampe à gaz, a été mise au point (fig. 4),

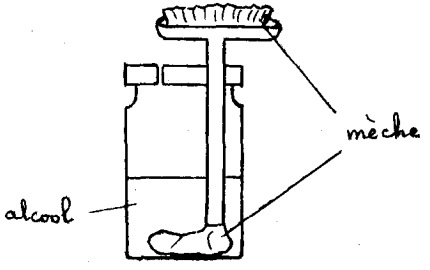

Fig. 4

ainsi qu'un brûleur à alcool permettant de travailler le verre ordinaire. La rampe à alcool est réalisée en élargissant, selon une seule direction, l'extrémité supérieure du tube de verre qui contient la mèche. Pour ce faire, on chauffe le bord du tube sur 1 cm environ ; quand le verre est ramolli, on sort le tube de la flamme, on fait entrer les extrémités des branches d'une pince brucelle dans l'ouverture du tube puis on écarte les branches de la pince de 1,5 à 2 cm. Cette rampe est utile pour le chauffage des tubes (page 1176).

Pour travailler (étirer, border, couder) des tubes en verre ordinaire, à défaut de matériel classique, on peut utiliser un brûleur à alcool dans lequel le tube contenant la mèche est de diamètre plus important (8 - 9 mm).

— Dans les cas de fabrication et d'utilisation de sulfure d'hydrogène, il se produit des fuites si l'on utilise des capes en polyéthylène. Aussi, il vaut mieux les remplacer par des bouchons en caoutchouc percés ou non. Des bouchons en caoutchouc percés d'un trou sont aussi utilisés sur les tubes droits, en verre borosilicaté, que l'on chauffe sur une rampe à alcool (expériences pages 1177 et 1178).

— Pour introduire du liquide dans un pilulier, il est commode d'utiliser des seringues en nylon. Ces seringues portent une graduation qui permet de mesurer des volumes liquides — avec une précision assez faible.

— Si l'on n'a pas la possibilité de fabriquer du dioxygène, il est possible d'en stocker (si on ne possède pas de bouteille industrielle de ce gaz au laboratoire) dans une chambre à air de voiture. Un poste de soudure peut être la source de dioxygène.

II. QUELQUES REALISATIONS D'EXPERIENCES.

1. Préparation de gaz.

Les gaz formés peuvent être recueillis soit par déplacement d'air, soit sur une cuve à eau. Dans le premier cas, s'il s'agit

d'un gaz toxique, il vaut mieux prévoir un piège pour éviter, autant que faire se peut, le dégagement de ce gaz dans l'atmosphère.

A) *Récupération du gaz par déplacement d'air.*

— Sans piège : gaz plus léger que l'air (dihydrogène) (fig. 5).

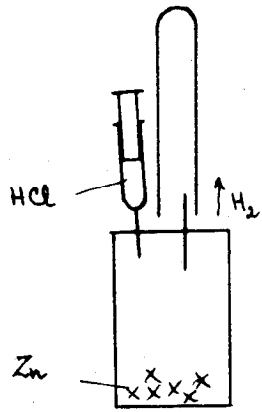

Fig. 5

gaz plus lourd que l'air (fig. 6).

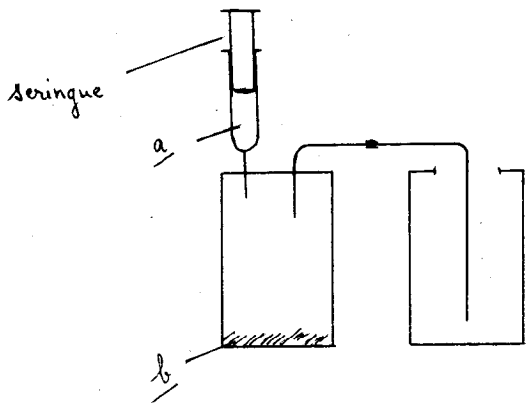

Fig. 6

Exemples :

O_2	*a*) eau	*b*) oxylithe
CO_2	*a*) HCl dilué de moitié	*b*) marbre.

— Avec piège : pour les gaz toxiques (fig. 7).

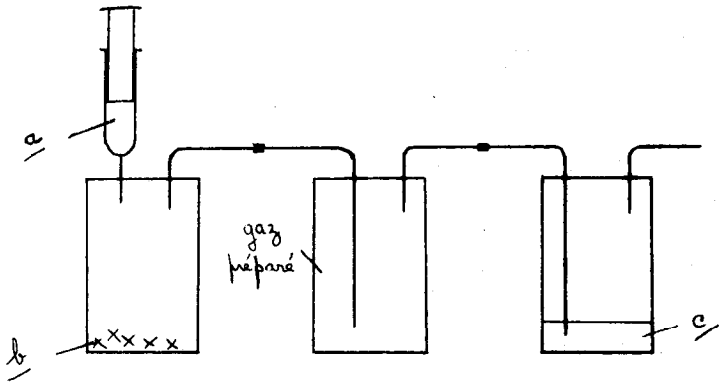

Fig. 7

Exemples :

Cl_2 *a*) HCl dilué de moitié *b*) $KMnO_4$ solide
c) solution de soude

H_2S *a*) HCl dilué de moitié *b*) FeS solide
c) solution de nitrate de plomb.

B) *Récupération d'un gaz par déplacement d'eau.*

Cette méthode est évidemment réservée aux gaz pas ou très peu solubles dans l'eau :

— dans la cuve à eau (fig. 8) [1]

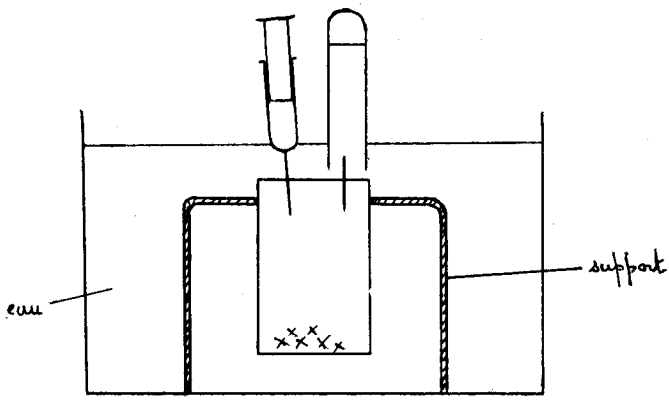

Fig. 8

— dispositif de type classique (fig. 9).

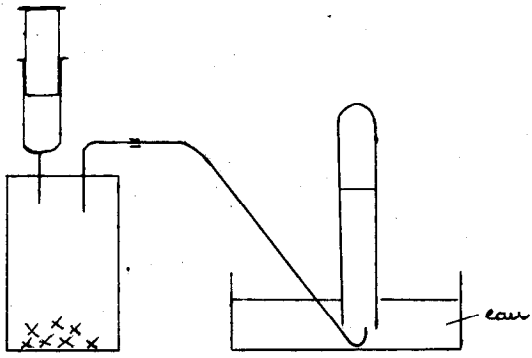

Fig. 9

On peut recueillir ainsi le dioxygène, le méthane, l'acétylène, le dihydrogène...

2. **Autres manipulations.**

A) *Combustion du soufre ou du fer dans le dioxygène* [1].

— Placer une petite spatule de soufre en poudre dans un minitube à essais. Chauffer pour faire fondre le soufre. Plonger dans le soufre fondu un tube de verre effilé ; quand on le retire, il entraîne un peu de soufre qu'on enflamme. On l'introduit immédiatement dans le pilulier rempli de dioxygène : le soufre brûle avec sa belle flamme bleue. On peut caractériser le dioxyde de soufre formé en montrant qu'il décolore une solution de permanganate de potassium (fig. 10).

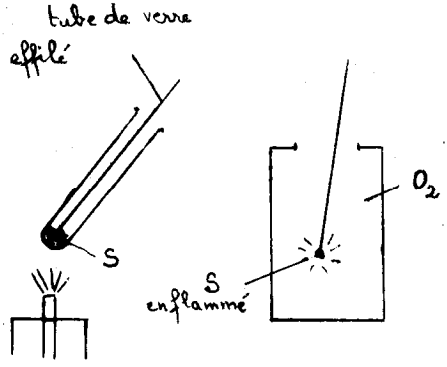

Fig. 10

— Chauffer le fer (laine ou paille) sur un brûleur à alcool. Introduire le fer incandescent dans le pilulier de dioxygène. Il y a production d'étincelles et de petits globules d'oxyde magnétique Fe_3O_4 (fig. 11).

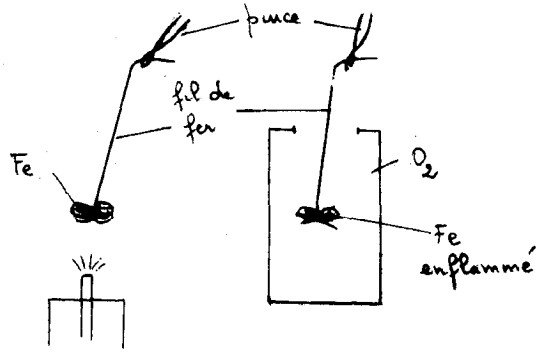

Fig. 11

B) *Synthèse du sulfure de fer* (fig. 12) [1].

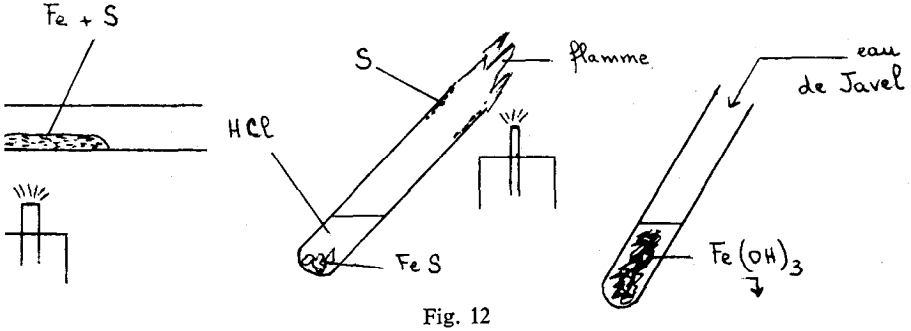

Fig. 12

On chauffe bien, en un point, le mélange (Fe + S) placé dans un tube à hémolyse, jusqu'à incandescence ; la réaction se poursuit seule. Après refroidissement, avec un grand clou, faire tomber un peu du produit gris obtenu dans un autre tube et ajouter environ 2 cm^3 d'acide chlorhydrique dilué de moitié. Il y a dégagement de sulfure d'hydrogène (odeur d'œuf pourri) ; on l'enflamme, et du soufre se dépose, en une couche jaunâtre, sur le haut du tube.

Quand il n'y a plus de dégagement gazeux, verser un peu de la solution obtenue dans un troisième tube. Ajouter de l'eau de

Javel (oxydante et basique). Un précipité d'hydroxyde ferrique de couleur rouille se forme.

C) *Réduction de l'oxyde de cuivre (II) noir.*

La réduction peut être réalisée soit par le carbone, soit par le dihydrogène.

— Réduction par le carbone (fig. 13).

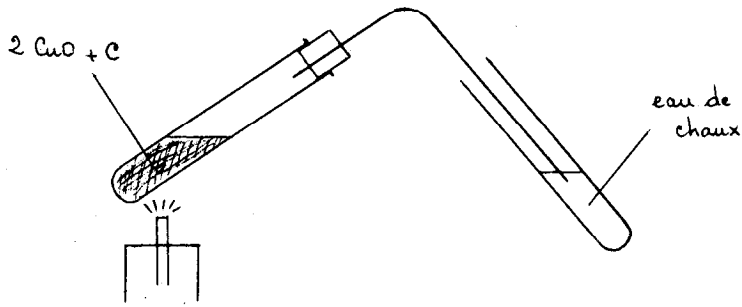

Fig. 13

Il est important de réaliser le mélange (C + CuO) dans les proportions stoechiométriques (données par l'équation-bilan de la réaction).

— Réduction par le dihydrogène (fig. 14).

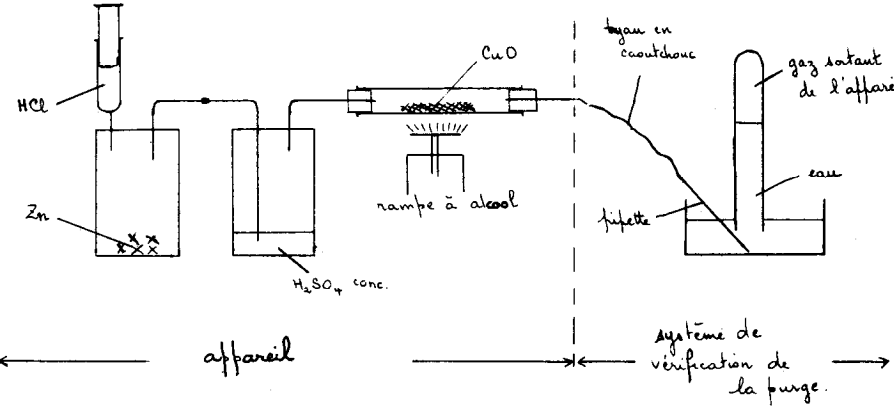

Fig. 14

Avant de chauffer, il est nécessaire de purger l'appareil, pour éviter toute explosion : pour ce faire, prolonger l'appareil lui-

même par un morceau de tuyau en caoutchouc et une pipette. Commencer alors à faire dégager du dihydrogène. Au bout de 2 mm environ, remplir un petit tube avec le gaz qui sort de l'appareil, sur la cuve à eau. Enflammer le gaz du tube, à une distance de 1 ou 2 m de l'appareil. Si on obtient une explosion accompagnée d'un son aigu, il y avait dans le tube un mélange d'air et de dihydrogène. Recommencer le même test un peu plus tard, jusqu'à obtenir un *bruit très sourd.* De l'appareil, il ne sort plus que du dihydrogène. *On peut alors chauffer, tout en continuant à faire passer le dihydrogène.*

Quand la réaction est nettement commencée (formation de produit rouge - incandescence), arrêter le chauffage ; la réaction, exothermique, se poursuit. Pendant que la réduction a lieu, on peut constater qu'il ne sort plus de gaz de l'appareil (*retirer alors la pipette de la cuve à eau* pour éviter une remontée d'eau dans le tube chauffé et dans l'acide sulfurique).

On voit se former de l'eau à la sortie du tube à réduction. Pour éviter toute rentrée d'air dans le tube chaud, ce qui pourrait provoquer une explosion, *faire passer le dihydrogène jusqu'à ce que le tube à réaction soit froid.*

D) *Expérience de Cavendish.*

Il s'agit de la combustion non explosive du dihydrogène dans l'air (fig. 15).

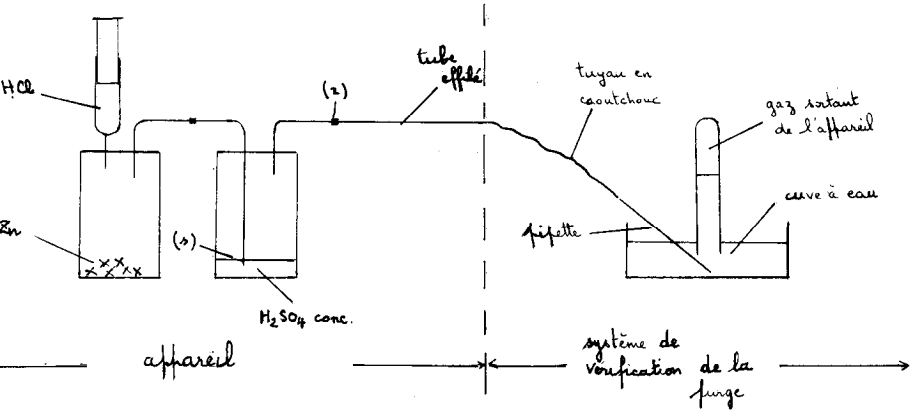

Fig. 15

Effectuer très soigneusement la purge de l'appareil comme elle est décrite dans le premier paragraphe de la réduction de CuO par H_2 (... *bruit très sourd.*).

Débrancher alors le tuyau en caoutchouc de l'appareil et enflammer le dihydrogène à la sortie du tube effilé. Pour que le gaz brûle de façon continue, le dégagement doit être suffisamment abondant (pour rendre le débit gazeux plus régulier, on peut, avant le montage de l'appareil, mettre un tout petit morceau de laine de verre, *non tassée*, à la sortie (s) du tube d'amenée de H_2 dans l'acide sulfurique concentré ; mais ce n'est pas indispensable). Pendant la combustion du dihydrogène, placer un pilulier au-dessus de la flamme : il se couvre de buée.

Pour arrêter l'expérience, débrancher le tube effilé au niveau du raccord (r).

E) *Action du dichlore sur l'aluminium ou le fer.*

On peut ainsi réaliser la synthèse du trichlorure de fer (III) et de l'hexachlorure de dialuminium (III) anhydres.

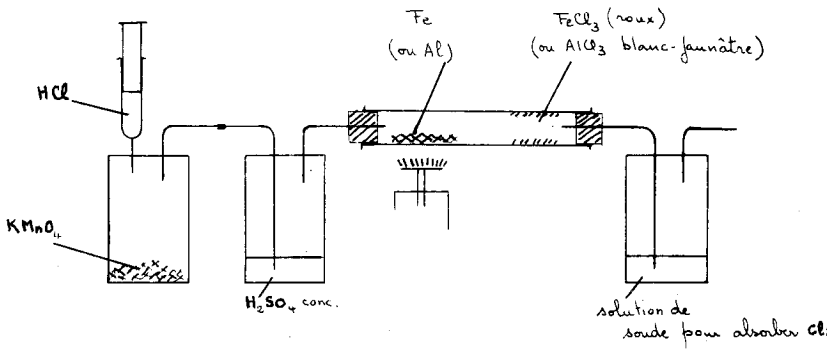

Fig. 16

Cette réaction se fait très rapidement, dès qu'un débit assez important de dichlore arrive dans le tube où le métal est chauffé. Le chlorure correspondant se dépose dans la partie froide du même tube.

Le chlorure d'aluminium anhydre formé peut être utilisé comme catalyseur dans une réaction de FRIEDEL et CRAFTS [3].

Il est possible aussi de réaliser la combustion du fer (paille ou laine) dans le dichlore, en utilisant le même dispositif que pour le dioxygène (*cf.* fig. 11). On obtient alors d'abondantes fumées rousses de trichlorure de fer (III).

III. EN GUISE DE CONCLUSION.

Il ne s'agit ici que d'un petit nombre d'expériences parmi celles qui ont déjà été réalisées à l'aide du mini-matériel (une quarantaine, au moins) [4, 5]. Un article paru dans le Bulletin [6] présente l'utilisation de matériel bon marché du même genre à l'Ecole élémentaire.

Il est bien évident que chaque personne intéressée peut et doit apporter sa pierre — ou plutôt son pilulier — à l'édification de l'ensemble expérimental utilisant ce matériel miniaturisé et peu coûteux.

BIBLIOGRAPHIE

[1] J. CARRETTO, A. CHOMAT, M. MESMIN et R. VIOVY, *Matériel de chimie miniaturisé*, B.U.P. n° 613, avril 1979, p. 896-905.

[2] P. COURBIER, *Comment fabriquer supports et boîtes de microchimie avec la technique hobbystyrène*, B.U.P. n° 613, avril 1979, p. 913-918.

[3] M. CLÉMENTE, A. et O. DURUPTHY, *Enseigner la chimie organique au lycée*, Scodel, Paris, 1981, p. 57-59 (utiliser plutôt le naphtalène que le benzène).

[4] *Manuel d'expériences de chimie, UNESCO,* Société chimique de Tunisie, Centre International Francophone pour l'Education en Chimie, à paraître prochainement.

[5] *Pendant un atelier de Chimie expérimentale organisé à Radès (Tunisie) par le ministère de l'Education Nationale de Tunisie, la Société chimique de Tunisie et l'UNESCO,* plus de 30 manipulations de chimie minérale et organique, utilisant ce mini-matériel, ont été réalisées.

[6] J.-P. MARTIN, *Chimie à l'école élémentaire ; purification du sel gris*, B.U.P. n° 670, janvier 1985, p. 461-467.