est mélangé avec le gaz en quantité plus ou moins grande. La figure 11 représente un modèle ordinaire de chalumeau à gaz ; la figure 12 montre un appareil analogue monté sur un pied.

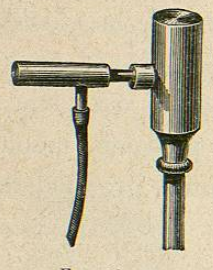

Fig. 11.

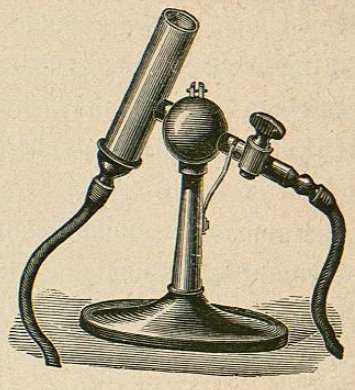

Fig 12.

3. — Supports. — Les supports sur lesquels on place les substances à essayer au chalumeau sont le charbon de bois, le platine en fil ou en lame et des tubes de verre.

Le charbon de bois est le support le plus fréquemment employé à cause de son infusibilité, de sa faible conductibilité pour la chaleur et de son pouvoir réducteur. Les charbons qui conviennent le mieux sont ceux qui proviennent de bois légers tels que le sapin. On doit choisir des morceaux bien calcinés, afin d'éviter la fumée et les pétillements, et exempts de nœuds pour qu'ils n'éclatent pas sous l'action du feu.

On taille le charbon en petits morceaux parallélipipédiques d'environ 10 centimètres de longueur, 3 centimètres de largeur et 2 centimètres d'épaisseur; on n'utilise que les faces qui sont tangentes aux couches concentriques annuelles, afin d'éviter que les substances fondues ne se répandent sur la surface.

Lorsqu'on n'a pas à sa disposition du charbon de bois convenable, on peut faire usage de morceaux de charbon artificiel que l'on prépare en mélangeant de la poudre de charbon avec une matière plastique telle que l'empois d'amidon; on moule la pâte obtenue, on la sèche et on la place ensuite dans un creuset fermé que l'on chauffe au rouge sombre pour décomposer la matière qui a servi à agglomérer la poudre de charbon. Cette espèce de charbon artificiel se vend dans le commerce.

On peut aussi employer de petites pastilles de charbon qu'on met sur des supports en biscuit ou en argile réfractaire, ou encore obtenir un léger dépôt de charbon sur ces derniers en les plaçant quelques instants au-dessus d'une flamme.

Une plaque d'aluminium peut aussi remplacer

le charbon ; son emploi a été indiqué par Ross[1]. Dans quelques cas, l'emploi de la lame d'aluminium présente des avantages, principalement pour obtenir des dépôts ou enduits. Une feuille d'aluminium de 12 centimètres de longueur et de 4 centimètres de largeur, ayant une épaisseur de 1 à 2 millimètres, convient parfaitement. On la chauffe à une de ses extrémités et on la recourbe légèrement à angle droit de manière à obtenir un rebord de 20 millimètres de hauteur. La substance à essayer est placée contre ce rebord soit directement, soit sur un petit morceau de charbon d'environ 12 millimètres carrés de surface et d'environ 2 millimètres d'épaisseur. Après s'en être servi, la plaque d'aluminium est nettoyée à l'aide d'une peau de chamois et d'un peu d'eau et de cendres d'os. Une plaque d'aluminium peut faire un long usage.

Le platine est très fréquemment employé sous forme de fil dans les essais au chalumeau ; il convient mieux que le charbon pour les essais par oxydation, car il n'exerce pas d'action réductrice et la couleur des perles est beaucoup plus facile à voir. On choisit du fil de platine de la grosseur d'un crin de cheval, on le coupe en morceaux d'environ 8 centimètres de longueur et on le recourbe en boucle à une de ses extrémités. Pour s'en servir, on humecte la boucle ainsi formée avec une goutte d'eau distillée et on la plonge ensuite dans le fondant réduit en poudre qui adhère à cette espèce de support. Pour les rendre plus commodément maniables, ces petits fils de platine peuvent être fixés à l'extrémité d'un morceau de tube de verre ; en fondant le bout du tube à la lampe, on emprisonne l'extrémité du fil de platine qui est ainsi solidement soudée. Les boucles en forme d'U, qui sont principalement employées, permettent d'obtenir des perles sphériques, tandis que les boucles rondes, en forme d'anneau, donnent des perles aplaties, en forme de lentille, qui, lorsqu'elles sont fortement colorées, permettent de mieux saisir la nuance. On doit toujours avoir un certain nombre de fils de platine propres à sa disposition, et, pour qu'ils ne se salissent pas, on les conserve dans un verre plein d'eau distillée.

La lame de platine est employée assez rarement ; elle doit avoir 5 centimètres de longueur et 15 millimètres de largeur.

Une petite cuiller de platine est très utile pour opérer la fusion des substances avec le bisulfate de potassium ou avec le nitre.

[1] Ross, *Pyrology or Fire Chemistry*, Londres, 1875, Spon, éditeur Voir aussi Hutchings, *Chem. News*, XXXIV, 208, 217.

Une petite spirale de fil de platine, de 2 à 3 millimètres de diamètre, obtenue en en roulant le fil autour d'un petit crayon, par exemple, pourra être employée à la place de la cuiller.

Des tubes de verre ainsi que de petits matras sont très fréquemment employés. On doit toujours en avoir un certain nombre à sa disposition.

Pour chauffer les substances dans un courant d'air (grillage) on fait usage de petits tubes de verre ouverts aux deux extrémités, ayant environ 6 millimètres de diamètre et 10 centimètres de longueur. Les petits matras ou les tubes fermés d'un bout sont, au contraire, employés lorsqu'on veut seulement chauffer une substance sans la soumettre à l'action d'un courant d'air.

De petites plaquettes de plâtre, d'environ 10 centimètres de longueur sur 4 centimètres de largeur, sont utilisées comme supports sur le charbon pour obtenir des enduits par l'iodure de soufre. Pour les préparer, on gâche du plâtre de Paris avec de l'eau de manière à obtenir une pâte assez claire; cette pâte est ensuite versée sur une plaque de verre très légèrement huilée et, lorsqu'elle s'est un peu épaissie, on la divise en morceaux de dimensions voulues à l'aide d'un canif; lorsque la masse est complètement sèche, on peut

l'enlever très facilement de la cuvette et séparer les divers morceaux.

4. — Appareils et outils divers. — Les autres appareils ou outils indispensables pour effectuer des essais au chalumeau sont les suivants :

Un mortier d'agate de 40 à 50 millimètres de diamètre;

Une pince à bouts de platine s'ouvrant par pression;

Une pince en acier;

Une paire de pinces coupantes pour détacher des fragments de minerais;

Un petit marteau et une petite enclume, tous deux en acier dur et parfaitement polis;

Une petite aiguille aimantée;

Une loupe;

Une spatule en fer poli;

Des verres colorés : un verre bleu au cobalt; un verre violet au manganèse; un verre rouge à l'oxyde cuivreux et un verre vert au fer et au cuivre. Ces verres de couleur sont très utiles;

Fig. 13.

Un prisme creux en verre (*fig.* 13), contenant une solution d'indigo. Ce prisme devra avoir envi-

ron 15 centimètres de longueur et 35 millimètres environ à sa partie la plus large située près du bouchon. La dissolution d'indigo se prépare en faisant dissoudre une partie d'indigo dans 8 parties d'acide sulfurique fumant que l'on étend ensuite de 1 500 à 2 000 parties d'eau; on filtre ensuite. Pour se servir de ce prisme, on le place exactement devant l'œil et on le déplace horizontalement de manière que la lumière de la flamme colorée que l'on observe passe graduellement à travers une épaisseur de liquide allant toujours en augmentant.

5. — Réactifs. — Les réactifs employés pour effectuer des essais au chalumeau doivent être aussi purs que possibles.

Borax, $B^4O^7Na^2 + 10H^2O$. — Le borax du commerce ou tétraborate de sodium doit être purifié par cristallisations successives. Les cristaux obtenus sont ensuite lavés à l'eau distillée, séchés et enfin pulvérisés. Chauffé, le borax fond dans son eau de cristallisation, puis perd cette eau en se boursouflant beaucoup et donne une masse spongieuse légère qui, à une température plus élevée, éprouve la fusion ignée. Le borax ainsi fondu présente, après refroidissement, l'aspect d'une masse vitreuse transparente et incolore. Le

borax fondu a la propriété de dissoudre les oxydes métalliques et de donner avec certains d'entre eux des verres d'une couleur caractéristique.

Sel de phosphore, $PO^4HNa(AzH^4) + 4H^2O$. — C'est un phosphate double de sodium et d'ammonium qui, après fusion et refroidissement, doit rester transparent et incolore. S'il ne remplissait pas ces conditions, il devrait être purifié par cristallisation. Ce sel est employé dans les mêmes cas que le borax. Sous l'action de la chaleur, il se transforme en métaphosphate de sodium vitreux qui, comme le borax, jouit de la propriété de dissoudre les oxydes métalliques, mais en donnant dans certains cas des perles beaucoup plus belles comme couleur et, dans d'autres, des perles de couleur différente. Comme ce réactif se boursoufle très fortement lorsqu'on le chauffe, il est très difficile de maintenir la goutte fondue sur le fil de platine; pour éviter cet inconvénient, la boucle du fil doit être très petite. A cause de cette difficulté, ce réactif est moins employé que le borax.

Carbonate de sodium, CO^3Na^2. — Pour les essais au chalumeau, ce réactif ne doit contenir aucune trace de sulfate. Avant de l'employer, on doit en faire l'essai d'après la méthode indiquée au paragraphe 174.

On peut faire usage du bicarbonate de sodium à la place du carbonate neutre.

Le carbonate de sodium est employé comme réducteur, comme dissolvant et comme agent de désagrégation et de décomposition.

Oxalate neutre de potassium, $C^2O^4K^2 + 2H^2O$ **et cyanure de potassium**, CAzK. — Ces deux sels ont un pouvoir réducteur plus énergique que le carbonate de sodium et sont employés de préférence, chaque fois que l'emploi de ce dernier exigerait une température plus élevée. Le cyanure de potassium fond très facilement et on l'emploie habituellement mélangé par parties égales avec du carbonate de sodium.

Azotate de potassium, AzO^3K **et chlorate de potassium**, ClO^3K. — Ces deux substances sont employées comme agents oxydants.

Sulfate acide de potassium, SO^4KH. — Ce sel pur, grossièrement pulvérisé, doit être conservé dans un flacon bien bouché. Il est employé pour décomposer certains corps; il sert également à chasser de leurs combinaisons certains produits volatils qu'il est facile de reconnaître soit à leur odeur, soit à la couleur de leur vapeur.

Hyposulfite ou thiosulfate de sodium, $S^2O^3Na^2$. — Ce sel, privé de son eau de cristallisation, sert à transformer les oxydes métalliques en sulfures.

Iodure de soufre, S^2I^2. — On le prépare en chauffant ensemble 40 parties d'iode et 60 parties de soufre ; il est utilisé pour obtenir des enduits d'iodures.

Spath fluor ou fluorure de calcium, $CaFl^2$. — Il ne doit pas contenir trace d'acide borique et, avant d'en faire usage, on doit l'essayer en procédant comme il est indiqué au paragraphe 129 ; cet essai permet de voir s'il contient du lithium et de l'acide borique. On mélange une partie de spath fluor finement pulvérisé avec 4 parties de sulfate acide de potassium et on conserve pour l'usage dans un flacon bien bouché.

Acide borique fondu (anhydre), B^2O^3. — On le divise en petits fragments; il est employé pour rechercher de petites quantités de cuivre dans le plomb.

Silice, SiO^2. — Employée pour l'essai de la fluorine, des sulfates et des phosphates.

Azotate de cobalt, $(AzO^3)^2 Co + 6H^2O$. — On l'emploie en dissolution dans dix fois son poids d'eau. Comme ce réactif est toujours employé par gouttes, il est préférable de le conserver dans un petit flacon que l'on ferme par un compte-gouttes

facile à réaliser à l'aide d'un tube de verre traversant le bouchon et plongeant jusqu'au fond du flacon; à la partie supérieure du tube on fixe une petite poire en caoutchouc qu'il suffit de presser, puis d'abandonner à elle-même pour que le tube se remplisse de la solution; cela fait, en pressant légèrement, on peut faire tomber le liquide goutte à goutte. On peut également faire usage d'un flacon dont le bouchon en verre s'allonge à l'intérieur en forme de tige; en retirant le bouchon, la tige emmène avec elle quelques gouttes du liquide.

L'azotate de cobalt est utilisé pour la recherche de certains oxydes métalliques qui prennent une couleur caractéristique lorsqu'on les chauffe avec ce réactif.

Oxyde cuivrique, CuO.— On le prépare très facilement en décomposant l'azotate par la chaleur dans une capsule en porcelaine ; on l'emploie pour la recherche du brome, du chlore et de l'iode.

Chlorure d'argent, AgCl. — On en fait une pâte épaisse avec de l'eau ; cette pâte sert à rendre plus intenses les colorations de la flamme. On doit prendre ce réactif avec un fil de fer fin et ne jamais employer pour cela un fil de platine.

Fil de magnésium. — On se sert de morceaux

ayant environ 5 millimètres de longueur ; il est employé pour la recherche de l'acide phosphorique.

Étain. — On emploie l'étain comme réducteur des oxydes métalliques en dissolution dans les perles. On coupe du papier d'étain en rubans étroits que l'on enroule très serrés autour d'un petit crayon. En appliquant un de ces petits bouts de ruban d'étain sur une perle chauffée sur le charbon, un peu d'étain se dissout ; la perle est alors chauffée très fortement pendant un petit instant dans la flamme de réduction.

L'oxyde d'étain SnO ou le chlorure d'étain $SnCl^2$ peuvent être employés à la place de l'étain métallique et la perle peut alors être supportée par le fil de platine sans qu'on risque de détériorer ce dernier par suite de la formation d'un alliage de platine et d'étain.

Plomb pur. — On le prépare très facilement en plaçant un morceau de zinc dans une dissolution d'acétate de plomb. Le plomb qui se précipite est lavé plusieurs fois dans l'eau distillée et ensuite séché dans plusieurs doubles de papier à filtrer.

Zinc. — Le zinc en lames ou en grenailles est employé avec l'acide chlorhydrique pour la recherche de quelques métaux rares dont les solu-

tions sont réduites par l'hydrogène naissant; il se produit dans ces conditions des changements de couleur caractéristiques.

Or. — Des grains d'or de 50 à 80 milligrammes sont employés pour la recherche du nickel et du cobalt.

Argent. — Une lame d'argent sert à la recherche des composés sulfurés; une pièce de monnaie d'argent bien propre peut remplacer parfaitement cette lame.

Papiers réactifs. — Des bandes minces de papier de tournesol rouge et bleu servent à reconnaître les acides et les bases; du papier imprégné d'extrait de bois de Fernambouc est employé pour déceler la fluorine.

Acide sulfurique, SO^4H^2. — L'acide sulfurique concentré est employé dans les essais de coloration de la flamme.

Acide azotique, AzO^3H. — Employé pour la séparation de l'or d'avec l'argent.

Acide chlorhydrique, HCl. — On s'en sert dans les essais de coloration de la flamme, pour la recherche de l'acide carbonique et de l'ammoniaque et, concurremment avec le zinc, pour la recherche de quelques métaux rares.

III

OPÉRATIONS DE L'ANALYSE AU CHALUMEAU

FLAMMES D'OXYDATION ET DE RÉDUCTION

6. — Les procédés de l'analyse au chalumeau sont basés sur les réactions que présentent les différentes substances lorsqu'on les soumet à l'action de la flamme d'oxydation ou de la flamme de réduction que l'on obtient en faisant agir un jet d'air continu sur une flamme quelconque.

Fig. 14.

En examinant soigneusement la flamme produite par une combustion ordinaire, celle d'une bougie, par exemple, on voit que cette flamme comporte trois parties principales (*fig.* 14) :

1° Un noyau obscur *a* formé par les gaz provenant de la décomposition des matières grasses dont est formée la bougie;

2° Une zone très brillante *bb'* dans laquelle les gaz produits subissent une combustion incomplète,