

Première rencontre avec la chimie

par Gaby COMBES,
Collège Albert-Thomas, Egletons

Annie LAVAL,
Lycée Limosin, Limoges

Eliane LEYMARIE,
Lycée d'Arsonval, Brive.

Première partie :

COMMENT LA CHIMIE EST-ELLE PERÇUE PAR LES ELEVES DE SIXIEME ?

Les réflexions fournies ici concernent l'enseignement de la chimie en classe de sixième. Le programme défini en 1977 prévoit trois parties : propriétés physiques de la matière - circuit électrique - combustions.

Dans le compte rendu de la commission Lagarrigue qui a partiellement inspiré ce programme, on peut lire : « Ces deux rubriques [*Les états de la matière, les réactions chimiques*] ont un même grand objectif : il s'agit de permettre aux élèves d'acquérir les bases expérimentales qui faciliteront ultérieurement l'introduction des modèles sur la structure de la matière... Il conviendra de distinguer ce qui est transformation physique et transformation chimique...

Notions (à acquérir) :

... Réaction chimique :

- *Existence de deux gaz dont l'un, l'oxygène, permet les combustions : on réalisera des combustions de gaz, liquides, solides.*
- *Existence et reconnaissance du gaz carbonique » [1].*

Après 6 ans d'enseignement, il paraît intéressant de faire un bilan. Dans le cadre de l'I.N.R.P., un travail dans ce sens a été programmé par une équipe d'enseignants de l'Académie de Limoges [2]. Les résultats obtenus après diverses recherches et enquêtes permettent de préciser les possibilités d'acquisitions des élèves dans le domaine transformations physiques, transforma-

tions chimiques. Résumons quelques points importants de ce travail.

I. LES PREREPRESENTATIONS DE LA CHIMIE.

D'abord les réponses des enfants à la question : « Qu'est-ce que la chimie ? » posée en classe de sixième et en classe de cinquième ont permis de connaître les préreprésentations de la réaction chimique et leurs évolutions.

Il est très encourageant de constater que beaucoup d'enfants ont une représentation initiale correcte de la chimie, puisque le critère fondamental de la réaction chimique, à savoir la formation de produits nouveaux, est fréquemment cité. On trouve aussi des visions parcellaires ou superficielles, mais la proportion de phrases satisfaisantes augmente de la sixième à la cinquième, ce qui montre l'aspect positif de l'enseignement de la chimie en sixième (quand il est dispensé).

Parmi les fautes à corriger, on remarque la confusion entre mélange et réaction chimique, le caractère magique des expériences, le rôle privilégié du spécialiste de laboratoire ainsi que la limitation de la chimie au domaine du non vivant.

La connaissance de cet inventaire permet ainsi de construire à partir des bonnes réponses, de combler les lacunes (mieux différencier à l'avenir mélange et réaction chimique) et de combattre certains préjugés (choisir des expériences à interprétation facile, montrer l'existence de la chimie à la fois dans le quotidien et dans l'être vivant).

II. LES TRANSFORMATIONS DE LA MATIERE.

Le questionnaire suivant présentant des situations variées a été proposé aux élèves entrant en cinquième afin de savoir dans quelle mesure, après l'enseignement de la classe de sixième, ils étaient capables de reconnaître les différentes transformations de la matière.

Questionnaire et résultats

(Ce questionnaire a été soumis à 91 élèves, en deux fois à cause de sa longueur).

En face de chaque phrase, indique par une croix s'il s'agit : d'une réaction chimique, d'un changement d'état ou d'autre chose (ni réaction ni changement d'état). Explique ta réponse.

Phrase	Réaction chimique	Changement d'état	Autre chose
1. On met un morceau de sucre dans l'eau, on obtient de l'eau sucrée	15 %	55 %	30 % (*)
2. De la buée se dépose sur les vitres de la cuisine en hiver	30 %	43 %	24 %
3. On verse du vinaigre sur la craie, des bulles gazeuses s'échappent	70 %	23 %	5 %
4. On filtre de l'eau boueuse	9 %	23 %	53 %
5. De l'eau bout dans une casserole	31 %	47 %	22 %
6. En faisant fermenter du jus de raisin, on obtient du vin	52 %	36 %	12 %
7. On chauffe du plomb à 327 °C, il fond	26 %	71 %	2 %
8. On verse de la paraffine fondue dans un moule et, au bout d'un moment, on obtient une bougie	14 %	69 %	15 %
9. Si on laisse une pomme trop longtemps au four, on obtient du charbon ..	44 %	37 %	18 %
10. Si on laisse une bouteille de vin débouchée, on obtient du vinaigre	56 %	31 %	9 %
11. On fait brûler du bois ..	24 %	29 %	48 %

(*) Les bonnes réponses qui auraient dû être fournies sont en gras.

Les phrases explicatives et les réponses verbales obtenues ont permis de préciser notre analyse.

a) Reconnaître un changement d'état à la fin de la sixième est relativement facile quand il s'agit de fusion ou solidification (questions 7 et 8). Dans le cas des changements d'état faisant intervenir les gaz (questions 2 et 5) les élèves s'embrouillent fréquemment car ils ont tendance à confondre la vapeur invisible et la buée visible. Le caractère invisible et globalement statique des gaz est un obstacle à une bonne compréhension en sixième.

Remarque : Les changements d'état n'étant ici cités qu'à titre de comparaison avec les réactions chimiques, les difficultés propres à leur enseignement ne sont pas développées dans cet article (pour plus de détails, voir référence [2]).

b) Au-delà de la confusion habituelle entre les termes fondre et dissoudre (question 1) apparaît une difficulté de différenciation entre dissolution et changement d'état. La présence de deux états physiques différents accapare l'attention des enfants et l'absence de phénomènes thermiques est oubliée. Cette erreur persiste dans les classes ultérieures. Une mise au point pourrait être faite en cinquième, en insistant aussi sur la différence entre action de mélanger et réaction chimique.

c) Reconnaître une réaction chimique ne pose pas de problème dans certaines conditions. Il est nécessaire que les produits de départ et d'arrivée soient bien visibles, d'où des difficultés avec les gaz (voir (d) combustion) sauf s'il s'agit d'effervescence. Là, au contraire, le dégagement gazeux attire fortement l'attention et il est retenu comme caractérisation de réaction chimique (question 3).

d) Par contre, il nous paraît important de noter que l'analyse d'une combustion est rarement réussie, pour de multiples raisons :

- mise en jeu de gaz invisibles au départ et à l'arrivée (dans les réponses aux questions sur les combustions, le gaz oxygène n'était jamais mentionné) ;
- transformation du combustible confondue parfois avec l'évaporation de celui-ci lorsqu'il est volatil ;
- existence de la flamme et de la chaleur perçues comme des matières ;
- le fait que la combustion soit un phénomène « naturel ».

La multiplication des manifestations extérieures accompagnant la combustion masque les grandes lignes de la réaction chimique.

Remarque.

Un autre point noir doit être signalé : la présentation simultanée de 2 réactions chimiques en cascade embrouille les idées de l'enfant et le déroute.

Exemples :

1^{re} réaction : action de l'acide chlorhydrique sur la craie ;

2^e réaction : caractérisation du dioxyde de carbone dans un même montage.

Dans une première étape, l'enfant est capable de comprendre la réaction chimique, puis dans une seconde étape, de comprendre la caractérisation mais il faut lui laisser un temps de réflexion entre ces 2 opérations. C'est pour cela que l'introduction après coup d'un tube à essai trempé dans de l'eau de chaux dans le flacon où se réalise l'expérience (fig. 1) est préférable à l'utilisation d'un tube à dégagement plongeant dans de l'eau de chaux.

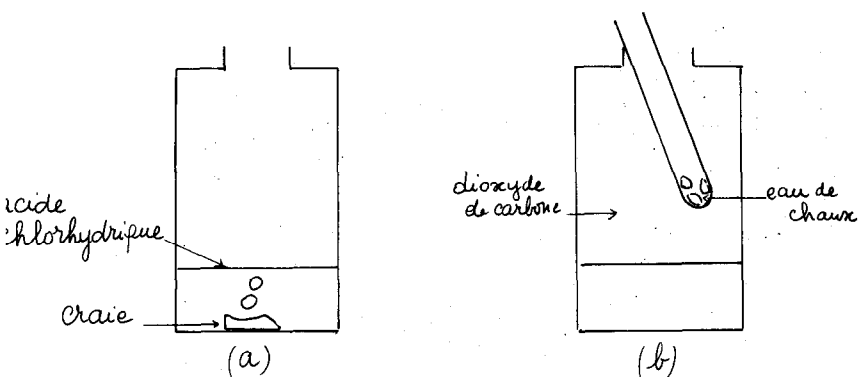


Fig. 1

III. CONCLUSION.

Nous avons constaté au cours de cette étude et dans la pratique de notre enseignement, que les enfants expliquaient souvent en termes d'analogies. Il serait bon d'utiliser cette faculté d'expliquer, ainsi que toutes les remarques précédentes, pour apporter une amélioration à l'enseignement de la chimie. L'effort essentiel demandé aux enfants serait alors un effort de classement. C'est possible car les élèves dans leurs réponses ont montré qu'ils étaient prêts à distinguer, réactions chimiques, changements d'état et mélanges mais à condition de bien recenser des cri-

tères, exprimés dans un langage simple faisant appel le plus possible au vocabulaire des enfants, et de choisir des expériences où l'observation du phénomène soit à la mesure de leur compréhension.

Deuxième partie :

SUGGESTIONS POUR UNE AMELIORATION DES PROGRAMMES DE CHIMIE EN CLASSE DE SIXIEME

Le programme actuel prévoit l'introduction de la réaction chimique par l'étude des combustions. Comme nous l'avons montré, cette approche rencontre de sérieuses difficultés.

En vue d'une meilleure présentation de la notion de réaction chimique, nous avons tenté de définir d'abord les conditions les mieux adaptées à l'acquisition de cette notion, et ensuite cherché quelles expériences pouvaient remplir au mieux ces conditions.

I. OBJECTIFS GENERAUX D'UNE PROGRESSION POUR INTRODUIRE LA REACTION CHIMIQUE.

Les expériences choisies pour l'exposé de cette notion devront permettre de mettre clairement en évidence les points suivants :

— Premièrement, insister sur la disparition de produits et, dans ce but, prolonger l'expérience pour faire disparaître totalement le ou les produits (où, au moins un seul, quand il y en a deux) est indispensable.

Le mot de destruction peut être utilisé car il est connu et assez fort pour susciter des questions qui prépareront la deuxième partie de l'explication d'une réaction chimique : la transformation.

— Cette transformation des produits doit être bien différenciée du mélange car il y a souvent confusion à ce niveau et le simple fait de mélanger est, pour certains enfants, une définition suffisante de la chimie. Dans le cycle d'observation, du fait que la théorie atomique n'est pas au programme, la transformation doit être reliée à des manifestations extérieures très visibles qui ne doivent pas échapper à l'observation des élèves (effervescence, changement d'aspect, de couleur...). Mais l'action de chauffer ou l'intervention de la flamme viennent compliquer la compréhension et masquent l'idée de transformation. « La chimie, c'est un prend-feu », « Le feu, c'est magique ! » a dit un élève, de là à croire que la réaction chimique « c'est quelque chose de mystérieux... et surprenant... quelque chose de bizarre ! » il n'y a pas

loin. En effet, cette image de la chimie est amplifiée à l'issue de la sixième dans l'esprit des élèves, c'est pour cela qu'une liste de réactions chimiques plus faciles à interpréter permettrait de détruire cette image, les combustions n'étant présentées que dans un deuxième temps, comme des réactions chimiques particulières.

— Enfin, l'apparition des nouveaux produits devrait être facile à présenter comme l'aboutissement de cette transformation. Là encore le mot de création semble souhaitable car il sous-entend la naissance de produits aux propriétés différentes de celles des produits de départ mais il faut prendre quelques précautions de langage car il est souvent pris au sens de réalisation de ce qui n'existait pas, comme en témoigne cette phrase : « La chimie forme des produits qu'on n'a jamais vu auparavant ». Si cela est vrai pour les matières plastiques, les détergents..., les médicaments..., il ne faudrait pas généraliser. La réalisation d'un grand nombre d'expériences avec formation de produits plus communs (dioxyde de carbone, oxygène, alcool...) doit corriger cette erreur.

— Tout naturellement, ce développement conduit maintenant à parler un peu « des produits chimiques ». Pour beaucoup d'élèves, les produits chimiques sont dangereux. « Les poisons » « du toxite » « des produits inflammables... » (cette idée est encore plus répandue chez les élèves de C.P.P.N. et C.P.A. que chez les autres élèves). S'il ne faut pas négliger l'aspect sécurité en mettant les élèves en garde contre les dangers encourus quand ils manipulent certains produits, il ne faut pas non plus aggraver chez eux la psychose du danger qui semble les habiter. C'est pourquoi, il serait bon d'utiliser le plus souvent possible, pour réaliser des réactions chimiques, des produits que les enfants ont l'habitude d'utiliser, dans la vie courante, produits de chimie minérale ou organique (action du vinaigre sur la craie, fermentation alcoolique...). L'idée que la chimie se réalise uniquement au laboratoire avec des produits chimiques manipulés par des spécialistes devrait alors être vite abandonnée.

— Par ailleurs, il serait intéressant de bien insister sur le fait que la réaction chimique n'a pas toujours lieu. Le mélange de 2 produits par exemple, « qui ne donnent rien » est très formateur, il permet d'insister sur la différence entre mélange et combinaison.

— Pour conclure, un texte tenant compte des bonnes réponses obtenues et utilisant les mots et le savoir des enfants, est proposé.

« Quand une réaction chimique se réalise, il y a une transformation de produit c'est-à-dire la destruction d'un ou plusieurs produits pour en créer un ou plusieurs autres ».

II. PRESENTATION DE LA REACTION CHIMIQUE EN CLASSE DE SIXIEME.

Objectifs.

- * définir une réaction chimique :
 - montrer l'apparition de produits nouveaux,
 - montrer la disparition des produits de départ,
 - introduire progressivement l'écriture du bilan (éventuellement incomplet au début si tous les produits nouveaux ne se voient pas) :
 - d'abord, produits mis en présence → produits nouveaux,
 - puis, produits qui disparaissent → produits qui apparaissent,
 - et pour conclure, les produits de départ disparaissent, ils se transforment en des produits différents qui apparaissent ;
- * montrer la généralité de la réaction chimique :
 - une réaction chimique peut se faire avec des produits naturels,
 - des réactions chimiques se font spontanément dans la nature ou dans les activités de la vie quotidienne,
 - des réactions chimiques se font chez les êtres vivants ;
- * situer une réaction chimique :
 - par rapport à un changement d'état,
 - par rapport à l'action de mélanger.

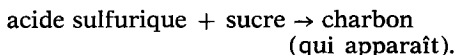
Progression.

Les expériences suivantes permettent de définir progressivement la réaction chimique en centrant chaque fois l'intérêt sur un petit nombre d'idées (si possible une seule). Elles ont été choisies de telle sorte que les produits de départ et d'arrivée soient bien visibles.

1. RÉACTION ENTRE L'ACIDE SULFURIQUE ET LE SUCRE.

Expérience : On verse de l'acide sulfurique sur du sucre, il devient noir.

Interprétation : Ce produit noir est du charbon, un produit nouveau est apparu. Il s'est produit une réaction chimique dont on peut écrire le bilan :

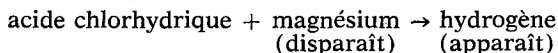


2. QUELQUES EXPÉRIENCES AU CHOIX.

— Réaction entre l'acide chlorhydrique et le magnésium.

Expérience : On met un morceau de magnésium dans un tube à essais contenant de l'acide chlorhydrique. Des bulles de gaz apparaissent, ce gaz peut être enflammé. Le magnésium disparaît (mettre un assez petit morceau pour qu'il disparaisse complètement).

Interprétation : Un produit nouveau apparaît, le gaz hydrogène. Le magnésium mis au départ disparaît :

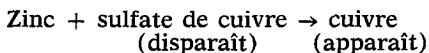


Remarque : On peut utiliser du vinaigre à la place de l'acide chlorhydrique mais la réaction est plus lente et le gaz difficile à enflammer.

— Réaction entre le zinc et une solution de sulfate de cuivre.

Expérience : On met de la grenaille de zinc dans une solution de sulfate de cuivre. Il apparaît une poudre rouge foncé. La couleur bleue disparaît (solution initiale assez diluée).

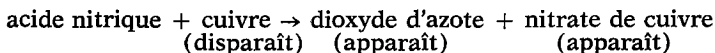
Interprétation : Un produit nouveau apparaît, du cuivre. Le sulfate de cuivre bleu disparaît :



— Réaction entre l'acide nitrique et le cuivre.

Expérience : On met un morceau de cuivre dans un tube à essai contenant de l'acide nitrique. Il se dégage des bulles de gaz, ce gaz a une couleur rousse. Le liquide devient bleu. Le cuivre disparaît (mettre un assez petit morceau pour qu'il disparaisse complètement).

Interprétation : Des produits nouveaux apparaissent : 1) un gaz, le dioxyde d'azote ; 2) un produit bleu dans le liquide, du nitrate de cuivre. Le cuivre disparaît :



— Réaction entre l'acide chlorhydrique et le marbre.

Expérience : On met un petit morceau de marbre dans un tube à essai contenant de l'acide chlorhydrique. Il se dégage des bulles d'un gaz qui éteint un morceau de bois enflammé. Le marbre disparaît.

Interprétation : Un produit nouveau apparaît, le gaz dioxyde de carbone. Le marbre (calcaire) disparaît :



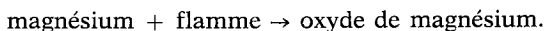
Remarque : La même expérience peut être faite avec du vinaigre et des coquilles d'œuf.

3. COMBUSTION DU MAGNÉSIUM.

La combustion est une réaction chimique délicate, elle est introduite ici de la façon la plus simple possible : un solide brûle, il se forme un autre solide. L'intérêt sera centré sur la consommation de l'oxygène et sur la flamme.

1^{re} étape : Les élèves font brûler dans l'air un morceau de magnésium tenu par une pince. Il apparaît une poudre blanche, le magnésium disparaît.

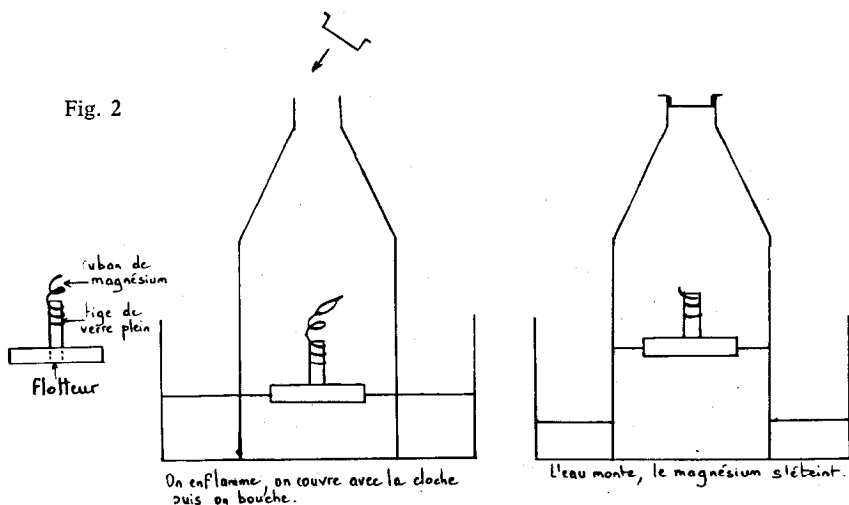
Les élèves veulent écrire le bilan suivant :



Il faut leur affirmer que la flamme n'est pas une matière et donc ne doit pas figurer dans le bilan. On peut leur accorder de la noter sur la flèche de ce bilan.

Par ailleurs, ils savent plus ou moins confusément que l'air est « nécessaire » aux combustions.

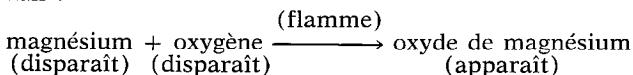
2^e étape faite par le professeur pour montrer le rôle de l'air : On fait brûler du magnésium sous une cloche (bouteille d'eau minérale sans fond) renversée sur une cuve à eau.



Sur la fig. 2, on constate que le volume de gaz contenu dans la cloche a diminué : une partie de l'air a disparu, a été consommée.

Le magnésium s'est éteint parce que tout l'oxygène de la cloche a été consommé, il reste de l'azote qui ne peut pas agir sur le magnésium.

Bilan :



Dans cette expérience, les deux produits de départ ont été consommés ; nous admettrons qu'il en est toujours ainsi.

En conclusion : Dans une réaction chimique, les produits de départ sont consommés, ils se transforment, des produits différents apparaissent.

4. EXEMPLES DE RÉACTIONS CHIMIQUES DANS LA VIE COURANTE.

Dès que l'occasion se présente, on encourage les enfants à rechercher parmi les phénomènes qu'ils connaissent, les réactions chimiques : pourrissement d'une pomme, cuisson des aliments, « séchage » d'une peinture, colle réalisée en mélangeant les produits de deux tubes, effaceur d'encre, etc.

Si l'on utilise comme critère de la réaction chimique, la formation de produits nouveaux, il faut un peu aider les enfants à comprendre que, par exemple, la pomme pourrie contient des produits différents de la pomme ou que la disparition de la couleur de l'encre est le signe de sa transformation en un produit incolore.

Le critère « la pomme pourrie ne redeviendra pas pomme », c'est-à-dire plus généralement « on ne peut pas revenir en arrière » est un usage plus facile pour les enfants, mais il présente quelques inconvénients :

- pratiques : car certains mélanges ne sont pas aisément renversables (peintures de couleurs différentes, vin et eau) et donc peuvent être abusivement considérés comme des réactions chimiques. (D'ailleurs, l'étude des mélanges présente de toutes façons des difficultés ; ainsi la frontière entre solution homogène et combinaison est floue) ;
- théoriques : les élèves apprendront plus tard qu'il existe des réactions chimiques renversables.

5. ENCORE QUELQUES RÉACTIONS CHIMIQUES.

— Pyrogénéation :

sucre $\xrightarrow{\text{par chauffage}}$ charbon + gaz.

Cette réaction est difficile car les enfants pensent que la chaleur est une matière et veulent écrire « sucre + chaleur $\rightarrow$... ». Il faut leur affirmer que la chaleur n'est pas une matière et noter autrement le chauffage.

— Coagulation de l'albumine par chauffage :

On chauffe au bain-marie de l'albumine de l'œuf, on obtient un produit blanc solide.

L'albumine liquide devient par chauffage un solide blanc, mais ce n'est pas un changement d'état car on ne peut pas revenir au liquide initial en refroidissant. Le solide blanc est un produit différent du produit de départ.

Ici, le critère « on ne peut pas revenir en arrière » s'impose mais il faut beaucoup insister sur la deuxième partie de la phrase « en refroidissant », et d'une façon générale sur le fait que dans un changement d'état, l'inversion du phénomène thermique est nécessaire pour revenir à l'état initial.

— Un mélange de produits ne donne pas toujours lieu à une réaction chimique. Comparons :

* On mélange deux poudres : du soufre et du sulfate de cuivre ; on broie le tout, on obtient une couleur verte. En versant le contenu du mortier sur un papier blanc et en tapotant, on voit les grains jaunes et les grains bleus les uns à côté des autres : il ne s'est rien passé.

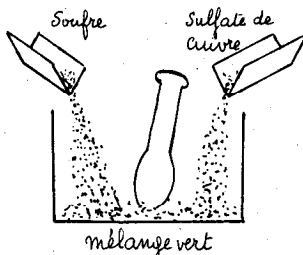


Fig. 3

* On mélange deux poudres blanches, de l'iodure de potassium et du chlorure mercurique, on broie le tout. Il apparaît une couleur rouge, donc un produit nouveau qui est de l'iodure mercurique.

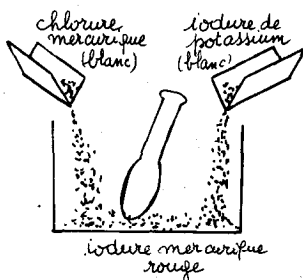


Fig. 4

Il s'est produit une réaction chimique.

— Utilisation d'un produit pharmaceutique.

Réaction entre l'eau et le « Stéradent » (*) :

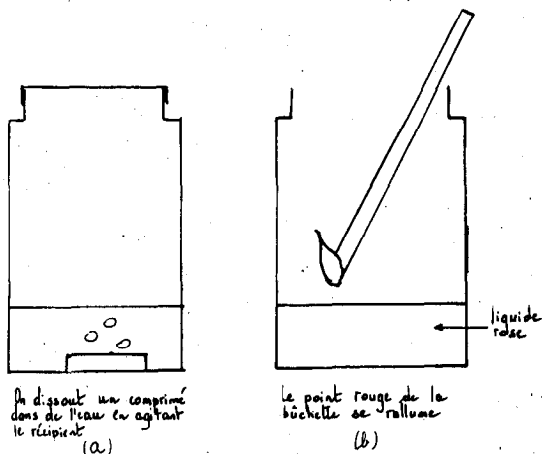


Fig. 5

Agiter en laissant le récipient (petit pot aliment bébé) sur la table. Un gaz se dégage produisant une mousse abondante.

Dès que l'effervescence est terminée, présenter au-dessus de la solution le point rouge d'une bûchette.

L'intérêt de cette expérience est de bien mettre en évidence :

- * ce qui disparaît : comprimé,
- * ce qui apparaît : gaz oxygène - liquide rose.

Prolongement possible : L'évaporation du liquide rose ne redonne pas le comprimé.

(*) D'après le fabricant : « composition équilibrée de carbonate, d'orthophosphate de perborate et d'alkyl aryl sulfonate de sodium dégageant de l'oxygène naissant au contact de l'eau ».

— Fabrication d'une matière plastique.

Réaction entre l'urée et le formol en présence d'acide chlorhydrique concentré :

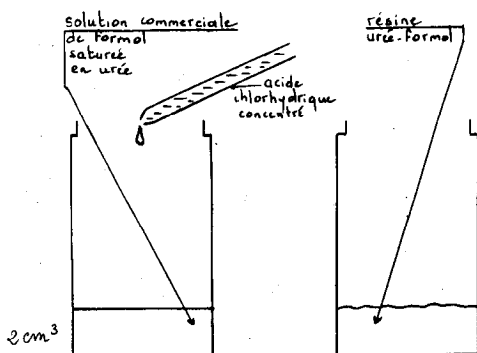


Fig. 6

Agiter afin de dissoudre l'urée dans le formol dans un récipient sacrifié (pot à yaourt en verre).

Lorsque la dissolution est terminée, ajouter quelques gouttes d'acide chlorhydrique concentré.

Continuer à agiter. On observe en peu de temps la formation d'une substance solide, blanche, appelée : résine urée - formol qui se colle au fond du récipient. On peut noter le dépôt de buée sur les parois du pot.

Dans cette expérience il y a consommation d'urée et de formol et apparition d'une matière plastique et d'eau.

Remarque : Le professeur versera l'acide chlorhydrique et demandera aux enfants de ne pas mettre le nez au-dessus du récipient dans lequel s'effectue la réaction car celle-ci étant exothermique, un peu de formol se vaporise.

— Fermentation du jus de raisin :

(grâce à la levure
sucre $\xrightarrow{\text{et au bain-marie}}$ dioxyde de carbone + alcool.

On peut caractériser l'alcool par l'alcootest. On filtre le liquide du mélange réactionnel pour éliminer la levure, puis on distille, les vapeurs sont envoyées dans l'alcootest. On peut se procurer des alcootests chez certains commerçants vendant des

accessoires d'automobiles, ou le fabriquer soi-même en mélangeant du dichromate de potassium avec de l'acide sulfurique.

— Et pour terminer : les plantes sont des usines chimiques (voir programme de biologie) qui fonctionnent grâce à la lumière.

Elles consomment :

du dioxyde de carbone,
des sels minéraux,
de l'eau.

Elles produisent :

de l'oxygène,
de la matière végétale.

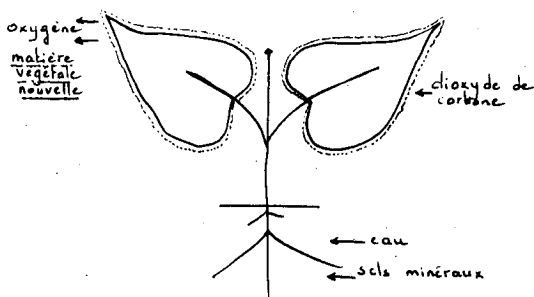


Fig. 7

L'enseignement selon cette progression a été dispensé dans des classes expérimentales de sixième, il a donné de meilleurs résultats que l'enseignement traditionnel. Cependant, la liste d'expériences présentée ici n'est pas exhaustive et d'autres réactions chimiques seraient peut-être mieux adaptées au but recherché ; voulez-vous nous faire part de vos suggestions ?

BIBLIOGRAPHIE

- [1] Livre du professeur « Sciences physiques », classe de sixième, collection « Libres parcours », Hachette (page 9).
- [2] Rapport scientifique de la recherche sur « les Représentations préalables de quelques notions de physique », I.N.R.P., 29, rue d'Ulm, Paris 9^e et Brochure « Réflexions sur une progression pour l'enseignement de Chaleur, Température, Transformations physiques et chimiques de la matière », C.R.D.P. de Limoges.