

A propos de l'enseignement des combustions en classe de sixième

APERÇUS D'UNE RECHERCHE

par Martine MÉHEUT,

Lycée E.-Delacroix, Maisons-Alfort

Edith SALTIEL et Andrée TIBERGHEN,

Université Paris VII, Paris.

La recherche présentée ici concerne l'enseignement des combustions en classe de sixième. Le programme prévoit une mise en évidence expérimentale du rôle de l'oxygène, une mise en évidence de la formation de produits de combustion tels que l'eau, le carbone et le dioxyde de carbone. D'après les instructions officielles, cet enseignement doit déboucher sur de premières notions de réactions chimiques [1].

I. BUTS DE CE TRAVAIL.

Notre expérience d'enseignement en classe de sixième nous a conduites à une constatation : une grande partie des élèves connaissent déjà les faits expérimentaux que l'on souhaite leur faire observer dans cette partie du programme ; cependant, les interprétations qu'ils en donnent restent très éloignées des notions de réaction chimique.

De ce fait, l'enseignement de cette notion rencontre des difficultés. Des remarques formulées dans des ouvrages destinés à l'enseignement des combustions à la fin de l'école primaire [2], [3] illustrent ces difficultés ; en particulier, à propos de la combustion d'une bougie :

- « Les enfants sont en général persuadés que seule la mèche de la bougie brûle ([2] page 12).
- « L'absence de résidu provoque un étonnement intense » ([2] page 21).
- « L'oxygène excite le feu, permet au feu de brûler, mais participe-t-il à la combustion et si oui, comment ? » [4].

Les difficultés recensées sont donc multiples. Pour les expliquer, il est parfois fait référence à une « conception spontanée de la conservation de la matière » chez ces enfants [2] ou à l'idée

que « la chaleur produit du noir, transforme la matière en charbon » [4].

Ces propositions interprètent les difficultés des élèves de manière différente. Une étude plus approfondie nous a paru nécessaire afin de mieux cerner les difficultés rencontrées dans cette partie du programme.

II. METHODE.

A) Expérience d'enseignement.

Nous avons, dans un premier temps, réalisé une expérience d'enseignement avec un petit groupe d'élèves de sixième. Cet enseignement a été constitué de huit séances de une heure environ chacune. Neuf élèves, volontaires, garçons et filles ont participé à ces séances. Les cinq premières séances ont été centrées sur :

- des expériences permettant de différencier quelques gaz (oxygène - azote - air - butane - dioxyde de carbone - hydrogène) les uns des autres ;
- des expériences portant sur la combustion d'une bougie et d'une lampe à alcool : mise en évidence des produits obtenus lors de ces combustions, combustion dans un flacon fermé contenant initialement de l'air ou de l'oxygène pur.

Les trois séances suivantes ont été centrées sur la présentation et l'utilisation d'un modèle particulière très simplifié qui a constitué un outil de présentation de notions relatives aux réactions chimiques (*). Ce modèle a été utilisé pour interpréter les combustions préalablement étudiées et d'autres combustions.

Avant et après ces trois séances, les quatre élèves présents à toutes les séances ont répondu à un questionnaire écrit et nous les avons interrogés dans le cadre d'entretiens individuels semi-directifs.

Les données dont nous disposons sont donc :

- l'enregistrement au magnétophone des séances et des entretiens individuels (deux entretiens par élève : l'un avant présentation du modèle, l'autre à la fin de l'enseignement) ;

(*) Ce modèle permet d'interpréter une combustion en termes de modification des combinaisons des atomes du combustible et de l'oxygène. Les notions introduites sont donc la conservation des éléments chimiques et l'interprétation des modifications des propriétés du système en termes de modification des combinaisons d'éléments. Ce modèle doit être développé si l'on souhaite interpréter d'autres aspects des réactions chimiques.

Cette présentation d'un modèle particulière fera l'objet d'une publication ultérieure.

- les réponses aux questionnaires individuels (deux questionnaires par élève).

L'analyse de ces données nous a permis de formuler des hypothèses sur les conceptions d'élèves de sixième qui peuvent être à l'origine de difficultés rencontrées dans un tel enseignement des combustions.

Afin de mieux cerner ces conceptions, nous nous sommes adressé ensuite à des élèves de fin de CM 2, n'ayant pas étudié les combustions. Dans le but d'obtenir des résultats portant sur un nombre plus important de sujets, nous avons utilisé des questionnaires écrits.

B) Questionnaires.

Les situations expérimentales évoquées dans ces questions sont des situations familières (combustion d'une bougie, d'une allumette, de rhum, feu de bois).

Les questionnaires ont été testés d'abord auprès d'une dizaine d'enfants puis dans une classe. Ces tests nous ont permis de formuler les questions sous leur forme définitive.

Ces questions ont été posées, sous forme de quatre questionnaires écrits à des élèves de dernière année de l'enseignement primaire (10-11 ans), chaque questionnaire étant proposé à une centaine d'enfants, soient quatre à cinq classes, dans plusieurs communes de la banlieue parisienne. Au cours de cette partie du travail, plus de quatre cents enfants ont été interrogés.

C) Séance d'enseignement sur le rôle de l'air dans les combustions.

Une troisième étape nous a permis de préciser le rôle attribué par les élèves de cet âge à l'oxygène. Au cours d'une recherche collective [6], nous avons analysé les explications données par les élèves de deux classes de sixième, d'expériences de combustion en atmosphère limitée (retourner des flacons de formes et de tailles différentes sur une bougie allumée).

Les données recueillies au cours de cette séance sont :

- l'enregistrement au magnétophone des discussions de tous les sujets au cours de la séance : discussions collectives et en petits groupes ;
- les réponses écrites individuelles aux questions posées.

Le tableau ci-après résume les différentes étapes de ce travail :

	A) Expérience d'enseignement	B) Questionnaires	C) Séance d'enseig. sur le rôle de l'air
Sujets	Neuf élèves de classe de sixième (11-12 ans)	Environ 400 élèves de classe de CM 2 (10-11 ans)	31 élèves de sixième
Données recueillies	Enregistrement de huit séances d'enseignement Enregistrement d'entretiens individuels Réponses aux questionnaires écrits	Réponses aux questionnaires écrits	Enregistrement de la séance Réponses aux questionnaires écrits
Contenu	Combustion d'une bougie, d'une lampe à alcool, de paille de fer Présentation d'un modèle particulière	Combustion d'une bougie, de rhum, d'allumettes, de fer	Combustion d'une bougie en atmosphère limitée

III. RESULTATS.

Nous étudierons d'abord, à titre d'exemple, les interprétations données par les élèves de la combustion d'une bougie. Nous résumerons ensuite l'ensemble des résultats obtenus. (Pour plus de détails, on peut consulter [5]).

A) La combustion d'une bougie.

1. Formation des produits de combustion.

Voyons comment les élèves interprètent la formation des produits de combustion. Pour cela, considérons la question suivante :

Imagine qu'on allume une bougie et qu'on mette un verre au-dessus, comme sur le dessin ; est-ce que tu crois que l'on peut voir apparaître sur le verre :



	OUI (%)	NON (%)	Je ne sais pas (%)
des petites gouttes d'eau?	48	32	20
quelque chose de noir?	64	13	23

(98 élèves interrogés)

POURQUOI ?

a) DES PETITES GOUTTES D'EAU.

Pour l'eau, 48 %, soit une moitié environ des sujets interrogés, ont répondu de façon positive. Dans les réponses au « POURQUOI ? », la cause principalement évoquée est *la chaleur* ; donnons-en quelques exemples :

- « parce que la *chaleur se transforme en vapeur d'eau* » ;
- « on peut voir des petites gouttes d'eau car la flamme chauffe et la *chaleur part en vapeur et après ça devient de l'eau* ».

Un tiers environ des élèves (32 %) ont répondu de façon négative, l'argument principal étant *l'absence d'eau dans le combustible*.

(« Il n'y a pas d'eau dans une bougie »).

Nous trouvons donc deux types d'explications :

- La chaleur se transforme en eau ; les élèves associent donc chaleur et eau.
- On pourra observer de l'eau s'il y en a dans le combustible, pas autrement.

b) QUELQUE CHOSE DE NOIR.

Deux tiers environ des élèves (64 %) répondent positivement. Ils prévoient donc correctement les résultats que l'on souhaite leur faire observer. Parmi ceux-ci, un tiers expliquent ce « quelque chose de noir » par la fumée. Cette fumée peut, d'autres questions le montrent, provenir d'une transformation du combustible.

Un autre tiers, soit le même nombre que précédemment, évoquent par contre une transformation *non pas du combustible*,

mais du verre placé au-dessus de la bougie (« parce que ça brûle le verre »). Ainsi, la formation des produits de combustion n'est pas toujours expliquée par une transformation impliquant le combustible.

2. Transformations du combustible.

Considérons la même question que précédemment.

Imagine qu'on allume une bougie et qu'on met un verre au-dessus, comme sur le dessin ; est-ce que tu crois que l'on peut voir apparaître sur le verre



	OUI (%)	NON (%)	je ne sais pas (%)
des petites gouttes de bougie?	19	58	22

(98 élèves interrogés)

Quelle que soit la réponse (oui - non) à la question, l'argument est le même : la bougie a fondu, elle a coulé ; cet argument laisse penser que pour ces élèves la cire subit un changement d'état, ce que confirment les réponses données à la question suivante :

Est-ce que le produit suivant peut	s'évaporer (%)	brûler (%)	fondre (%)
cire de bougie	non : 82	non : 77	oui : 97
mèche de bougie	non : 96	oui : 82	non : 56 oui : 37

(102 élèves interrogés)

Nous voyons bien ici que, pour les élèves interrogés, la cire de bougie peut fondre et non brûler, alors que la mèche, elle, peut brûler. Il semble donc que la transformation envisagée dépende de la substance de départ. On retrouve de telles différences lors

d'entretiens individuels effectués avant et après enseignement en classe de sixième :

« Le bois, il s'est transformé en cendres... la bougie, on voit bien que *c'est de la bougie fondue parce qu'elle a la même couleur déjà* ».

Nous pouvons ici conclure que pour bon nombre d'élèves, le combustible n'est pas celui du chimiste : le verre peut brûler, la mèche peut brûler, mais pas la cire (elle fond) !

3. Rôle de l'air.

Remarquons que l'air et l'oxygène ne sont jamais évoqués pour expliquer la formation des produits de combustion ou les transformations du combustible. Le rôle de l'air peut cependant être perçu à partir d'expériences de combustion en atmosphère limitée. Les résultats que nous évoquerons ici viennent de l'analyse d'une séance d'enseignement réalisée dans deux classes de sixième [6]. Les expériences proposées consistent à allumer une bougie, la recouvrir d'un flacon et mesurer le temps nécessaire à l'extinction de la bougie.

Les élèves doivent faire des hypothèses sur le rôle de trois facteurs : la taille de la bougie, le volume du flacon, la forme du flacon. Ils doivent ensuite réaliser des expériences permettant de tester leurs hypothèses.

Le tableau ci-après indique les hypothèses faites par les élèves :

	Volume du flacon (nombre d'élèves)	Forme du flacon (nombre d'élèves)	Taille de la bougie (nombre d'élèves)
Compte	29	8	14
Ne compte pas	2	21	13
Je ne sais pas	0	2	4

(31 élèves interrogés)

29 élèves sur les 31 estiment donc que le volume du flacon a de l'importance. Ils établissent une relation entre le volume du flacon et la quantité d'air ou d'oxygène. (« Parce que plus le flacon est grand, plus il contient d'air donc la bougie reste allumée longtemps »). Les hypothèses concernant le facteur forme confirment cette importance attribuée à la quantité d'air contenue dans le flacon ; l'argument est que, à volume constant, la quantité d'air ne dépend pas de la forme (« Il y a autant d'air dans un flacon mince mais haut que dans un flacon gros mais bas »).

L'importance de l'air est donc reconnue. Cependant elle est expliquée de diverses façons, souvent sous forme d'analogies ; analogies avec la respiration, ou la nutrition :

« (L'air), ça arrive, ça *nourrit* le feu... la bougie en a pris pour *s'alimenter* et à force il n'y en avait plus ».

Qu'est devenu l'air ? Quelles transformations a-t-il subi ? Les élèves ne semblent pas se poser de telles questions. Lorsqu'une transformation de l'air est évoquée, il s'agit d'une transformation de l'air *seul* et non d'une interaction avec le combustible :

« T'es sûr que l'air, ça brûle ? »

« Il part en fumée, *il se transforme en un autre gaz.* »

« ...un gaz ordure, le gaz brûlé ne sert plus à rien... comme une espèce d'essence qui serait brûlée ».

Nous venons donc de présenter les résultats obtenus à propos de la combustion d'une bougie ; nous exposerons maintenant les résultats obtenus à propos d'autres combustions.

B) Résultats généraux.

Les réponses aux questionnaires données par les élèves en fin de CM 2 donc avant enseignement des combustions, les difficultés rencontrées au cours des séances d'enseignement avec des élèves de sixième, montrent une certaine stabilité des explications données par les élèves. Ces explications peuvent être résumées de la manière suivante :

— L'oxygène, ou l'air, bien que parfois reconnu comme nécessaire, n'est jamais évoqué pour expliquer la formation des produits de combustion ou les transformations du combustible.

Lorsqu'il est fait allusion à des transformations de l'air, il s'agit d'une transformation de l'air seul et non d'une interaction du combustible avec l'air.

- La formation d'eau est parfois attribuée à la chaleur sans qu'il soit fait mention d'une transformation d'une quelconque substance (Note).
- La formation des produits de combustion est en général attribuée à une transformation d'un objet, l'objet combustible au sens du chimiste ou tout autre objet placé au voisinage de la flamme. Ainsi, lorsque l'on cherche à mettre en évidence le carbone résultant de la combustion d'une bougie à l'aide d'une soucoupe, le noircissement de la soucoupe peut être expliqué, par les élèves, aussi bien par une transformation de la soucoupe que de la bougie elle-même.
- Un objet peut être constitué par une ou plusieurs substances.

* Certaines substances, telles que l'eau, les métaux, la cire de bougie, l'alcool (pour certains élèves), subissent des transformations que nous sommes tentés de rapprocher de changements d'état ; en effet, dans les explications des élèves

- le nom attribué à la substance obtenue est le même que le nom de la substance de départ ;

- la réversibilité de la transformation est parfois évoquée :
« On croirait un liquide mais c'est de la cire fondue. Lorsqu'elle s'éteindra, la flamme, le liquide redeviendra de la cire » ;

- la permanence de certaines propriétés (odeur-couleur) est évoquée :

« Au fur et à mesure que l'alcool brûle, l'alcool se transforme en vapeur d'alcool... on le voit, on a fait l'expérience que quand on mettait un vase et qu'on l'enlevait, ça sentait l'alcool ».

* D'autres substances, telles que le bois, le carton, la mèche d'une bougie, l'alcool également pour certains élèves, subissent un autre type de transformation, caractérisée par le verbe brûler. Dans les explications des élèves, il est alors question de transformation de la substance, de modification des propriétés... Nous n'y trouvons plus aucun argument de permanence. Les élèves semblent opposer ce type de transformation au précédent :

« L'or, quand il brûle, il fond peut-être un peu tandis que le bois, il disparaît complètement, il se transforme tandis que pour l'or, s'il fond, on voit quand même que c'est de l'or parce qu'il a la même couleur déjà ».

Note. — Il semble que l'étude des changements d'état puisse faire disparaître de telles interprétations.

On peut illustrer ces explications de la manière suivante :

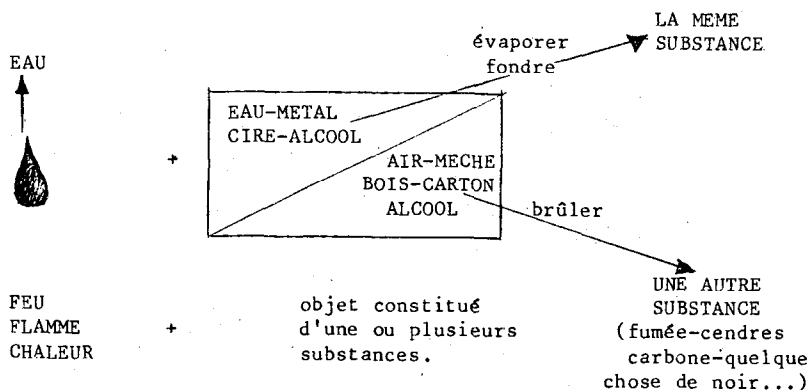


Illustration des explications données par les élèves

IV. CONCLUSION.

Les résultats obtenus au cours de ce travail montrent que les observations réalisées par les élèves les conduisent à des interprétations qui restent bien éloignées de notions de réaction chimique entre un combustible et l'oxygène de l'air.

En particulier, la nécessité de l'oxygène ou de l'air peut être perçue mais pas en termes d'interactions avec le combustible ; nous rencontrons également cette difficulté à expliciter le rôle de l'oxygène dans certaines formulations utilisées par les ouvrages scolaires.

Donnons-en quelques exemples :

- « Dégageons l'essentiel. Dans le bec bunsen, la combustion du gaz donne de l'eau et du gaz carbonique et elle consomme de l'air » [7].

Dans cet exemple, la formation des produits de combustion est attribuée à une transformation du combustible seul et non du système (combustible + oxygène).

- « Du butane et de l'oxygène donnent naissance à du gaz carbonique et de l'eau » [8].
- « L'hydrogène brûle : il s'unit avec l'oxygène pour former de l'eau »,
 - « Le mélange, simple rencontre »,
 - « La réaction chimique, une union » [9].

Dans ces deux derniers exemples, la formation des produits de combustion est bien expliquée par une transformation du système (combustible + oxygène). Les propriétés de cette transformation ne sont pas précisées ; il est fait recours à une analogie. Cette analogie présente quelques dangers, la naissance n'impliquant pas la disparition des parents, contrairement à la formation de produits de réaction !

Ce travail montre également la difficulté qu'ont les élèves à concevoir une autre permanence que celle de « substances » constituant un objet, permanence qu'ils justifient par celle de certaines propriétés. Cette autre permanence, qui concilie conservation de la matière et modification des propriétés d'un système lors d'une réaction chimique est celle des éléments chimiques, théorie qui est introduite en classe de cinquième.

Les objectifs et la place dans l'enseignement de la chimie de cette étude des combustions nous semblent donc devoir être précisés.

REFERENCES

- [1] *Sciences physiques, Objectifs, Programmes et Instructions pour les classes de sixième et cinquième* (Arrêté du 17 mars 1982).
 - [2] *Le feu, la lumière, le temps qui passe*, Collection Raymond Tavernier, Bordas (Paris, 1980).
 - [3] J. BIRD and D. DIAMOND. — *Candles, Teaching Primary Sciences*, Macdonald Educational (London, 1975).
 - [4] R. MARESCOT. — *Les combustions*, rapport interne I.N.R.P. (Paris).
 - [5] M. MÉHEUT. — *Combustions et Réaction chimique dans un enseignement destiné à des élèves de sixième*, Thèse de doctorat de troisième cycle, Université Paris VII (1982).
 - [6] E. CAUZINILLE-MARMÈCHE, M. MÉHEUT, M.-G. SÉRÉ, A. WEIL-BARAIS. — *Influence des idées a priori sur la démarche expérimentale, Etude de la combustion de la bougie pour des élèves de 11 à 12 ans* (à paraître).
 - [7] *Eveil aux Sciences physiques*, Nathan (Paris). Classe de sixième, Livre de l'élève (1977).
 - [8] *Sciences physiques*, Collection Libres Parcours, Hachette (Paris). Classe de sixième, Livre de l'élève (1977).
 - [9] *Sciences physiques*, Istra (Paris). Classe de sixième, Livre de l'élève (1977).
-