

## Apprentissage comparé de la notion de réaction chimique en TP ou à l'aide d'une vidéo: rôle des observations faites par les élèves

Bulent PEKDAG, Jean-François LE MARECHAL<sup>1</sup>,  
UMR GRIC-COAST, Université Lyon-2.

### Introduction et questions de recherches

L'apprentissage de la réaction chimique passe par des stades successifs (Solomonidou, 1994) au cours desquels l'élève s'approprie progressivement différents aspects du concept. Un point au moins n'a, à notre connaissance, pas été étudié dans cet apprentissage, il concerne les arguments utilisés par les élèves pour décider qu'un événement observé peut s'interpréter par une réaction chimique. Ce point nous a semblé suffisamment important dans l'évolution des connaissances sur ce concept pour entreprendre une étude spécifique. En effet, un professeur qui étudie une réaction chimique considère assez facilement que son objet d'étude est pour tout le monde (et en particulier pour ses élèves) une réaction chimique. Nous avons remarqué que ce n'était pas aussi évident pour les élèves, en particulier en classe de Seconde et à plus forte raison au collège, et nous avons cherché à comprendre ce qui permettait aux élèves de penser qu'il en était ainsi.

Dans le présent travail, nous nous préoccupons également de la situation utilisée pour mettre en scène la réaction chimique. Quelle différence de comportement les élèves ont-ils face à une réaction chimique si celle-ci est l'objet d'une séance de travaux pratiques, au cours de laquelle ils manipulent eux-mêmes la verrerie et les produits chimiques ou si, lors d'une séance hors laboratoire, la réaction chimique est seulement montrée au moyen d'une vidéo ?

### Cadre théorique

Les arguments utilisés par les élèves pour décider si un événement est ou non une réaction chimique ont été catégorisés en adaptant des travaux effectués en didactique de la physique (Tiberghien, 1994). Tiberghien catégorise le fonctionnement des élèves en analysant leur activité de modélisation. Pour cela, elle distingue un niveau *d'objets et d'événements* d'une part, et un niveau *de théories et de modèles* d'autre part, puis situe les productions des élèves dans l'un ou l'autre de ces niveaux ou en termes de liens entre ces deux niveaux.

Pour traiter des problèmes relevant de la chimie, deux adaptations de ce cadre ont été faites (Le Maréchal, 1999a) :

- a) Nous subdivisons le niveau des objets et des événements de Tiberghien en trois sous-domaines, le sous-domaine (O) des objets, celui (E) des événements et celui (P) des propriétés de ces objets ou de ces événements, pour autant que (O), (E) ou (P) soient perceptibles. Ces trois sous-domaines font partie du monde que nous appelons monde perceptible. Par exemple : un échantillon de pentanol (O), le fait que le contenu d'un tube à essais change d'aspect (E), le fait que le sulfate de cuivre hydraté soit bleu (P). Comme pour le modèle de Tiberghien, un niveau de théorie et de modèle s'oppose à ce niveau d'objets, d'événements et de propriétés perceptibles.
- b) Nous décidons d'appeler monde reconstruit, un monde constitué des objets conceptuels, appelés ici objets reconstruits (o), que le chimiste manipule (molécule de pentanol, espèce chimique<sup>2</sup> pentanol, l'eau contenue dans un mélange homogène d'eau et d'alcool). De tels objets peuvent subir des événements (é) que nous appelons événement reconstruit (par exemple des réactions chimiques<sup>3</sup>). Ces objets et ces événements ont des propriétés (p), comme le fait que l'acide éthanoïque puisse libérer des ions H<sup>+</sup> par exemple. Un niveau de théorie et de modèle concerne

<sup>1</sup> jflm@ens-lyon.fr

<sup>2</sup> L'espèce chimique pentanol est par définition un échantillon qui ne serait constitué que de molécules de pentanol : Clavel-Monin et al. *Physique chimie 2de*, Hatier, 2000 p.12. Les chimistes distinguent l'espèce chimique pentanol (objet conceptuel) de l'échantillon pentanol (objet concret). « Espèce chimique » est le terme utilisé dans les programmes scolaires pour désigner génériquement corps composés et corps simples.

<sup>3</sup> Les programmes applicables en Seconde à la rentrée 2000 s'attachent à différencier une transformation chimique (ex. le jus de raisin qui fermente), qui est pour nous un événement perceptible (on voit des bulles, ça sent l'alcool, ça a un nouveau goût), d'une réaction chimique (ex. le glucose qui devient de l'éthanol et du dioxyde de carbone lors de la fermentation).

également ce monde reconstruit. Ainsi, nous distinguons un peu formellement les théories qui gèrent des objets perceptibles de celle qui concerne des objets reconstruits<sup>4</sup>.

Cela peut se schématiser avec le **schéma.1**.

théories + modèles			théories + modèles		
(O)	(E)	(P)	(o)	(é)	(p)
monde perceptible			monde reconstruit		

**schéma.1.** Représentation schématique des catégories issues du cadre théorique.

Le présent travail, situé au niveau des classes de Troisième et de Seconde n'utilise pas de niveau théorique et l'activité de l'élève que nous allons décrire va se limiter aux sous-domaines (O), (E), (P) et (o), (é), (p).

Nous analyserons donc l'activité des élèves à l'aide de deux mondes, l'un perceptible et l'autre reconstruit, structurés de façon identique en sous-domaines des objets, des événements et des propriétés. Par rapport à d'autres travaux en didactique de la chimie (Johnstone, 1993 ; Laugier, 2000), nous ne cherchons pas à opposer le monde microscopique et macroscopique puisque, dans le monde reconstruit, on trouve aussi bien les niveaux microscopique (atomes, ions, molécules) que macroscopique (composés chimiques).

Avec ce cadre théorique, les produits chimiques ont deux statuts possibles, soit comme objets perceptibles (quand ils sont les objets manipulés) soit comme objets reconstruits quand ils ne sont pas perceptibles. Ainsi, quand un élève parle de l'eau contenue dans un mélange, l'eau n'est pas perceptible. C'est un objet reconstruit. A l'opposé, quand il parle de l'acide qui est dans le tube, ou sur lequel un test est effectué, il s'agit bien évidemment d'un objet perceptible. Il y a des cas où le contexte ne permet pas de déterminer si l'élève fait allusion à l'objet perceptible ou à l'objet reconstruit. Cette possible double appartenance du produit chimique aux deux mondes constitue un lien privilégié pour que l'élève mette en relation les deux mondes.

## Méthodologie

Nous avons cherché à analyser les arguments utilisés par les élèves à propos d'une réaction d'estérification pour situer leur interprétation relative aux réactions chimiques en les catégorisant soit dans le monde perceptible soit dans le monde reconstruit et en repérant les liens qu'ils établissent entre les catégories utilisées.

Nous avons développé une méthodologie autour de deux études de cas.

- 1) La première concerne une étude hors classe de huit élèves de fin de Troisième appartenant à deux collèges différents de la région lyonnaise. Lors de notre étude, les élèves ont travaillé à partir de la vidéo, réalisée par nous-mêmes, d'une réaction d'estérification de l'acide éthanoïque<sup>5</sup> avec le pentanol. Les élèves pouvaient voir et revoir à leur convenance un film d'une durée de 1 min. 43 s alors qu'ils devaient débattre<sup>6</sup>, par binôme, sur six questions soumises par écrit. Ces élèves n'avaient pas eu d'enseignement spécifique aux espèces chimiques. Ils étaient enregistrés (audio) pendant toute la séance.
- 2) La seconde concerne une étude en classe de TP en Seconde également basée sur la synthèse de l'éthanoate de pentyle (nouveaux programmes, en vigueur en septembre 2000). Trois classes de trois lycées différents (notés La, Lf et Lc) ont été suivies pendant l'étude de la réaction chimique,

<sup>4</sup> La chaleur Q apportée à un échantillon d'eau est un concept d'une théorie relative à (O) et (E) et la vibration des liaisons O-H est un concept d'une théorie relative à (o) et (é). La chaleur et les vibrations moléculaires sont intimement liées, mais modélisent des événements de différentes natures.

<sup>5</sup> Ce que l'on donnait aux élèves sous le nom de « Acide » était en fait un mélange d'acide éthanoïque et d'acide sulfurique, ce dernier étant le catalyseur de la réaction. Ce niveau de précision n'a pas été indiqué aux élèves.

<sup>6</sup> Le débat, non limité dans le temps, a duré entre 15 et 20 minutes.

ce qui correspond au quatrième TP de chimie de l'année. Il s'est trouvé qu'une de ces trois classes était une bonne classe. Les TP avaient été élaborés en collaboration avec les trois enseignants et testés l'année précédente.

- a) Un binôme d'élèves a été enregistré et filmé pendant ce TP.
- b) La totalité (soit 42) des comptes rendus de TP des élèves des trois classes a été relevée.

Le choix de l'estérification comme base de l'expérience fut influencé par les contraintes pédagogiques des programmes de Seconde, puisque l'expérimentation devait pouvoir être menée en classe, à ce niveau. Nous avons par ailleurs mené l'étude d'une part en situation de TP, d'autre part en situation d'observation d'une bande vidéo.

En TP, les élèves étaient invités par le protocole à constater trois effets directs de la modification du système chimique : le passage d'un état homogène à un état hétérogène, la présence d'eau en fin de réaction alors qu'elle avait été testée comme absente au début et, enfin, le changement d'odeur marqué du système<sup>7</sup>.

Cette même expérience a été adaptée et filmée en vue de sa présentation en vidéo. Mais dans ce cas, seul le test de l'absence puis de la présence d'eau a été utilisé.

Dans cette expérience deux réactions chimiques sont en jeu, l'estérification et le test au sulfate de cuivre quand il est positif.

Pour l'une (test au sulfate de cuivre) seul un changement de couleur indique au chimiste la présence d'une réaction chimique. Cette observation est classée comme événement du monde perceptible.

Pour l'autre réaction (l'estérification), les arguments, utilisables a priori pour affirmer qu'il s'agit effectivement d'une réaction chimique, peuvent être de différentes natures :

- La présence d'eau au sein d'un mélange dont les constituants ont été testés initialement comme ne comprenant pas d'eau. Cet argument appartient au monde reconstruit et est utilisable aussi bien à partir de la vidéo qu'en situation de TP.
- Le passage du système d'un état homogène à un état hétérogène et le changement de l'odeur. Ces arguments s'inscrivent dans le monde perceptible (catégorie propriété perceptible) et ne peuvent être utilisés qu'en situation de TP.

Un autre argument (incorrect) était supposé apparaître : le chauffage du mélange, argument catégorisé comme événement perceptible

## Résultats et discussion

1) Première étude de cas : analyse du travail hors classe avec vidéo.

L'analyse des transcriptions des élèves ayant travaillé avec la vidéo a montré que les élèves utilisent trois types d'arguments :

- En grande majorité, on trouve des arguments du type "événement perceptible" : le changement de couleur (3 fois), l'absence de changement de couleur (5 fois), le chauffage (4 fois).
- Par quatre fois, les élèves ont utilisé un argument de type "propriété perceptible" :

C'est homogène donc il n'y a pas de réaction (1 fois) :

*J : ça fait aucune réaction*

*S : si*

*J : c'est truc homogène*

*S : si si / c'est une réaction*

C'est bleu donc il y a réaction (3 fois), que l'on pourrait associer au changement de couleur :

*A : réaction chimique y en a une / là au bleu*

- Nous avons observé par trois fois qu'un élève prenait comme argument une "propriété reconstruite" :

La (prétendue) irréversibilité d'une réaction chimique :

<sup>7</sup> De l'odeur âcre de vinaigre due à l'acide éthanoïque, on passe à une odeur de bonbon anglais de l'ester.

*C : une réaction chimique c'est c'est quelque chose qui est irréversible<sup>8</sup>*

Le fait qu'une réaction doive produire quelque chose :

*L : parce que celle là elle [la réaction chimique] donne rien*

Une propriété des objets reconstruits :

*Ch : je crois quand il y a de l'eau / c'est pas impossible c'est mélange par exemple dans l'alcool / y a de y a de l'oxygène par exemple / dans le dans le l'acide il y a l'hydrogène<sup>9</sup> / quand ça se mélange / ça fait de l'eau...*

Un argument issu du monde perceptible (ici changement de couleur, existence d'un chauffage, ailleurs ce pourrait être la formation d'un précipité, une effervescence...) semble donc plus pertinent qu'un argument issu du monde reconstruit (la formation d'une nouvelle espèce chimique) pour des élèves de fin de Troisième.

Cela apparaît également à d'autres occasions dans notre corpus de données, avec parfois des effets pervers. Ainsi alors que les élèves avaient tout en main pour conclure à la présence d'une réaction chimique avec l'argument de la présence d'eau, cet argument, inscrit dans le monde reconstruit, s'est retourné en une conclusion dans le monde perceptible : « *de l'acide et de l'alcool ça fait de l'eau c'est pas normal* ». De l'acide et de l'alcool ça fait de l'eau est un événement reconstruit qui suffit à tout chimiste pour conclure qu'il y a eu une réaction chimique ; mais pour les élèves, l'événement n'est pas normal (c'est un événement pas normal pour nos observations quotidiennes).

Ce type d'observation nous a amenés à affiner notre analyse et à considérer que le mélange des deux réactifs était un objet perceptible qui correspond à deux objets reconstruits : le mélange *avant* chauffage et le mélange *après* chauffage. C'est une difficulté pour les élèves quand ils ne peuvent pas transposer une structure du monde perceptible dans le monde reconstruit, ce qui est le cas ici puisqu'un objet perceptible ne correspond pas à un mais à deux objets reconstruits (Le Maréchal, 1999b).

## 2) Deuxième étude de cas : analyse du TP :

a) L'étude d'un binôme dont la production a été complètement suivie pendant un TP a montré que la transformation chimique est pour eux :

- Avant tout un changement propriété perceptible : « *faire passer une espèce chimique homogène en une espèce chimique hétérogène* ».
- Ce changement s'accompagne d'un moyen « *... en chauffant* » qui est un événement perceptible.
- Enfin, la transformation résulte d'un mécanisme : « *le mélange / est devenu hétérogène grâce à l'eau qui est app[arue] qui s'est (...) condensée dans la / dans la colonne de Vigreux [à partir de la 'fumée' que les élèves ont vue pendant la réaction]* ». Ce mécanisme est exprimé en termes d'objets et d'événements perceptibles.

Ainsi, bien que pendant le TP, il apparaisse clairement que ce binôme d'élèves prend conscience que de l'eau est formée, que cette eau est détectée par un test chimique<sup>10</sup>, la réaction chimique est, pour eux, basée sur l'aspect purement perceptible de l'expérience et non sur son aspect reconstruit.

## b) Analyse des comptes rendus de TP

Nous nous limitons ici à présenter de l'analyse de la partie des comptes rendus en rapport avec nos questions de recherche.

- Question c.2 : *Comment peut-on en être sûr ?*

<sup>8</sup> C'est inexact, mais ce critère est souvent donné à tort par les professeurs de collège pour différencier les transformations physiques (solidification / fusion) qui sont « réversibles » et les transformations chimiques qui ne le seraient pas !

<sup>9</sup> C'est une propriété reconstruite de l'espèce chimique « acide » de posséder un hydrogène.

<sup>10</sup> Comme nous l'avons précisé précédemment, de l'eau au sein d'un mélange est, dans notre méthode de catégorisation, un objet reconstruit car l'eau n'est pas vue, elle est seulement mise en évidence.

On demandait aux élèves comment ils pouvaient être sûrs d'avoir effectivement utilisé de l'acide et de l'alcool pour effectuer leur expérience. Les résultats sont rassemblés dans le tableau suivant<sup>11</sup> montre que dans 70% des cas, les élèves font appel au monde perceptible pour quand on leur demande comment il identifie les échantillons qu'ils utilisent dans leur expérience. On remarque que 20 des 30% restant utilise une réponse conjoncturelle puisqu'il s'agit de la chromatographie, utilisée dans la séance de TP précédente. Cette réponse n'avait pas été prévue lors de notre analyse a priori.

	La (N=18) <sup>12</sup>	Lf (N=10 )	Lc (N=14)
monde perceptible	14 8 (O), 1 (E) et 5 (P)	9 3 (E), 6 (P)	10 4 (O), 4 (E), 1 (P), 1 [(E),(P)]
monde reconstruit	2 2 (p)		3 1 (o), 2 (p)
relations entre les deux mondes	5 [(E),(é)] chromatographie, test pH		4 [(E),(é)] chromatographie, test pH
fusion de niveaux <sup>13</sup>	1		

Exemple<sup>14</sup> de productions d'élèves suivant les catégories :

(O) : AR<sub>a</sub><sup>15</sup> : « en regardant sur les boîtes ».

(E) : LD<sub>a</sub> : « car on a fait nous même ce mélange ». E : JP<sub>F</sub> : « car on les a identifiés au départ ».

(P) : NM<sub>a</sub> : « le mélange qui était homogène ». P : JA<sub>F</sub> : « grâce à l'odeur et à l'apparence ».

[(E),(P)] : SS<sub>c</sub> : « puisqu'on a versé le mélange homogène contenant l'acide + l'alcool ».

(p) : CP<sub>c</sub> : « car on a testé que ces deux espèces chimiques ne contenaient pas d'eau ».

- Question c.3 : *Que peut-on dire des espèces chimiques dans le tube après qu'il a été chauffé puis refroidi ?*

	La (N=18) <sup>16</sup>	Lf (N=10 )	Lc (N=14)
monde perceptible	2 2 (P)		10 6 (O), 4 (P)
monde reconstruit	14 13 (o), 1 (é)	8 8 (o)	5 2 (o), 1 (é), 2 (p)
relations entre les deux mondes			1 1 [(O),(o)]

Sur 40 réponses, on en a 30 (75%) qui utilisent les objets ((o) ou (O) ou [(O),(o)]).

Par exemple : (O) : NY<sub>c</sub> : « il y a deux phases ».

(o) : LR<sub>a</sub> : « l'eau est une des espèces chimiques présentes dans le tube ».

[(O),(o)] : VK<sub>c</sub> : « il y a toujours les deux mêmes espèces chimiques (o) mais deux phases (O) ».

<sup>11</sup> Dans tous les tableaux de résultats, les codes suivants sont utilisés : (O) = objet perceptible, (E) = événement perceptible, (P) = propriété d'un objet ou d'un événement perceptible, (o) = objet reconstruit, (é) = événement reconstruit, (p) = propriété d'un objet ou d'un événement reconstruit. On note entre crochets les relations entre deux sous domaines, par exemple [(E), (P)] signifie une relation entre un événement perceptible et une propriété perceptible. On utilise la notation [(M),(m)] quand la relation entre les deux mondes fait intervenir plus de deux sous-domaines.

<sup>12</sup> N est le nombre de comptes rendus récupérés, qui correspond approximativement à la moitié du nombre d'élèves de la classe, les élèves travaillant en binôme et ne remplissant qu'un compte rendu pour deux. Les nombres dans le tableau correspondent aux nombres d'occurrences de chaque catégorie repérée dans le compte rendu. Il peut dépasser le nombre de comptes rendus, car la réponse d'un élève peut fournir des informations qui appartiennent à plusieurs catégories.

<sup>13</sup> Nous analysons comme fusion de niveaux la réponse : « l'acide a brûlé les molécules d'alcool » pour laquelle il est donné à un objet reconstruit (les molécules d'alcool) une propriété (pouvoir brûler) qui n'est définie que pour des objets perceptibles.

<sup>14</sup> (O) : AR<sub>a</sub> signifie qu'il s'agit d'un exemple trouvé sur le compte rendu des élèves A et R du lycée Aragon.

<sup>15</sup> On note AR<sub>a</sub> le binôme AR du lycée La.

<sup>16</sup> N est le nombre de comptes rendus récupérés, qui correspond approximativement à la moitié du nombre d'élèves de la classe, les élèves travaillant en binôme et ne remplissant qu'un compte rendu pour deux. Les nombres dans le tableau correspondent aux nombres d'occurrences de chaque catégorie repérée dans le compte rendu. Il peut dépasser le nombre de comptes rendus, car la réponse d'un élève peut fournir des informations qui appartiennent à plusieurs catégories.

- Question c.4 ; *Comment peut-on expliquer cela ?*

	La (N=18) <sup>17</sup>	Lf (N=10 )	Lc (N=14)
monde perceptible	3 2 (E), 1 (P)	3 1 (E), 2 (P)	8 5 (E), 3 [(O),(E)]
monde reconstruit	18 2 (o), 12 (é), 4 (p)	7 1 (o), 3 (é), 2 (p), 1 [(o),(é)]	10 4 (o), 2 (é), 3 (p), 1 [(o),(p)]
relations entre les deux mondes	6 3 [(E),(é)], 1[(P),(p)], 1[(M),(m)], 1 [(P),(o)]	8 6 [(E),(é)], 1 [(M),(m)] 1 [(P),(é)]	7 4 [(E),(é)], 1 [(M),(m)], 1 [(E),(o)], 1 [(P),(p)]

On constate que sur les 70 réponses, 14 (20%) se situent dans le monde perceptible, 35 (50%) dans le monde reconstruit et 21 (30%) établissent une relation entre les deux mondes. Bien que la « bonne » classe utilise à elle seule le monde reconstruit plus que les deux autres classes réunies, tous les types de réponses apparaissent dans les trois classes.

Exemples :

[(E),(é)] : TV<sub>C</sub> : « lorsque l'on chauffe, on obtient de la vapeur d'eau ». On doit effectivement catégoriser une telle production [(E),(é)] car l'élève chauffe un mélange d'alcool et d'acide, ce qui est un événement perceptible (E), concernant les objets perceptibles que sont les liquides identifiés comme alcool et acide par les étiquettes apposées sur les flacons. Les élèves relient ce chauffage à l'obtention de vapeur d'eau, ce qui correspond à une reconstruction qui les conduit à décider que le petit brouillard observés dans la colonne de Vigreux est, de leur point de vue, de la vapeur d'eau<sup>18</sup>.

[(é)] : rencontré plusieurs fois « ...une réaction entre l'acide et l'alcool qui a donné une nouvelle espèce chimique synthétique ».

[(P),(o)] : CG<sub>a</sub> « le sulfate de cuivre est bleu donc il y a de l'eau » ; « être bleu » est une propriété perceptible du sulfate de cuivre et « il y a de l'eau », sachant qu'il s'agit de l'eau contenue dans un mélange, est donc non perceptible c'est-à-dire reconstruite. Nous avons constaté dans ce travail et dans d'autres travaux que les élèves qui établissent des relations entre les deux mondes utilisent presque toujours deux sous-domaines de même nature. Cela se traduit dans les tableaux par [(O),(o)], [(P),(p)] ou [(E),(é)]. Ce cas [(P),(o)] est rare.

## Conclusion

Ces résultats montrent que lors de la réflexion organisée pendant un TP, les élèves mettent en jeu une variété plus grande d'arguments que lors d'une vidéo. Cette variété peut être due à deux principales causes : le temps dont dispose l'élève pour développer son argumentation, et la richesse du contact avec les véritables objets de la chimie, comparé à l'utilisation de la seule vidéo.

Dans le cas de la vidéo, l'argument reconstruit de l'apparition d'une nouvelle espèce chimique pour évoquer la présence de la réaction chimique est peu utilisé. Il l'est un peu plus lors du TP. Les élèves fournissent surtout des arguments de type perceptible, qu'ils soient ou non acceptables d'un pur point de vue de la chimie.

## Références

<sup>17</sup> N est le nombre de comptes rendus récupérés, qui correspond approximativement à la moitié du nombre d'élèves de la classe, les élèves travaillant en binôme et ne remplissant qu'un compte rendu pour deux. Les nombres dans le tableau correspondent aux nombres d'occurrences de chaque catégorie repérée dans le compte rendu. Il peut dépasser le nombre de comptes rendus, car la réponse d'un élève peut fournir des informations qui appartiennent à plusieurs catégories.

<sup>18</sup> Ce petit brouillard n'est bien évidemment pas de l'eau mais un mélange des différents constituants du liquide (loi de Raoult). Dire que c'est de l'eau est une reconstruction au sens de notre cadre théorique.

- Johnstone A.H. (1993) *The development of Chemistry Teaching, a Changing Response to Change Demand*. J. Chem. Educ. **70**, p.701-705.
- Laugier A., Dumon A. (2000) *Travaux pratiques en chimie et représentation de la réaction chimique par l'équation-bilan dans les registres macroscopique et microscopique : une étude en classe de seconde (15 – 16 ans)*. Chemistry Education Research and Practice in Europe, **1**, p.61-75.
- Le Maréchal J.-F. (1999a) *Modeling Student's Cognitive Activity During The Resolution of Problems Based on Experimental Facts in Chemical Education*. Practical Work in Science Education, Copenhagen, p. 195-209.
- Le Maréchal J.-F. (1999b) *Design of Chemistry Labwork Activities Aiming at Teaching Basic Chemical Concepts*. Fourth European Science Education Summer School. Marly le Roi, 1998 p.68-80.
- Tiberghien A. (1994) *Modeling as a basis for analyzing teaching – learning situations*. Learning and Instruction **4**, p.71-87.
- Solomonidou C., Stavridou H. (1994) *Les transformations des substances, enjeu de l'enseignement de la réaction chimique*. » Aster **18**, p.75-95.

### Annexe

(Questionnaire donné aux élèves de collège comme base du débat relatif à la vidéo.)

- 1) a) Combien de composés chimiques interviennent-ils au cours de cette vidéo ?  
b) Donner leur nom.
- 2) Quelques gouttes du contenu du tube de gauche (l'acide) ont été mises sur du sulfate de cuivre anhydre.  
a) Qu'avez-vous constaté ?  
b) Que pouvez-vous en déduire ?
- 3) On a effectué de même pour le contenu du tube de droite (l'alcool).  
a) Qu'avez-vous constaté ?  
b) Que pouvez-vous en déduire ?
- 4) Lors du mélange du contenu des deux tubes, c'est-à-dire l'acide et l'alcool, le mélange reste homogène. Expliquer ce que cela veut dire.
- 5) Décrire ce que l'on a fait ensuite.  
a) Qu'avez-vous constaté ?  
b) Que pouvez-vous en déduire ?
- 6) a) Combien de réactions chimiques ont été mises en jeu au cours de cette vidéo ?  
b) Les décrire le plus simplement possible.