

Influence de la nature du texte d'un film de chimie sur son utilisation par un apprenant

**Influence of the nature of the narration
of a chemical education movie
on its use by students**

**Influencia de la naturaleza del comentario
de una película documental de ciencias químicas
sobre su utilización por un estudiante**

**Einfluss der Natur des Kommentars
eines Chemielehrfilms über seinen Gebrauch
durch die Lerner**

Bülent Pekdağ et Jean-François Le Maréchal

UMR Interactions corpus apprentissages et représentations (ICAR)
(CNRS, ENS-LSH, ENS Lyon, INRP, université Lyon 2)
École normale supérieure de Lyon
46, allée d'Italie, 69364 Lyon cedex 07, France
bulentpekdag@yahoo.fr
lemarech@ens-lyon.fr

Résumé

Ce travail permet de déterminer l'influence des commentaires accompagnant les images de films de chimie sur le fonctionnement des élèves et sur la construction de liens entre les concepts nécessaires à la réponse à des

questions portant sur le thème des acides et des bases. Des films possédant deux sortes de commentaires d'accompagnement ont été utilisés par 12 élèves de première scientifique lors de la construction de leurs réponses écrites. Nous avons trouvé que dans leurs réponses, les élèves utilisent mieux et plus fréquemment un certain type de commentaires dont les caractéristiques sont analysées.

Mots clés : film, chimie, connaissances, perceptible, reconstruit, image, commentaire d'accompagnement.

Abstract

This paper deals with how the accompanying text to an educational film on chemistry influences a pupil's means of acquiring the notions necessary for answering questions on acids and bases. Films with two specific narration types were consulted by twelve pupils aged 16-17. Analysis of the pupils steps using flow charts showed that they most frequently cited the film narrative's very words and/or images in their written answers. Interpretation of the images or re-use of the ideas in the films was however more limited. The study shows that certain narration types lead pupils to use film content more effectively and readily. Characteristics of such types were thus analysed in terms of the knowledge categories involved.

Keywords: educational films on chemistry, knowledge categories, perceptible, reconstructed, film images, the film narrative.

Resumen

Este estudio permite determinar la influencia de los comentarios que acompañan las imágenes de películas documentales de química sobre el funcionamiento de los alumnos y sobre la construcción de vínculos entre los conceptos necesarios a la respuesta de preguntas en relación con el tema de los ácidos y las bases. Películas documentales acompañadas de dos tipos de comentarios han sido utilizadas con 12 alumnos de 1º de Bachillerato opción Científica en el momento de la elaboración de sus respuestas por escrito. Nos ha parecido que, en sus respuestas, los alumnos utilizan mejor y con más frecuencia cierto tipo de comentario cuyas características analizamos aquí.

Palabras clave: película documental, química, conocimientos, percible, reconstruido, imagen, comentario de acompañamiento.

Zusammenfassung

Diese Arbeit ermöglicht es, den Einfluss zu bestimmen, den die die Bilder von Chemielehrfilmen begleitenden Kommentare auf die Arbeitsweise der

Schüler und auf den Bau von Verbindungen zwischen den zur Beantwortung von Fragen über das Thema der Säuren und Laugen notwendigen Begriffe ausüben können. Lehrfilme mit zwei Arten von didaktischen Begleitkommentaren wurden von 12 Schülern der 11. Klasse des naturwissenschaftlichen Zweiges bei der Abfassung ihrer schriftlichen Antworten benutzt. Wir haben herausgefunden, dass die Schüler in ihren Antworten einen bestimmten Typ von Kommentaren besser und häufiger benutzten und wir haben die typischen Merkmale dieser Kommentare untersucht.

Schlüsselwörter: *Lehrfilm, Chemie, Kenntnisse, wahrnehmbar, rekonstruiert und wieder aufgebaut, Bilder eines Films, didaktischer Begleitkommentar.*

1. INTRODUCTION

L'utilisation de films de chimie à visée didactique souffre d'une contradiction surprenante puisque bien qu'utilisés depuis longtemps en situation scolaire ou universitaire (Slabaugh & Hatch, 1958 ; Pekdağ & Le Maréchal, 2005a, soumis) peu de travaux de recherche décrivent l'analyse de leur contenu (Jacquinot, 1977, p. 21 ; Aumont & Marie, 1988) ou le fonctionnement cognitif des élèves qui les regardent (Pekdağ, 2005). L'enjeu est pourtant important puisque les fonctions de répétition, de stockage et de démultiplication de l'information contenue dans un film en font un auxiliaire pédagogique précieux (Jacquinot, 1977, p. 152). De plus, dans le contexte de la chimie la possibilité d'utiliser un film permet de mieux montrer ce qui se passe lors d'une réaction à l'aide de gros plans (Jacobsen & Moore, 1997), de pouvoir revoir *ad libitum* le phénomène intéressant (Smith, 1974), de montrer des réactions dangereuses, coûteuses ou délicates (Fortman & Battino, 1990). Une question relative à la sonorisation des images se pose : quel commentaire doit accompagner les images et quel effet produit-il sur la mémorisation ou la réutilisation des informations présentes dans un film ? La question ne semble même n'avoir jamais été posée, peut-être à cause de la difficulté de mettre en œuvre une méthodologie de recherche adaptée (Tricot, 1993). Nous avons exploré de telles questions dans un cadre constructiviste (Lavery & McGarvey, 1991 ; Duit & Treagust, 1998) en posant des questions à des élèves qui utilisent une banque de films de chimie. Nous allons voir dans cet article comment ces élèves utilisent des films dans le contexte d'une expérimentation hors classe d'élèves de première S dans le domaine des acides et des bases en chimie.

2. CADRE THÉORIQUE

Notre approche didactique de la manière dont les élèves utilisent un film nous a conduits à articuler deux axes théoriques, l'un relatif à la catégorisation des connaissances que l'on peut faire intervenir dans un film de chimie, et l'autre sur la façon dont des élèves peuvent utiliser ses connaissances.

2.1. Catégorisation des connaissances en chimie

Selon une approche constructiviste largement partagée, les élèves s'approprient les concepts de la physique ou de la chimie à partir d'une activité de modélisation, c'est-à-dire s'ils mettent en relation différents types de connaissances : celles relatives aux objets et celles relatives aux modèles (Tiberghien, 1994). En chimie, il est approprié de distinguer, au sein des modèles, les connaissances relatives aux atomes, aux molécules, etc. ; ces derniers ont un statut d'objets appelés ici objets reconstruits, par oppositions aux objets perceptibles. Ainsi, notre catégorisation des connaissances considère les objets, les événements et les propriétés du monde perceptible séparément de ceux du monde reconstruit (Le Maréchal, 1999 ; Pekdağ & Le Maréchal, 2003a). Une réaction chimique, par exemple, sera un événement reconstruit et la faculté que possède une molécule de libérer un ion H^+ sera une propriété reconstruite. Nous avons fait le choix de décrire, avec ces catégories, les informations présentes dans un film et les connaissances que l'on repère dans les interactions entre apprenants. L'intérêt d'une telle description apparaît dans l'écriture des commentaires des films qui peuvent emprunter un vocabulaire de type plutôt « perceptible » ou plutôt « reconstruit ».

La catégorie des éléments liés au monde perceptible comprend les objets, les événements et les propriétés associés à des observations dans des situations expérimentales ou des situations de la vie quotidienne. Dans le cadre de la chimie, ces objets sont les liquides manipulés, la verrerie, etc. Les *objets perceptibles* peuvent être décrits par une relation entre un signifié, un signifiant, et une référence (Vergnaud, 1990). Les *événements perceptibles* correspondent à ce qui arrive aux objets perceptibles, comme le tube chauffé ou le liquide qui change de couleur. Les propriétés perceptibles aident à décrire ce qui est observé ; par exemple la couleur, le fait qu'un objet soit froid ou chaud...

La catégorie liée au monde reconstruit est produite par l'activité cognitive des chimistes qui décrivent la matière et ses transformations à l'aide d'un monde microscopique ou avec des concepts macroscopiques tels que corps pur, gaz parfait, etc. Cette catégorie de connaissances est structurable comme le monde perceptible. Elle comprend les objets, les événements et les propriétés associées à des interprétations, à des explications ou à des

prédictions d'une personne à propos de ce qu'elle a observé dans des situations expérimentales.

- Les *objets reconstruits* sont les « objets » qui ont un signifié et un signifiant, mais pas de référent concret empirique (Sallaberry, 2000). Une molécule, par exemple, est un objet reconstruit. Son signifié peut être défini comme la sous-division ultime d'une substance qu'elle représente. Un signifiant peut être sa formule, une fonction d'onde, etc. En revanche, il n'y a pas de référent concret empirique qui montre cette molécule. De tels objets appartiennent à des modèles, mais, à l'instar des chimistes, il nous a semblé pertinent pour notre étude de leur donner un statut d'objet.

- Les *événements reconstruits* correspondent à ce qui arrive aux objets reconstruits. La déformation ou la dissociation d'une molécule sont des événements reconstruits.

- On peut considérer les *propriétés* des objets et des événements reconstruits, ce qui constitue une autre catégorie de connaissance comme par exemple : l'objet reconstruit « molécule d'ammoniac » est constitué de quatre atomes, l'événement reconstruit « transfert d'ion H^+ » est réversible, etc.

2.2. Modes de fonctionnement des élèves

Un certain nombre de modes de fonctionnement des élèves utilisant des sources d'information a déjà été décrit :

- *Utilisation des mots des commentaires et des images des films.*

L'utilisation de type « copier-coller » (Roussey et al., 2001) ou par prises de notes (Kiewra et al., 1991) d'informations d'un texte ou plus largement d'un hypermédia a déjà été décrite. La construction de la méthodologie prendra en compte cette possibilité afin de minimiser le fonctionnement en copier-coller décrit comme favorisant peu l'apprentissage (Le Diouris, 2000) et de permettre la prises de note qui semble au contraire un facteur favorable.

- *Interprétation des images des films.*

Selon Joly (1994), « une image peut fournir un grand nombre (poly) d'informations (sémies) visuelles. Ainsi, elle va avoir de multiples significations et se prêter à de multiples interprétations (p. 81) ». Peraya (1994) considère que chaque élément de l'image peut jouer un rôle déterminant dans la formation des trajets associatifs qui constituent son sens global, et c'est sans doute là l'origine de la polysémie de l'image. Cette dernière apparaît comme un signe « vide » que le lecteur peut remplir à sa guise parce qu'elle est une simple projection subjective, elle supporte et même favorise l'ambiguïté. Autrement dit, la polysémie naît de la richesse des parcours associatifs que génère le lecteur. Nous avons donc considéré qu'interpréter les images d'un film de chimie, en leur donnant un sens personnel, était un mode possible de fonctionnement des élèves.

3. QUESTIONS ET HYPOTHÈSE DE RECHERCHE

Nous avons cherché à comprendre comment des élèves utilisent des films de chimie lorsqu'ils sont questionnés. Nous nous sommes ainsi intéressés aux questions suivantes :

- a) Quelle trace de l'utilisation des films trouve-t-on dans la réponse à une question posée aux élèves ?
- b) Peut-on décrire le fonctionnement des élèves qui disposent d'une banque de films pour répondre à des questions de chimie avec les seuls modes : utiliser les mots du commentaire du film ; utiliser l'image du film, interpréter l'image du film, utiliser l'idée du film, ou sans utiliser le film ?
- c) Quelle est l'influence du caractère perceptible (P) ou reconstruit (R) des commentaires d'un film sur le fonctionnement des élèves et sur leurs réponses aux questions posées par la tâche ?

Pour répondre à ces questions de recherche, nous formulons l'hypothèse que les paramètres didactiques essentiels pour le fonctionnement cognitif d'un apprenant qui consulte un film sont, d'une part la façon dont les connaissances sont représentées dans le film (par les images et dans les commentaires) et, d'autre part, les relations entre ces connaissances.

4. MÉTHODOLOGIE

La méthodologie présente la méthode de recueil des données puis décrit leur analyse.

4.1. Méthode de recueil des données

Pour répondre aux questions de recherche, nous avons construit deux banques de films qui ont été structurés au sein de ce que nous allons appeler un hyperfilm (l'un R l'autre P) et conçu une situation qui les met en jeu.

Type de films et structure de l'hyperfilm

Différents types de films à visées didactiques utilisés en télévision scolaire ont été décrits par Jacquinet (1977) qui distingue les documentaires (ils informent plus qu'ils n'instruisent), les films scientifiques et techniques (où « l'intention didactique disparaît le plus souvent sous la spécialisation du contenu »), les classes filmées, les émissions débats ou table ronde, les films d'expérience, les dramatisations, les reconstitutions fictionnelles (historiques, imaginaires...), etc. Les films considérés dans cette énumération délivrent un message plus riche et plus structuré que chacun des films que nous avons

réalisé. L'originalité de nos hyperfilms tient à l'articulation de films courts (1 à 4 min – voir Annexe I) traitant chacun d'une idée soit sous forme d'expérience de laboratoire, d'illustration d'un concept, d'animation montrant la représentation à l'échelle microscopique d'un événement reconstruit, etc. La structure de l'hypermédia laisse l'utilisateur articuler ces films suivant ses besoins et à son rythme.

Du point de vue de sa structure, l'hyperfilm est constitué de deux dispositifs d'accès aux films : (i) soit par une série de liens permettant de trouver un film par une suite de thèmes (acides / bases / couples acide-base), de sous-thèmes et de sous-sous-thèmes (voir Annexe II) ; (ii) soit par un lien relatif à un des concepts mis en jeu dans un film. Dans le second cas, des liens sont proposés sur la même page écran qu'un film. Chacun de ces liens porte le nom d'un des concepts présents dans ce film et renvoie à la liste des films qui utilisent également ce concept. Le choix d'un film est donc dans ce cas guidé d'abord par un concept sur lequel on s'interroge puis par des noms de films (Pekdağ & Le Maréchal, 2003b). Lors de l'utilisation d'un hyperfilm, toutes les fonctions habituelles d'un magnétoscope (pause, arrêt, retour au début, etc.) restent accessibles quand un film est consulté.

Les films et leur commentaire

Nous avons réalisé 34 petits films sur les acides et les bases et, pour 26 d'entre eux, deux versions du commentaire d'accompagnement ont été superposées aux images (voir la liste des films en Annexe I). Une version met l'accent sur la description de ce qui se voit à l'écran en utilisant un vocabulaire qui fait appel à des connaissances du monde perceptible (version P – voir figure 1). L'autre, que nous appelons version R, utilise autant que faire se peut un vocabulaire du monde reconstruit. Les commentaires accompagnant les images des films sont donc associés à des caractères plutôt perceptibles ou plutôt reconstruits suivant la version de l'hyperfilm. Nous étudions dans la suite l'influence de cette variable sur les réponses des élèves. Il n'a que rarement été possible de produire un commentaire utilisant des termes associés seulement à des connaissances de type perceptible (resp. seulement reconstruite), d'où la précaution « plutôt perceptible », ou « plutôt reconstruit » contenue dans l'abréviation P ou R. De plus, cette dernière concerne les commentaires et non les images (voir Annexe III pour un exemple analysé). Nous n'avons pas fait apparaître le commentaire du film sur l'écran pour éviter que les élèves ne soient tentés de le recopier et ainsi forcer à la prise de note (Kiewra *et al.*, 1991).

Il en a résulté la production de deux hypermédiats, appelés *hyperfilms*, contenant chacun 34 films (8 au commentaire commun et 26 P ou R). Ce néologisme que nous avons introduit au début de ce projet de recherche (Pekdağ & Le Maréchal, 2003b) est également utilisé sous la forme *hypermovie* dans la littérature (Melzer *et al.*, 2004).

Certains films, par leur titre ou leur contenu, évoquent superficiellement le thème des acides et des bases bien qu'ils relèvent de notions éloignées. C'est le cas des films 31 et 32 impliquant les réactions d'acides sur le magnésium et sur le zinc respectivement qui mettent en jeu des propriétés d'oxydoréduction et non d'acidobasicité. D'autres films avaient au contraire des titres éloignés des présentations acidobasiques classiques comme les numéros 12 sur l'évaporation de l'eau, 29 sur la pollution de l'air et 33 sur la respiration mais évoquaient effectivement des concepts utiles à la compréhension de réactions acidobasiques. La présence de ces films était nécessaire pour une utilisation de l'hyperfilm liée à une recherche de l'étude du choix d'un film et n'est pas développée ici (Pekdağ & Le Maréchal, 2005b ; 2005c).

Les films et leurs images

Avec une écriture filmique sobre, nos films traitent avec un petit nombre de plans d'une unique scène, voire de deux en oppositions. Différents styles ont été utilisés, essentiellement vidéos, diaporamas et animations, mais toujours avec une organisation linéaire du scénario. En dehors du commentaire du film, ni bruit ni musique n'interviennent sauf occasionnellement pour de fugitifs bruits d'expériences de laboratoire.

- Les vidéos permettent de montrer un objet ou un événement perceptible telle une expérience de chimie. Les plans, souvent longs, se succèdent alors, alternant une vue d'ensemble, plans moyens et gros plans (Annexe IV). Ces derniers permettent d'attirer l'attention sur un dégagement gazeux, un changement de couleur, l'évolution d'une valeur sur un appareil de mesure, etc. Un faible angle de plongée permet de restituer la vision habituelle que l'on a des objets de laboratoire posés sur une paillasse et les mouvements de caméra sont absents. Dans le cas d'une expérience, l'évolution du temps est montrée par une succession de plans montrant l'événement étudié à différents instants.
- Les animations sont précieuses pour représenter le monde reconstruit.
- Les diaporamas permettent de montrer des données (tableau, photo, etc.).

Le montage des films a été réalisé en ajustant la longueur des plans à celle des commentaires dont l'importance est essentielle dans notre étude. Des incrustations de textes sous forme de quelques mots ou symboles ont été réalisées quand elles permettaient d'éclairer la compréhension des images, par exemple en identifiant des objets ou des systèmes chimiques.

Exemple de films P et R

Une animation basée sur l'image de la Fig. 1 représentait la dissociation des molécules HCl dans l'eau. Deux commentaires ont été rédigés pour accompagner ce passage, l'un P, utilise les termes d'assemblages de boules

vertes et blanches et l'autre R qui décrit la même animation en termes de molécules HCl et d'ions H^+ et Cl^- . On notera que bien que l'image évoque des objets reconstruits, puisqu'il s'agit du point de vue de la chimie d'ions en solution, ce qui importe pour l'analyse R/P se base sur les termes utilisés dans le commentaire du film.

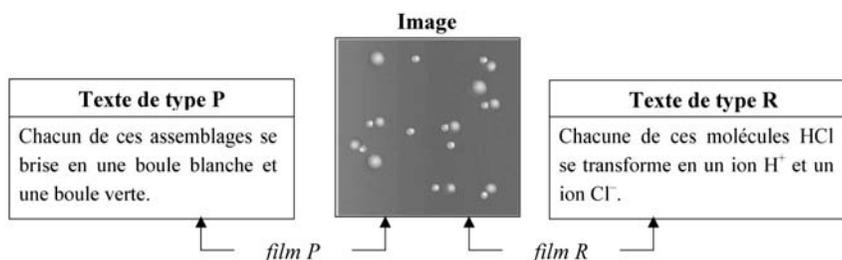


Figure 1 • Extrait du film n° 9 : Dissociation – animation microscopique (versions P et R)

Échantillon d'élèves

Douze élèves de première scientifique (16-17 ans) ont été impliqués dans cette expérimentation basée sur l'acidobasicité. Leurs connaissances de ce domaine de la chimie reposaient principalement sur l'enseignement reçu en classe quelques mois auparavant dans le cadre normal du programme de première scientifique. Leur nom a été transformé.

Ces élèves ont été mis par binôme devant un hyperfilm (P ou R). Après un court apprentissage de l'utilisation de l'hyperfilm par le chercheur, les élèves ont eu toute liberté de naviguer dans l'hyperfilm. Trois binômes ont travaillé avec l'hyperfilm P et autant avec le R. Une série de questions (voir le texte de la tâche en Annexe V) a incité les élèves à consulter certains films pour en retirer des informations nécessaires à leurs réponses. Le choix des films et le rythme d'utilisation des boutons lecture/pause ont été laissés à l'appréciation des élèves afin d'optimiser leur compréhension des notions abordées (Astolfi, 1989). Les binômes d'élèves ont été filmés de manière à voir l'écran de l'ordinateur. Leurs productions écrites ont été ramassées puis exploitées pour comprendre comment les élèves utilisent les films.

Questions posées aux élèves

Onze questions (liste en Annexe V) ont été posées aux élèves en même temps que leur était présenté l'hyperfilm. Elles avaient un caractère général et leurs réponses, bien que non directement présentes dans les films, pouvaient être étayées par des informations présentes dans les images

ou leurs commentaires. En partie II de la tâche, la question nécessitait l'analyse des événements qui se déroulent pendant un film. Il pouvait y être répondu soit par une connaissance fine des notions sur les réactions acido-basiques que les élèves étaient susceptibles de connaître grâce à l'enseignement qu'ils avaient reçu, soit à partir d'informations présentes par ailleurs dans l'hyperfilm.

4.2. Méthode d'analyse

Flow maps

Nous avons basé l'analyse des réponses écrites sur une technique apparentée aux *flow maps*, littéralement : carte du flux (du vocabulaire/des idées). De telles cartes permettent de représenter l'enchaînement du vocabulaire présent dans un récit avec leurs relations (Anderson & Demetrius, 1993). Dans notre cas, pour chaque question soumise aux élèves, une *flow map* a été construite a priori à partir du savoir enseigné. Elle a été augmentée des termes trouvés dans les réponses écrites des élèves que notre analyse *a priori* n'avait pas anticipé. Le savoir enseigné considéré a été celui présent dans le programme officiel et dans le manuel utilisé par les élèves (Micromega®, 2001). Chaque enchaînement de termes trouvé dans les réponses de ces derniers est traduit par un lien dans la carte et a été arbitrairement numéroté par commodité. Par construction, ces cartes rassemblent donc tous les termes et leurs relations que les élèves peuvent produire dans leurs réponses. On y trouve donc bien plus que la ou les réponses possibles.

Par exemple, la figure 2 montre la *flow map* construite pour la question « *L'éthanoate de sodium (ou acétate de sodium) est une poudre blanche soluble dans l'eau. Que signifie cette phrase pour vous ?* ». Une réponse acceptable à cette question pourrait être : « L'éthanoate de sodium introduit dans l'eau s'y dissout en donnant une solution aqueuse ionique ». Elle utiliserait les liens 3a, 3b, 7 et 10, mais plus d'informations pourraient être données dans la réponse s'il était fait référence à la réaction chimique de dissolution, aux formules des ions, etc. Notre intérêt pour ce type d'analyse résulte dans la possibilité de dénombrer les informations éventuellement trouvées dans les films consultés par les élèves, en ne conservant que celles qui s'articulent dans le cadre de la réponse attendue, et qui par là prennent sens. En effet, par rapport aux traditionnelles cartes conceptuelles fournissant des réseaux sémantiques qui se veulent transposables d'un contexte à un autre (Novak, 1984, 1990 ; Wandersee, 1990 ; Jacobi *et al.*, 1994) ; les *flow maps* conservent la trace de l'organisation des idées dans le discours étudié (Anderson *et al.*, 2001).

Présentation de la grille d'analyse de l'utilisation des films

Une grille d'analyse (tableau 1) a également été utilisée pour analyser les réponses écrites des douze élèves dans le cas de chaque question de la tâche. Le contenu des colonnes du tableau est décrit ci-dessous. Comme il n'est pas simple de donner une définition générale d'une unité d'utilisation du film, nous avons listé des différents types d'utilisation au sein de chacun desquels il est possible de comprendre comment on peut les dénombrer.

1. La première colonne de cette grille indique les noms des élèves qui répondent à une question posée.

2. La deuxième colonne reprend leurs productions écrites.

3. La troisième colonne indique le type d'utilisation du film par les élèves lors de leur réponse :

- *Utilisation de mots du commentaire du film* – Ces mots sont en gras dans le tableau 1. On comptabilise chaque phrase utilisée d'un film comme une connaissance.

- *Utilisation de l'image du film* – Il s'agit de l'utilisation par l'élève d'une information avec la même représentation sémiotique (Duval, 1995) que celle de l'image du film (langage naturel/mots, représentations iconiques/boules, représentations symboliques/formules chimiques ou équations chimiques). Les informations utilisées par les élèves sont en italique dans notre grille d'analyse.

- *Interprétation de l'image du film* – Un tel fonctionnement a été décrété quand l'élève donne du sens à l'image du film en utilisant des mots différents de ceux du commentaire du film. Elle est repérée par un souligné dans le tableau 3.

- *Utilisation de l'idée du film* – Cela correspond à l'utilisation par l'élève d'une idée du film dans un nouveau contexte et avec des nouveaux mots.

- *Sans utilisation du film* – Cela correspond à la construction d'une réponse écrite à partir des connaissances préalables des élèves, non présentes dans les films consultés.

4. Dans la quatrième colonne, le type du film duquel l'élève utilise une information dans sa production écrite est présent : film dont le commentaire utilise plus particulièrement des termes du monde perceptible (respect. reconstruit), FP (respect. FR), et film dont il n'existe qu'un commentaire commun, FC. Cela contribue à répondre à une de nos questions de recherche sur la relation entre la nature P/R d'un film et son utilisation.

5. La cinquième colonne indique le numéro de lien des *flow maps*.

6. La sixième colonne indique le nombre L de liens apparus. Pour tenter de comprendre l'influence des films sur le fonctionnement cognitif des élèves, nous avons relevé les relations entre les films consultés par les élèves et les liens apparus entre les termes utilisés. Nous avons pour cela utilisé dans cette colonne les codes suivants :

- L_m : L est un nombre de lien et m indique qu'ils sont construits par « *utilisation de mots du commentaire du film* ».

- *Li* : *L* liens sont construits par « utilisation de l'image du film ».
- *Ln* : *L* liens sont construits par « interprétation de l'image du film ».
- *Ld* : *L* liens sont construits par « utilisation de l'idée du film ».
- *Ls* : *L* liens sont construits « sans utilisation du film ».

De plus, si un lien est construit par l'élève en utilisant deux types de réponse on reporte dans la 6^e colonne, par exemple, *0,5m + 0,5i* qui signifie « utilisation des mots du commentaire » et « utilisation de l'image du film ».

7. Dans la dernière colonne, nous avons indiqué, le cas échéant, le cas échéant, le concept utilisé par l'élève et celui que nous avons considéré comme sémantiquement proche, présent dans le commentaire accompagnant le film.

Exemples d'utilisation de la méthode d'analyse

Les exemples fournis ci-dessous illustrent (1) un cas d'utilisation du commentaire d'un film, puis (2) d'une image du film et enfin (3) d'interprétation d'une image. Une telle dichotomie entre le commentaire et l'image est justifiée par le fait qu'il semble acquis que l'être humain possède des systèmes distincts de traitement de l'information visuelle et verbale (Paivio, 1986 ; Clark & Paivio, 1991 ; Baddeley, 1992, 1998).

• Exemple d'analyse d'une utilisation du commentaire d'un film

Le tableau 1 donne l'exemple de l'analyse de la question 1 de la partie I : « *L'éthanoate de sodium (ou acétate de sodium) est une poudre blanche soluble dans l'eau. Que signifie cette phrase pour vous ?* ».

Binôme	Réponse écrite	Fonct. des élèves	Type de film	Liens de la flow map	Nombre de liens	Différences
Marie – Barthélemy	L'éthanoate de sodium peut se mélanger à l'eau	sans utiliser le film	—	3a ; 3b	2s	se mélanger / se dissoudre
Pascal – Ahlem	L'éthanoate de sodium se dissout dans l'eau. Donc au contact de l'eau, une nouvelle espèce chimique est formée (<i>avant de voir le film</i>). Lors de la dissolution, des nouveaux ions sont formés. Donc la solution formée est ionique (<i>après avoir vu le film</i>).	utilisation des mots du commentaire du film 22	R	3a ; 3b ; 4 ; 10	2s + 2m soit 4 liens	formation d'ions / réaction chimique solution / solution aqueuse

Tableau 1 • Exemples d'utilisation de la grille d'analyse dans le cas de la question « *L'éthanoate de sodium (ou acétate de sodium) est une poudre blanche soluble dans l'eau. Que signifie cette phrase pour vous ?* ». On note qu'une partie de la réponse a été écrite avant de consulter un film et une autre après.

Le tableau 1 indique que Marie et Barthélemy ont construit deux liens (3a et 3b) de la *flow map* (voir Fig. 2) sans utiliser de film (2s). Il indique

également que Pascal et Ahlem ont construit les liens 3a et 3b sans utiliser le film (2s), ainsi que les liens 4 et 10 de cette *flow map* en utilisant les mots qui se trouvent dans le commentaire du film n° 22 (2m).

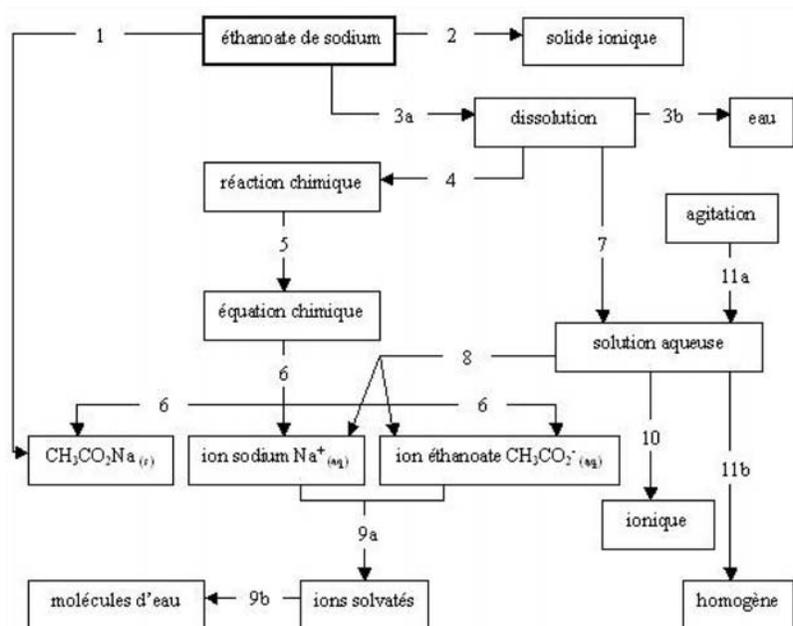


Figure 2 • *Flow map* relative à la question « L'éthanoate de sodium (ou acétate de sodium) est une poudre blanche soluble dans l'eau. Que signifie cette phrase pour vous ? »

• Exemple d'analyse d'une utilisation d'une image d'un film

L'exemple du tableau 2 concerne la question 2 de la partie I (Annexe V) : « Comment peut-on représenter ce qui se passe en solution quand on ajoute de l'éthanoate de sodium dans de l'eau pure ? ».

Binôme	Réponse écrite	Mode de fonctionnement des élèves	Type de film	Nombre de liens
Sylvain – Aurore		Utilisation des images des films 8 et 9	FP ; FP	01

Tableau 2 • Extrait d'une réponse d'élève et exemple d'analyse faisant apparaître l'utilisation d'une image d'un film. Aucun lien n'a été construit dans ce cas.

Sylvain et Aurore ont récupéré les représentations des molécules d'acide éthanoïque et d'eau présentes dans les images des films 8 et 9 (voir Annexe I) puis ils en ont fait une synthèse en utilisant les représentations de ces molécules à partir du scénario du film 9. La construction de leur réponse écrite a été ainsi réalisée en utilisant des images de ces films. En revanche, il n'y avait pas de relation entre cette réponse écrite et la réponse attendue. Ils n'ont donc construit aucun lien de la *flow map* concernant cette question (0).

• Exemple d'analyse d'une interprétation d'une image d'un film

L'exemple du tableau 3 concerne la question 1 de la partie III : « *Que veut dire "corrosif" pour vous ?* »

Binôme	Réponse écrite	Mode de fonctionnement des élèves	Type de film	Liens de la <i>flow map</i>	Nombre de liens
Adrien – Logan	« Corrosif » signifie que ça dégrade certaines matières comme la peau ou la cellulose du papier.	Utilisation des mots du commentaire du film 2 Interprétation des images du film 2	R	2a ; 2b ; 2d	$0,5m + 2,5n$ soit 3 liens

Tableau 3 • Extrait d'une réponse d'élève et exemple d'analyse faisant apparaître l'utilisation de mots du commentaire du film et l'interprétation d'images du film.

Trois liens (2a, 2b et 2d) de la *flow map* présentée figure 3 ont été construits par les élèves en utilisant des mots « *cellulose* », « *papier* » et « *peau* » présents dans le commentaire du film n° 2 *Acide corrosif* (lien 2d) et en interprétant les images de ce film (liens 2a et 2b). Les élèves ont donné un sens personnel à l'image de ce film en utilisant leurs propres mots : « *Corrosif* » signifie que ça dégrade certaines matières. Le commentaire du film ne contient ni le mot « *dégradation* » ni le mot « *matière* », mais il parle d'une réaction chimique entre un acide et les espèces chimiques présentes dans la peau. Ainsi, les liens 2a et 2b de cette *flow map* ont été construits en interprétant l'image du film.

• Commentaires sur ces exemples

Nous faisons l'hypothèse que la présence, dans les réponses écrites des élèves de mots tels que *peau*, *cellulose* ou *papier* présents dans les commentaires des films, indique que les élèves ont emprunté ces termes au film. Nous l'étayons par le fait que sur deux des six binômes, les interactions ont été transcrites et que de tels mots ne sont jamais apparus dans le vocabulaire des élèves avant que n'ait été consulté le film correspondant.

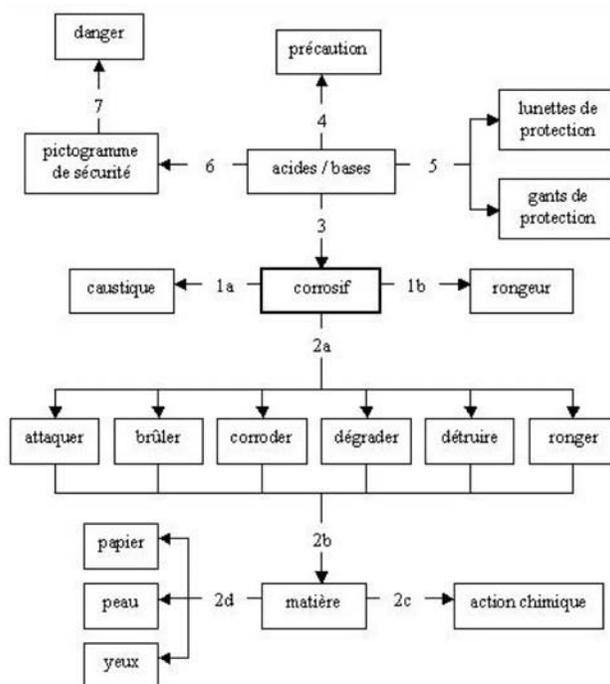


Figure 3 • *Flow map* relative à la question « *Que veut dire “corrosif” pour vous ?* »

5. RÉSULTATS ET DISCUSSION

Pour chaque question de la tâche nous avons présenté les résultats obtenus en utilisant un tableau semblable au tableau 4.

Binôme	Type de film	Nombre de liens construits par les élèves					Nombre total de liens construits	Nombre total de liens dans la <i>flow map</i>
		<i>Lm</i>	<i>Li</i>	<i>Ln</i>	<i>Ld</i>	<i>Ls</i>		
Adrien – Logan	FR	0					0	14
Annie – Margot	FR				0		0	
Elise – Florence	–					3	3	
Marie – Barthélémy	–					2	2	
Pascal – Ahlem	FR	2				2	4	
Sylvain – Aurore	FP	0				2	2	

Tableau 4 • Résultats obtenus dans le cas de la question « *L'éthanoate de sodium (ou acétate de sodium) est une poudre blanche soluble dans l'eau. Que signifie cette phrase pour vous ?* »

La valeur $Lm = 0$ pour Adrien et Logan correspond à une utilisation des mots du commentaire du film qui n'a permis de construire aucun lien de la *flow map* relative à la question posée. En effet, à la question « *L'éthanoate de sodium est une poudre blanche soluble dans l'eau. Que signifie cette phrase pour vous ?* », ils ont répondu par un extrait du film n° 8 R *Dissociation de HCl et CH₃CO₂H* : « *On peut penser que l'éthanoate de sodium libère un ion H⁺* » qui n'est pas appropriée pour cette réponse.

Les nombres d'utilisations de films et de liens construits par les 12 élèves se présentent comme sur la figure 4 et les tableaux 5 et 6 fournissent l'essentiel des données résultant de l'analyse. Un tableau plus complet est présenté dans l'annexe VI.

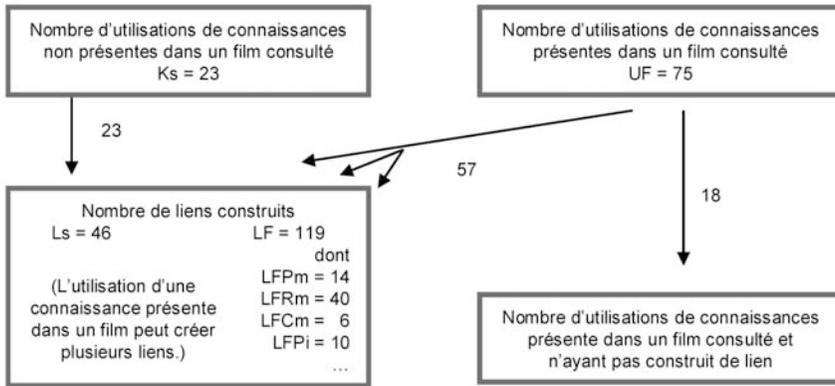


Figure 4 • **Synoptique de l'utilisation des connaissances utilisées pour répondre aux questions. Le nom des variables se décode ainsi : K = connaissance, U = utilisation, F = film, P = perceptible, R = reconstruit, C = commun, L = lien, s, m et i sont définis dans le paragraphe de présentation de la grille**

	<i>m</i>	<i>i</i>	<i>n</i>	<i>d</i>	<i>Total</i>
UFP ^c + UFP ⁿ	10 + 4	5 + 2	4 + 1	1 + 2	20 + 9 = 29
UFR ^c + UFR ⁿ	19 + 2	9 + 1	4 + 2	1 + 0	33 + 5 = 38
UFC ^c + UFC ⁿ	3 + 2	1 + 1	0 + 0	0 + 1	4 + 4 = 8
Total	32 + 8 = 40	15 + 4 = 19	8 + 3 = 11	2 + 3 = 5	57 + 18 = 75

Tableau 5 • **Nombres d'utilisations de connaissances (N= 75) présentes dans les films consultés qui permettent ou non de construire des liens. Dans chaque case, le premier nombre par exemple UFP^c = 10 est le nombre d'utilisations de connaissances qui conduit à la construction d'un lien, et le second, par exemple UFPⁿ = 4, n'a pas permis de construction. De plus, *m* = utilisation de mots du commentaire du film ; *i* = utilisation de l'image du film ; *n* = interprétation de l'image du film ; *d* = utilisation de l'idée du film ; *s* = sans utilisation du film.**

	<i>m</i>	<i>i</i>	<i>n</i>	<i>d</i>	Total
LFP	14	10	7	5	36
LFR	40	24	8	4	76
LFC	6	1	0	0	7
LS	–	–	–	–	46

Tableau 6 • Nombres L de liens construits (N= 165) par l'ensemble des élèves suivant le type P, R ou C d'un film consulté et suivant le mode (m, i, n, d) d'utilisation de l'information. Ls est le nombre de liens construits sans utiliser de connaissance présente dans un film consulté. De plus, *m* = utilisation de mots du commentaire du film ; *i* = utilisation de l'image du film ; *n* = interprétation de l'image du film ; *d* = utilisation de l'idée du film.

Les résultats des tableaux 5 et 6 sont discutés dans la suite de cette partie d'abord de façon globale puis ensuite de plus en plus détaillés.

5.1. Relation entre les nombres d'utilisations de films et les types de films

La figure 5 reprend les données du tableau 5 en regroupant celles relatives aux films P, R et C. Elle montre que les élèves utilisent plus de connaissances présentes dans les films consultés (UF = 75) que de connaissances non présentes dans un film consulté (Ks = 23, fig 4). Dans certains cas, il s'agit d'une réponse aux sollicitations des questions de la tâche (Annexe V), mais dans de nombreux cas, la consultation de films est spontanée. En plus, du fait qu'un contrat implicite gérait cette expérimentation utilisant un hyperfilm (et donc qu'il fallait bien s'en servir), on peut remarquer que (i) les questions étaient sciemment posées dans un style différent (plus ouvertes, admettant plusieurs réponses, sans calculs) de celles rencontrées habituellement dans les exercices scolaires et (ii) plusieurs mois s'étaient écoulés entre l'enseignement des acides et des bases en classe et cette expérimentation. Le besoin de réactiver ses connaissances sur ce thème était peut-être aussi grand que celui de trouver des informations pouvant permettre de répondre aux questions.

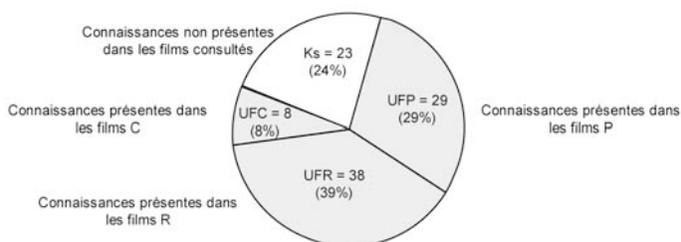


Figure 5 • Origine des N = 98 connaissances utilisées par les 12 élèves

Les films R sont plus utilisés que les films P : on retrouve en effet des formulations qui en sont issues dans 39 % des phrases analysées contre seulement 29 % dans le cas des films P. Les 39 % d'utilisation de films R correspondent à $21 + 10 + 6 + 1 = 38$ phrases sur 98 et les 29 % d'utilisation de films P à $14 + 7 + 5 + 3 = 29$ phrases. On peut s'interroger sur la signification qui peut être donnée à cette différence.

Outre le nombre modeste d'élèves ayant pris part à l'expérimentation, le choix des films est également un facteur d'influence de cette différence. En ce qui concerne les élèves, nous avons pris soin de choisir deux populations qui avaient le même profil (même niveau scolaire, même classe, même professeur). En ce qui concerne le choix des films, nous avons varié au mieux leur style et les sujets abordés (Annexe I).

Les 24 % seulement de réponses ($K_s = 23$ dans la figure 5) n'ayant pas utilisé les films sont en accord avec le fait que cette recherche a été positionnée après un enseignement sur le sujet et que les élèves n'avaient pas à découvrir le sujet des acides et des bases.

5.2. Relation entre les nombres de liens construits et l'utilisation des films

Les données des tableaux 5 et 6 montrent que non seulement les connaissances des films R sont plus utilisées, mais qu'elles sont impliquées dans une plus grande construction de liens (Fig.6a). En effet, il apparaît sur la figure 6a que 46 % des 165 liens établis dans les discours analysés l'ont été à partir des films R contre seulement 22 % dans le cas des films P. Les 46 % proviennent de $LFR = 40 + 24 + 8 + 4 = 76$, et les 22 % de $LFP = 14 + 10 + 7 + 5 = 36$.

A partir des données du tableau 5, nous avons obtenu la figure 6b. Elle montre que les phrases qui permettent la construction des liens sont plus présentes dans les films R ($UFR^c = 19 + 9 + 4 + 1 = 33$ sur 98 soit 34 %), que des films P ($UFP^c = 10 + 5 + 4 + 1 = 20$ sur 98 soit 20 %). On pourrait rétorquer à ces résultats que les questions posées requéraient des réponses de type R et non P. D'une part, il faut avoir présent à l'esprit que les films P et R véhiculent les mêmes idées (mêmes images et commentaires qui expriment les mêmes idées, mais avec des mots différents P vs. R – voir l'exemple de l'annexe III) et d'autre part, la figure 6b montre également qu'un plus grand nombre de phrases n'ayant pas permis de construire de lien (phrases incorrectes) proviennent des films P ($UFP^n = 4 + 2 + 1 + 2 = 9$ sur 29 soit 31 %) contre seulement 5 ($UFR^n = 2 + 1 + 2 + 0 = 5$) sur 38 pour les films R (13 %). Nous en concluons que les connaissances présentes dans les films R ont été plus et mieux utilisées que celles des films P.

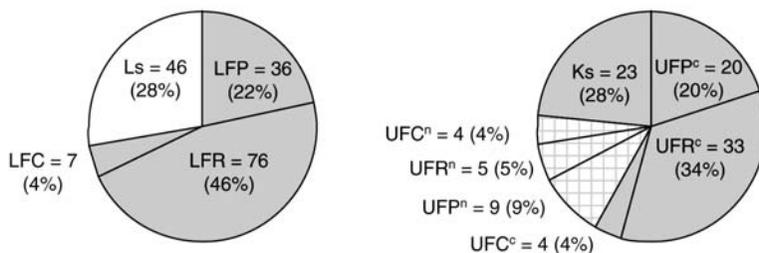


Figure 6 • (a) Nombres de liens construits par les 12 élèves avec (LFP, LFR, LFC) et sans (Ls) l'utilisation de films (N = 165, à gauche). (b) Nombres d'utilisations de films qui permettent (secteurs grisés) ou non (secteurs carrelés) de construire des liens (N = 98, à droite). Les noms de variables se décodent ainsi : L = lien, Ks = connaissances non présentes dans les films consultés, U = utilisation, F = film, P = perceptible, R = reconstruit, C = commun, l'exposant c = indique qu'il y a eu construction d'un lien et l'exposant n qu'il n'y en n'a pas eu.

5.3. Modes de fonctionnement des élèves

Le tableau 5 permet également de montrer que, pour répondre aux questions, les élèves utilisent majoritairement des mots des commentaires des films ($m = 40$ sur 75 soit 53 %), voir figure 7. Les images du film sont abondamment réutilisées ($i = 19$ sur 75 soit 25 %). L'interprétation des images du film (n) et la réutilisation des idées véhiculées (d) par le film est moins fréquente (15 % et 7 % resp.) sans être absente. La méthode utilisée pour cette recherche est partiellement responsable de ces types de fonctionnement. Les élèves commandaient l'avancement du film à leur rythme et avaient le temps de prendre des notes. Dans le cas d'une utilisation pilotée par un professeur en classe, les élèves ne pourraient pas mémoriser les phrases utilisées dans le commentaire du film, et devraient les reconstruire, ce que nous traduirions avec notre catégorie comme une utilisation des images ou des idées. Cette modalité d'utilisation du film que nous avons vue est donc susceptible d'apparaître dans d'autres utilisations de films que celles contraintes par notre méthode de recueil des données.

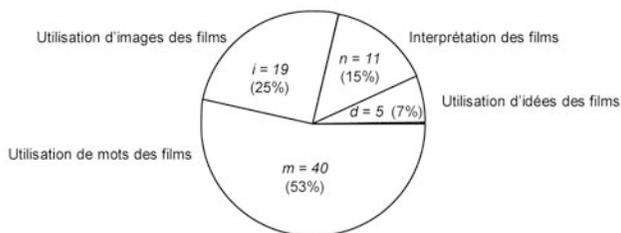


Figure 7 • Mode d'utilisation des films (N = 75)

5.4. Relation entre les réponses des élèves, les nombres d'utilisations de films et les liens construits

La question est ici de comprendre l'influence du caractère P ou R d'un film sur le processus de réponse aux questions posées, et plus précisément sur le nombre de liens qu'un film vu par les élèves permet de construire.

En prenant en compte les utilisations des mots des films (Tableaux 5 et 6) :

- 10 des 14 utilisations des films P ont permis de construire 14 liens.
- 19 des 21 utilisations des films R ont permis de construire 40 liens.

Cela apparaît dans les colonnes m du tableau 5 ($UFPm^c = 10$ et $UFPm^n = 4$) et du tableau 6 ($LFPm = 14$), et dans la ligne suivante ($UFRm^c = 19$ et $UFRm^n = 2$) et ($LFRm = 40$).

On constate de même, en prenant en compte les utilisations des images (i) des films :

- 5 des 7 utilisations des films P ($UFPi^c$) ont permis de construire $LFPi = 10$ liens.
- 9 des 10 utilisations des films R ($UFRi^c$) ont permis de construire $LFRi = 24$ liens.

Ces données permettent de penser que les connaissances reconstruites véhiculées par le commentaire d'un film permettent d'articuler ses images et son commentaire de façon plus efficace que des connaissances perceptibles. Ces dernières collent plus au commentaire et délivre un message qui ne lui est pas complémentaire. Un film R engendre donc probablement une meilleure construction de connaissances chez l'élève puisque l'important n'est pas de se limiter à apporter de l'information à l'élève, mais également de la lui faire manipuler d'une façon qui fasse sens (Mayer & Moreno, 2002).

6. IMPLICATION POUR L'ENSEIGNEMENT ET CONCLUSION

Ces résultats ont été obtenus en proposant la consultation de films de chimie à des élèves tout en leur posant des questions faisant essentiellement appel à des notions conceptuelles. Nous n'avons pas envisagé de questions mettant en jeu des applications numériques, des lois physico-chimiques, des mécanismes de chimie organique, etc. qui font également partie des questions que l'on rencontre pourtant dans l'enseignement de la chimie. L'équivalence entre les capacités à répondre à des questions et la compréhension conceptuelle de la chimie a d'ailleurs été réfutée (Nurrenbern & Pickering, 1987). Aucun algorithme (Bodner, 1987) n'était requis pour répondre aux questions posées. Nous nous sommes intéressés à détecter la trace de l'utilisation des films en cherchant à repérer les connaissances présentes dans les films et

celles utilisées par les élèves. Une part importante des connaissances apparaissant dans les réponses est présente dans les films. Nous pouvons donc dire avec confiance que la relation entre le film et le fonctionnement des élèves lors des réponses aux questions est forte puisque certaines connaissances utilisées sont des images des films dont les élèves n'ont pu disposer autrement. Il en est probablement de même pour les autres connaissances supportées, elles, par des mots dans les commentaires des films.

Les *flow maps* ont permis d'analyser finement les réponses des élèves et de discerner les connaissances qui s'intégraient à la réponse et celles qui n'apportaient rien au raisonnement. Sur cette base nous avons pu préciser leur origine probable et constater qu'une part importante provenait des films, pour la plupart des mots de leur commentaire. C'est une condition importante pour que leur nature P ou R ait une influence. Il est remarquable que les idées du film puissent également être réutilisables par les élèves car dans le cas d'une utilisation courante de films de chimie, par exemple quand le film défile sans pouvoir être interrompu, le commentaire est bien moins accessible à l'apprenant qui doit réutiliser les idées qu'il a pu capter. L'utilisation des films dont le commentaire est de nature plutôt reconstruite a permis aux élèves de construire plus de liens que les autres, et des liens plus pertinents.

Nos résultats montrent qu'il est préférable que le commentaire du film adopte un style reconstruit, c'est-à-dire qu'il ne se limite pas à une simple description de ce qui apparaît à l'écran. Le langage de cette reconstruction apparaissant au sein d'un message mixte visuel – verbal est plus facilement assimilé et possède donc plus de chance d'être impliqué dans un transfert ultérieur. Les créateurs de films de chimie ont donc tout intérêt à commenter leur image (hypothèse du double codage), mais également à proposer un commentaire dans un style reconstruit, certes plus difficile d'accès pour l'élève, mais potentiellement plus utilisable.

Dans sa taxonomie des messages audiovisuels, Jaquinot (1977) distingue les cours enregistrés, les films pour lesquels le procès didactique est effectué par celui qui fait le document, et les films dont le message permet la construction d'un savoir (et non sa transmission) en aval par celui qui apprend. Les films scientifiques, dont les nôtres, sont de la catégorie intermédiaire et Jaquinot de préciser que celui qui reçoit ne peut qu'accepter ou rejeter le message. Il semble que la richesse des modalités d'interaction entre le film et l'apprenant soit plus complexe puisque la nature P ou R des commentaires influe sur l'utilisation de connaissances. Certes l'image pédagogique a tendance à s'écraser sur le référent (Jaquinot, 1997, p.119) mais il peut y avoir grâce au commentaire, en particulier reconstruit, une articulation entre les objets qui constituent l'image, et les connaissances de la chimie supposées émerger. L'apprenant a donc les éléments qui permettent la construction d'un savoir, comme dans les films du troisième niveau.

Les films courts comme ceux que nous avons mis en œuvre peuvent servir d'auxiliaires pédagogiques et être utilisés en cours par l'enseignant en lieu et place d'une expérience trop coûteuse, trop longue ou trop chère. Il y a lieu de penser que le commentaire du film sera rendu inaudible et remplacé par ce que l'enseignant souhaite dire. Il devra choisir entre un commentaire extemporané de nature R ou P qui n'aura pas le même effet sur l'apprentissage.

BIBLIOGRAPHIE

- ANDERSON O. R. & DEMETRIUS O. J. (1993). A flow-map method of representing cognitive structure based on respondents' narrative using science content. *Journal of Research in Science Teaching*, vol. 30, n° 8, p. 953-969.
- ANDERSON O. R., RANDLE D. & COVOTSOS T. (2001). The role of ideational networks in laboratory inquiry learning and knowledge of evolution among seventh grade students. *Science Education*, vol. 85, n° 4, p. 410-425.
- ASTOLFI J.-P. (1989). Quel(s) sens pour aides didactiques ? In A. Giordan, J.-L. Martinand & C. Souchon (Eds), *Les aides didactiques pour la culture et la formation scientifiques et techniques*. Actes des 11^{es} Journées internationales sur l'éducation scientifique (Chamonix, 24-26 janvier 1989). Paris, UF didactique des disciplines, université Paris 7, p. 41-45.
- AUMONT J. & MARIE M. (1988). *L'analyse des films*. Paris, Nathan.
- BADDELEY A. (1992). Working memory. *Science*, vol. 255, p. 556-559.
- BADDELEY A. (1998). *Human memory*. Boston, MA: Allyn and Bacon.
- BODNER G. M. (1987). The role of algorithms in teaching problem solving. *Journal of Chemical Education*, vol. 64, n° 6, p. 513-514.
- CLARK J. M. & PAIVIO A. (1991). Dual coding theory and education. *Educational Psychology Review*, vol. 3, n° 3, p. 149-210.
- DUIT R. & TREAGUST D. F. (1998). Learning in science – from behaviourism towards social constructivism and beyond. In B. J. Fraser & K. G. Tobin (Eds), *International Handbook of Science Education (Part One)*. Dordrecht, Kluwer Academic Publishers, p. 3-25.
- DUVAL R. (1995). *Sémiosis et pensée humaine : registres sémiotiques et apprentissages intellectuels*. Bern, Peter Lang.
- FORTMAN J. J. & BATTINO R. (1990). A practical and inexpensive set of videotaped demonstrations. *Journal of Chemical Education*, vol. 67, n° 5, p. 420-421.
- JACOBI D., BOQUILLON M. & PREVOST P. (1994). Les représentations spatiales de concepts scientifiques : inventaire et diversité. *Didaskalia*, n° 5, p. 11-24.
- JACOBSEN J. J. & MOORE J. W. (1997). Chemistry Comes Alive ! Volume 1 : Abstract of Special Issue 18, a CD-ROM. *Journal of Chemical Education*, vol. 74, n° 5, p. 607-608.
- JACQUINOT G. (1977). Image et pédagogie. *Analyse sémiologique du film à intention didactique*. Paris, PUF.
- JOLY M. (1994). *L'image et les signes. Approche sémiologique de l'image fixe*. Paris, Nathan.
- KIEWRA K. A., DUBOIS N. F., CHRISTIAN D., MCSHANE A., MEYERHOFFER M. & ROSKELLEY D. (1991). Note-taking functions and techniques. *Journal of Educational Psychology*, vol. 83, n° 2, p. 240-245.
- LAVERTY D. T. & MCGARVEY J. E. B. (1991). A constructivist approach to learning. *Education in Chemistry*, vol. 28, n° 4, p. 99-102.
- LE DIOURIS L. (2000). *Conception de sites Internet et étude de leur utilisation dans différentes situations de recherche documentaire en collège et lycée*. Thèse de doctorat, université Lyon 2.

- LE MARÉCHAL J.-F. (1999). Modelling student's cognitive activity during the resolution of problems based on experimental facts in chemical education. In J. Leach & A. C. Paulsen (Eds), *Practical Work in Science Education*. Dordrecht, Kluwer, p. 195-209.
- MAYER R. E. & MORENO R. (2002). Aids to computer-based multimedia learning. *Learning and Instruction*, vol. 12, n° 1, p. 107-119.
- MELZER, A., HASSE, S., JESKULKE, O., SCHÖN, I. & HERCZEG, M. (2004). The interactive and multi-protagonist film: A hypermovie on DVD. In M. Rauterberg (Ed.), *Entertainment Computing – ICEC 2004*. The Netherlands, Third International Conference Eindhoven, p. 193-203.
- NOVAK J. D. (1984). Application of advances in learning theory and the philosophy of science to the improvement of chemistry teaching. *Journal of Chemical Education*, vol. 61, n° 7, p. 607-612.
- NOVAK J. D. (1990). Concept mapping: A useful tool for science education. *Journal of Research in Science Teaching*, vol. 27, n° 10, p. 937-949.
- NURRENBERN S. C. & PICKERING M. (1987). Concept learning versus problem solving: Is there a difference? *Journal of Chemical Education*, vol. 64, n° 6, p. 508-510.
- PAIVIO A. (1986). *Mental representations: A dual coding approach*. Oxford, UK: Oxford University Press.
- PEKDAĞ B. (2005). *Influence des relations entre le texte et l'image d'un film de chimie sur l'activité cognitive d'un apprenant*. Thèse de doctorat, université Lumière Lyon 2.
- PEKDAĞ B. & LE MARÉCHAL J.-F. (2003a). Influence of the relations between picture and text of chemical education films on conceptual change. In D. Krnel (Ed), *Proceedings of the Sixth ESERA Summer-school* (Radovljica, 25-31 August 2002). Ljubljana, University of Ljubljana Press, p. 204-211.
- PEKDAĞ B. & LE MARÉCHAL J.-F. (2003b). Hyperfilm : Un outil de recherche en didactique de la chimie. In C. Desmoulin, P. Marquet & D. Bouhineau (Eds), *Environnements Informatiques pour l'Apprentissage Humain*. Actes de la conférence EIAH (Strasbourg, 15-17 avril 2003). Paris, ATIEF et INRP, p. 547-550.
- PEKDAĞ B. & LE MARÉCHAL J.-F. (2005a). Films et multimédias dans l'enseignement de la chimie. *Didaskalia*, n° 29, à paraître.
- PEKDAĞ B. & LE MARÉCHAL J.-F. (2005b). Factors Influencing the Students' Choices of Scientific Movies. In R. Pinto & D. Couso (Eds), *Proceedings of the Fifth International ESERA Conference on Contributions of Research to Enhancing Students' Interest in Learning Science* (Barcelona, 28 August – 1 September 2005), p. 675-678.
- PEKDAĞ B. & LE MARÉCHAL J.-F. (2005c). *Memorisation of Information from Scientific Movies*. Selected papers from ESERA 2005, soumis.
- PERAYA D. (1994). *Des mots et des images*. *Journal de l'enseignement primaire*, n° 49, p. 22-25.
- ROUSSEY J.-Y., BARBIER M.-L. & PIOLAT A. (2001). Aide à la recherche d'informations sur support hypermédia et production écrite par de jeunes rédacteurs. In E. De Vries, J.-Ph. Pernin & J.-P. Peyrin (Eds), *Hypermédias et Apprentissages 5*. Actes du cinquième colloque (Grenoble, 9-11 avril 2001). Paris, INRP et EPI, p. 151-165.
- SALLABERRY J.-C. (2000). Coordination des « représentations image » et des représentations rationnelles dans la construction du concept d'élément chimique. *Didaskalia*, n° 17, p. 101-121.
- SLABAUGH W. H. & HATCH C. V. (1958). General chemistry via television. *Journal of Chemical Education*, vol. 35, n° 1, p. 95-96.
- SMITH G. W. (1974). Videotape exposition. *Journal of Chemical Education*, vol. 51, n° 1, p. 82.
- TIBERGHIE A. (1994). Modeling as a basis for analyzing teaching – learning situations. *Learning and Instruction*, vol. 4, n° 1, p. 71-87.
- TRICOT A. (1993). Stratégies de navigation et stratégies d'apprentissage : Pour l'approche expérimentale d'un problème cognitif. In G.-L. Baron, J. Baudé & B. de La Passardière (Eds), *Hypermédias et Apprentissages 2*. Actes des deuxièmes journées scientifiques (Lille, 24-25 mars 1993). Paris, INRP et EPI, p. 21-37.

VERGNAUD G. (1990). La théorie des champs conceptuels. *Recherches en Didactique des Mathématiques*, vol. 10, n° 2-3, p. 133-170.

WANDERSEE J. H. (1990). Concept mapping and the cartography of cognition. *Journal of Research in Science Teaching*, vol. 27, n° 10, p. 923-936.

Cet article a été reçu le 15/09/2005 et accepté le 27/02/2006.

ANNEXES

Annexe I – Liste, type et nature des films des hyperfilms

N°	Films constituant les hyperfilms	Nature de l'image des films	Durée (min : s) des films	
			P	et R
1	Acide conductivité	Diaporama	0 : 56	0 : 5
2	Acide corrosif	Vidéo	0 : 44	0 : 48
3	Ammoniac et chlorure d'hydrogène	Vidéo	1 : 30	1 : 30
4	Base corrosive	Diaporama	0 : 43	0 : 56
5	Basicité de la cendre	Vidéo	0 : 46	0 : 48
6	Dissociation – animation microscopique	Animation	1 : 08	0 : 56
7	Dissociation – équation	Animation	0 : 48	0 : 33
8	Dissociation de HCl et CH ₃ CO ₂ H	Diaporama	0 : 59	0 : 40
9	Dissolution – animation microscopique	Animation	1 : 16	1 : 11
10	Effet de l'addition d'un acide sur le pH	Vidéo	1 : 50	1 : 49
11	Effets des pluies acides	Diaporama	1 : 42	2 : 19
12	Évaporation de l'eau	Diaporama	0 : 34	0 : 44
13	Exemple de couple acide/base : HCO ₃ ⁻ /CO ₃ ²⁻	Animation	1 : 30	1 : 27
14	Exemple de couple acide/base : NH ₄ ⁺ /NH ₃	Animation	1 : 29	1 : 24
15	Exemples d'acides	Diaporama	1 : 10	
16	Exemples de bases	Diaporama	1 : 28	
17	Exemples de couples : NH ₄ ⁺ /NH ₃ et H ₂ O/HO ⁻	Animation	2 : 03	
18	Exemples de couples acide/base	Diaporama	1 : 43	1 : 29
19	HCl acide de Brønsted	Animation	1 : 44	1 : 25
20	H ₂ O amphotère	Animation	1 : 24	1 : 15
21	HCl et H ₃ O ⁺ acides de Brønsted	Diaporama	2 : 30	1 : 39
22	NaOH base de Brønsted	Animation	2 : 50	2 : 40
23	NH ₃ base de Brønsted	Animation	1 : 20	1 : 13
24	Notation générale des demi-équations	Animation	3 : 55	
25	pH de la solution d'ammoniac	Animation	0 : 52	0 : 50
26	pH des solutions acides	Tableau/Schéma	1 : 25	
27	pH des solutions basiques	Tableau/Diaporama	1 : 00	
28	pH du vinaigre	Animation	0 : 56	1 : 18
29	Pollution de l'air	Diaporama	1 : 8	1 : 18
30	Quantité d'ions dans différentes bases	Vidéo	1 : 33	
31	Réaction acide/magnésium	Vidéo	1 : 11	0 : 59
32	Réaction acide/zinc	Vidéo	0 : 42	0 : 45
33	Respiration	Diaporama	0 : 50	
34	Vinaigre et soude	Vidéo	1 : 16	1 : 08

(1) La colonne de gauche donne la durée des films P et celle de droite est relative aux films R. Les films C sont indiqués par une unique case.

Annexe II – Structuration des hyperfilms

La liste des titres des films classés par numéro est donnée Annexe I.

Thèmes	Sous-thèmes	Pages de choix des films
Acides (18 films)	Acides au sens de Brønsted (2 films)	(films 19 et 21)
	Acides hors du laboratoire (5 films)	acides faisant partie de notre environnement (film 15)
		acidité de la pluie (films 11, 12, 29 et 33)
	Propriétés des acides (11 films)	conduction électrique (film 1)
		danger (film 2)
		libération d'un ion H ⁺ (films 6, 7 et 8)
		pH (films 10, 26 et 28)
		réaction avec certains métaux (films 31 et 32)
réaction avec les bases (film 34)		
Bases (10 films)	Bases au sens de Brønsted (2 films)	(films 22 et 23)
	Bases hors du laboratoire (1 film)	(film 16)
	Propriétés des bases (7 films)	conduction électrique (film 30)
		danger (film 4)
		dissolution de certaines bases (film 9)
		pH (films 5, 25 et 27)
réaction avec les acides (film 3)		
Couples acide/base (6 films)	Introduction au couple acide/base (1 film)	(film 18)
	Définition du couple acide/base (2 films)	(films 13 et 14)
	Forme conjuguée (1 film)	(film 17)
	Amphotère (1 film)	(film 20)
	Demi-équation (1 film)	(film 24)

Annexe III – Exemple de commentaire d'un film en version P puis R

Les connaissances mises en jeu dans les commentaires P et R d'un même film sont analysées et codées entre parenthèse : O = objet perceptible, E = événement perceptible, P = propriété perceptible, o = objet reconstruit, é = événement reconstruit, p = propriété reconstruite.

• Version P du commentaire du film *Acide corrosif*

Les **acides (O)** sont **corrosifs (P)**, comme le montre cette expérience. Quelques gouttes d'**acide sulfurique (O)** sont **déposées (E)** sur un **papier (O)**. Immédiatement **il (O) noircit (E)** et l'**acide (O) transperce (E) le papier (O)**.

Ce signe indique qu'un **liquide (O)** est **corrosif (P)**. On doit respecter certaines consignes comme le **port (E)** de **gants (O)** de protection. Les **acides commerciaux (O)** sont tous très **corrosifs (P)**.

• Version R du commentaire du film *Acide corrosif*

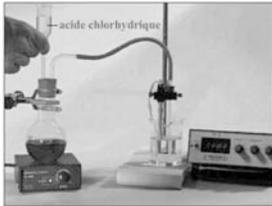
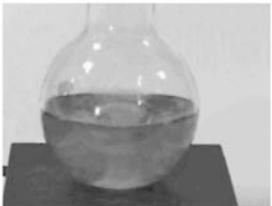
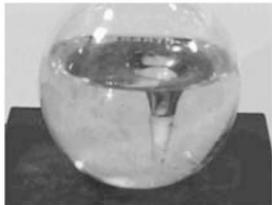
acides (O) sont **corrosifs (P)**, comme le montre cette expérience. Les **ions H⁺ (o)** en grand nombre dans cet **acide (O) concentré (P) déshydratent (é) la cellulose (o)** du **papier (O)** et **la (o) détruisent (é)** par une **réaction chimique (é) rapide (p)**.

Ce signe indique qu'un **liquide (O)** est **corrosif (P)**. Il peut y avoir une **réaction chimique (é)** entre un **acide (o)** et les **espèces chimiques (o)** présentes dans la **peau (O)**, surtout si l'**acide (o)** est **concentré (p)**. Son utilisation requiert le **port (E)** de **gants (O)** de protection.

Les deux versions de ce film évoquent le caractère corrosif des acides. Dans sa version P, 9 O + 4 E + 3 P = 16 connaissances sont catégorisées dans le monde perceptible et aucunes ne le sont aux niveaux reconstruits. En revanche, dans sa version R, 10 connaissances se catégorisent dans le monde perceptible et 12 dans le monde reconstruit.

Annexe IV – Synoptique des différents plans du film *Effet de l'addition d'un acide sur le pH*

La mise en scène respecte la charte des films d'expérience de la série Chemistry comes Alive! (Jacobsen & Moore, 1997) : insistance sur la chimie, réaction en gros plan, pas plus que les mains de l'opérateur n'apparaissent, etc. La linéarité du scénario, le repérage dans temps de l'expérience (Jacquinot, 1977) sont de plus pris en compte.

 <p>Plan I: Vue d'ensemble de l'expérience montrant un ballon à trois cols sur un chauffe-bain, un bécher sur un support, et un pH-mètre. Une pipette verse de l'acide chlorhydrique dans le ballon.</p>	 <p>Plan II: Gros plan montrant les objets perceptibles nécessaires à l'analyse et un événement perceptible essentiel, le barbotage d'un gaz.</p>	 <p>Plan III: Plan moyen montrant l'évolution de la valeur du pH. Il constitue un repère sur une propriété du système chimique et permet au spectateur de se situer dans le temps quand la valeur affichée est, plus tard, très différente.</p>
 <p>Plan IV: Autre plan moyen montrant à la fois un changement de couleur dans le ballon et la relation entre les deux systèmes chimiques.</p>	 <p>Plan V: Autre gros plan permettant d'insister sur l'évolution d'une des propriétés perceptibles (la couleur) du contenu du ballon.</p>	 <p>Plan VI: Le retour sur ce plan moyen n° III donne une idée de l'évolution du temps de l'expérience.</p>
 <p>Plan VII: Ce gros plan déjà vu permet de situer l'évolution du temps grâce à la couleur du contenu du ballon.</p>	 <p>Plan VIII: Même commentaire que sur le plan n° VI.</p>	 <p>Plan IX: Le plan d'ensemble, comparé au plan initial, permet de constater l'ensemble des événements pertinents de l'expérience pour les mettre en relation.</p>

Annexe V – Questions posées aux élèves

Partie I

Avant de répondre aux questions de cette partie, regardez le film « Dissociation de HCl et $\text{CH}_3\text{CO}_2\text{H}$ » et éventuellement d'autres films de votre choix.

- 1) L'éthanoate de sodium (ou acétate de sodium) est une poudre blanche soluble dans l'eau. Que signifie cette phrase pour vous ?
- 2) Comment peut-on représenter ce qui se passe en solution quand on ajoute de l'éthanoate de sodium dans de l'eau pure ?
- 3) Que peut-on dire du pH de la solution obtenue ? Et pourquoi ?
- 4) On ajoute de l'acide chlorhydrique à la solution obtenue. Expliquer pourquoi elle possède alors une odeur de vinaigre ?

Partie II

Pour répondre aux questions de cette partie, regardez le film « Effet de l'addition d'un acide sur le pH » et éventuellement d'autres films de votre choix.

- 1) Combien de réactions chimiques permettent d'expliquer ce qui se passe dans le ballon de gauche ? Justifier votre réponse en utilisant ce film, ou d'autres de votre choix.
- 2) Combien de réactions chimiques permettent d'expliquer ce qui se passe dans le bécher de droite ? Justifier votre réponse en utilisant le film.

Partie III

Regardez les films « Acide corrosif » et « Base corrosive » et répondre aux questions suivantes en vous aidant éventuellement d'autres films.

- 1) Que veut dire « corrosif » pour vous ?
- 2) Pourquoi à votre avis un acide et une base peuvent-ils être corrosifs ?
- 3) Certaines boissons sont acides. Sont-elles également corrosives ? Justifier la réponse.

Partie IV

Pour répondre à la question suivante vous pouvez regarder un ou plusieurs films de votre choix.

Vous disposez d'un indicateur coloré inconnu, d'un peu de cendre, de quelques tubes à essais et d'autres objets courants de laboratoire. Est-ce suffisant pour montrer, à l'aide d'une expérience que vous décrirez, si la boisson est plutôt acide ou plutôt basique ?

Partie V

Vous voulez expliquer à un élève de collège ce qu'est un « couple acide/base ». Vous disposez de la banque de film. Comment vous y prendriez-vous ?

- explorer la banque pour voir quelles informations que vous souhaitez utiliser ;
- préparer un petit dossier pour votre explication à ce jeune élève.

Annexe VI – Nombres d'utilisations de connaissances présentes dans les films par les 12 élèves

Nombres d'utilisations de connaissances présentes dans les films consultés qui permettent ou non de construire des liens. Dans chaque case, le premier nombre par exemple $UFP^c = 10$ est le nombre d'utilisations de connaissances qui conduit à la construction d'un lien, et le second, par exemple $UFP^n = 4$, n'a pas permis de construction. De plus, m = utilisation de mots du commentaire du film ; i = utilisation de l'image du film ; n = interprétation de l'image du film ; d = utilisation de l'idée du film ; s = sans utilisation du film.

N° de questions	m				i				n				d				Ks		
	UFP ^c	UFP ⁿ	UFR ^c	UFR ⁿ	UFC ^c	UFC ⁿ	UFR ^c	UFR ⁿ	UFP ^c	UFP ⁿ	UFR ^c	UFR ⁿ	UFC ^c	UFC ⁿ	UFR ^c	UFR ⁿ		UFC ^c	UFC ⁿ
Q. I.1		1	1	1											1				4
Q. I.2						1									1			1	2
Q. I.3		1					1						1						5
Q. I.4	2		1			1								1					3
Q. II.1	3		3		2		3												2
Q. II.2	2	1	2	1	1	1	2	1											
Q. III.1	2		3		1				2	1	3								
Q. III.2	1		3						1										5
Q. III.3			2	1	1				1			1							1
Q. IV			2												1				1
Q. V		1	2		1		2												
Total = 98 (UF = 75 + KS = 23)	10	4	19	2	3	2	5	2	9	1	1	1	1	4	1	4	2	1	23