

EL BILANI R. (2007). Nature des connaissances mises en jeu par les élèves et les enseignants lors de l'utilisation des TICE en chimie – cas de la réaction chimique dans l'enseignement secondaire. Thèse de doctorat université Lyon, 271 p.

Le travail de madame El Bilani se propose d'étudier l'impact de l'utilisation des TICE, plus particulièrement de simulateurs, sur l'évolution des connaissances lors de l'apprentissage de certaines notions relatives à la réaction chimique au lycée : évolution temporelle et aspect énergétique. L'objectif de ce travail consiste à analyser les activités cognitives mises en jeu par les élèves pour donner du sens à de nouveaux concepts dans le but de fournir des informations utilisables pour la formation des enseignants.

Le premier chapitre porte sur la problématique et la méthodologie de recueil et d'analyse des résultats. La problématique repose sur une revue de littérature des recherches menées sur les TICE et leurs apports possibles pour l'apprentissage de la chimie ainsi que sur une brève présentation de celles relatives aux difficultés rencontrées par les élèves dans l'apprentissage de la transformation chimique. Le cadre théorique de recherche est présenté de façon concise et claire et la méthodologie adoptée pour le traitement des données, reposant sur les notions de facettes, épisodes, concepts sensibles, est également clairement exposée et paraît pertinente.

Partie A. Dans le chapitre 2 est étudié le fonctionnement cognitif des élèves de terminale scientifique lors de la réalisation de tâches nécessitant l'utilisation d'un simulateur en vue de l'apprentissage du

modèle cinétique microscopique de la réaction chimique. Ce n'est en effet pas l'apprentissage de la cinétique chimique qui est en jeu, il a fait l'objet d'une approche macroscopique, mais plutôt « l'interprétation de la réaction chimique en termes de chocs efficaces ». Après une présentation du savoir de référence, les limites et potentialités du simulateur sont analysées et les termes de la simulation sont mis en correspondance avec ceux de la théorie des collisions. La méthodologie adoptée pour le recueil (enregistrement vidéo de deux binômes et recueil des comptes rendus de tous les élèves) et le traitement des données met en évidence que le couplage tâche/simulateur permet aux élèves de construire des connaissances sur les concepts sensibles de choc, particule, température, transformation, temps de demi-réaction ; sur leur mise en relation. Il y a ainsi construction de sens pour les concepts de transformation au niveau microscopique, de vitesse et d'avancement de réaction et de réactif limitant.

Le chapitre 3 concerne l'apprentissage du concept d'avancement de réaction par des élèves de seconde en utilisant le même simulateur que celui utilisé en terminale. L'utilisation de ce simulateur modélisant l'évolution de systèmes chimiques pour donner du sens au concept d'avancement semble pertinente si l'on se réfère à l'histoire de l'émergence de la variable avancement. Il ressort clairement de l'analyse du comportement des élèves lors du couplage tâche/simulateur que la construction de sens pour la variable avancement semble être effective. Comme le signale l'auteur, « le monde simulé a permis aux élèves d'élaborer une définition de l'avancement pour une réaction animée sur un simulateur et de manipuler le tableau d'avancement en

donnant du sens au bilan de matière aux différents états de la réaction ».

Dans le chapitre 4, est abordée l'étude de l'apprentissage de l'aspect énergétique de la transformation chimique, à l'aide du simulateur « Calorimétrie », avec des élèves de première scientifique. Il est possible de voir que la simulation associée aux tâches proposées rend possible l'évolution des connaissances et la construction par les élèves d'éléments théoriques concernant l'énergie d'une réaction chimique, largement sous l'aspect microscopique et de façon plus modérée sous l'aspect macroscopique. L'utilisation du simulateur « Calorimétrie » a été l'occasion d'une étude sur « l'autonomie et la motivation lors de l'apprentissage avec un simulateur ». Le cadre théorique adopté pour cette étude et la méthodologie de recueil et de traitement des données semblent pertinents et sont clairement présentés. L'enregistrement vidéo des élèves permettant d'articuler ce qu'ils disent avec un statut d'hypothèse, et ce qu'ils font en interaction avec la simulation montre qu'une situation incluant une simulation fonctionne avec une autonomie volontaire et permet la satisfaction des besoins d'informations nécessaires à la formulation de la réponse jugée exacte par l'élève.

La partie B du mémoire s'intéresse aux comportements d'enseignants utilisant les TICE. Dans le chapitre 5 ce sont des professeurs de « physique appliquée » en stage de formation à l'enseignement de la chimie qui sont concernés. L'hypothèse de départ est que l'utilisation des simulateurs précédents permettra non seulement l'apprentissage des connaissances chimiques mais développera également des compétences dans l'utilisation des TICE. L'analyse du fonctionnement de ces enseignants face au couples tâches/simulateurs proposés aux élèves met en évidence que les bases conceptuelles dont ils disposent leur permettent de produire d'avantage de facettes de connaissances que les élèves, de faire évoluer rapidement leurs connaissances et de construire des connaissances du monde théorique de la chimie.

Le chapitre 6 est consacré à une étude de cas, concernant la pratique d'une enseignante faisant utiliser par ses élèves de terminale un simulateur, dans le cadre

de l'étude de la cinétique chimique. En observant l'organisation de la séance dans son ensemble, les interventions de l'enseignante, et les connaissances mises en jeu dans ses interventions, il apparaît que l'enseignante a modifié son comportement entre deux séances consécutives pour dynamiser sa séance et passer plus de temps sur les concepts qui sont l'objet de l'apprentissage. De plus, ses interventions font surtout intervenir des facettes que n'utilisent pas les élèves en autonomie, ce qui montre l'importance de la présence d'un enseignant pendant les séances utilisant des TICE.

Dans sa conclusion, madame El Bilani reprend les principaux résultats, apporte des réponses à ses questions de recherche et envisage une suite à ce travail dans le cadre de la formation des enseignants au Liban.

Alain Dumon

KERMEN I. (2007). Prévoir et expliquer l'évolution des systèmes chimiques. Observation de la mise en place d'un nouveau programme de chimie en terminale S : réaction des enseignants et des élèves face à l'introduction de l'évolution des systèmes chimiques. Thèse de doctorat, université Paris Diderot-Paris 7, 238 pages.

Le travail se propose d'étudier les effets de la mise en place dans le nouveau programme de chimie de l'aspect *évolution des systèmes chimiques* sur les connaissances et raisonnements des élèves et sur les connaissances professionnelles des enseignants. L'intérêt de ce travail doit être signalé. Il aborde en effet un maillon essentiel mais actuellement manquant du processus de changement de programme scolaire, celui de l'évaluation a posteriori, c'est-à-dire du bilan qui permet d'apprécier la portée des modifications vis-à-vis des programmes antérieurs et de dégager les éléments susceptibles d'être à leur tour modifiés dans les programmes futurs. Le choix de s'intéresser à la partie « Prévoir et expliquer l'évolution des systèmes chimiques » du programme de chimie

de terminale S est tout particulièrement pertinent. Il ne s'agit pas en effet d'un quelconque point technique s'intégrant dans une perspective linéaire de traitement du programme mais d'une véritable rupture dans le contexte de l'enseignement français de la chimie au Lycée. Les concepteurs du programme se sont effectivement attaqués à une « révision » des représentations des objets et des processus dont ils sont le siège et ont ainsi introduit à la fois une démarche pédagogique et une perspective scientifique se démarquant fortement des approches antérieures. De plus, les seules études qui se sont intéressées jusque là aux difficultés rencontrées par les élèves concernant l'évolution des systèmes chimiques portaient sur l'utilisation du « principe » de Le Chatelier.

Le premier chapitre de la thèse est consacré à une courte présentation du cadre théorique dans lequel l'auteur situe son travail. Deux aspects sont abordés : la conception de séquences d'enseignement reposant sur une analyse préalable de contenu et l'étude des pratiques et de la formation des enseignants en relation avec leurs « connaissances liées au contenu » (*pedagogical content knowledge*, PCK).

Le chapitre 2 concerne l'analyse du contenu du programme de terminal S relatif à l'évolution des systèmes chimiques. Deux axes d'analyse sont adoptés : sous l'angle du contrat didactique (les compétences attendues) et sous l'angle de la modélisation (la relation entre les registres théorique, des modèles et empirique). L'analyse épistémologique du registre des modèles thermodynamique et cinétique, reposant sur le savoir « spécialisé », a permis de faire ressortir clairement le fonctionnement du modèle thermodynamique ainsi que les fonctions des modèles cinétiques aux échelles macroscopique et moléculaire. Du croisement de ces deux axes d'analyse découlent des critiques pertinentes sur la formulation des programmes dans les instructions officielles, atténuées cependant par l'examen du document d'accompagnement des programmes. Le travail de thèse « décortique » les intentions et la rédaction du programme à la lumière des enquêtes réalisées auprès des élèves et de leurs professeurs. Il met ainsi en évidence des imprécisions, voire des incohérences,

dont le pointage s'avérera précieux lorsqu'il faudra reprendre la conception et la rédaction des programmes futurs. Il peut également concerner les auteurs de manuels qui ne semblent pas accorder une grande importance à l'évolution de la modélisation de la transformation chimique.

Le chapitre 3 s'intéresse aux raisonnements et difficultés d'apprentissage des élèves à propos de l'évolution des systèmes chimiques. Après un examen bien documenté des recherches antérieures concernant le rapport au savoir des élèves à propos de l'évolution des systèmes chimiques et des équilibres chimiques, les questions de recherche relatives à ce rapport au savoir sont précisées en tenant compte également de l'analyse de contenu. La méthodologie adoptée pour répondre à ces questions est clairement exposée et paraît pertinente. L'analyse des réponses et des justifications apportées par des élèves d'origines différentes (établissements, enseignants) et de différentes années d'enseignement aux questions posées me semble, à quelques détails près, correctement réalisée. Elle permet de mettre en évidence les difficultés rencontrées et les modes de raisonnement utilisés par les élèves dans la conceptualisation de l'évolution des systèmes chimiques : confusion entre transformation et réaction, faible recours au critère prédictif d'évolution, raisonnement fondé sur l'équation de réaction, faible utilisation du critère d'évolution et des modèles cinétiques pour interpréter l'arrêt de l'évolution d'un système. On peut peut-être regretter l'absence de formulation systématique d'hypothèses sur les origines possibles de ces difficultés : des habitudes de raisonnement résultant de l'enseignement des années antérieures, un enseignement de la chimie reposant trop sur le registre symbolique et la résolution de problème au dépend de l'interprétation des phénomènes, un manque de rigueur dans l'utilisation des termes repéré dans les instructions officielles, dans les manuels et donc également possible de la part des enseignants, etc.

C'est au rapport entretenu par les enseignants avec des objets de savoir nouveau pour eux qu'est consacré le chapitre 4. Des entretiens focalisés ont été conduits auprès de 15 enseignants afin de faire ressortir, pour

les thèmes transformation limitée – critère d'évolution spontanée – état d'équilibre d'un système chimique,

- la perception qu'ils ont des enjeux du programme consacré à l'évolution des systèmes chimiques,

- les difficultés qu'ils ont détectées chez les élèves,

- leur prise de conscience de problèmes insoupçonnés dans le but d'identifier les difficultés qu'ils éprouvent, autrement dit leurs « connaissances liées au contenu ». Ici aussi les questions de recherche, la méthodologie de conduite des entretiens et de l'analyse de leur contenu sont clairement présentées. Il ressort de ces entretiens que, pour la plupart des enseignants interrogés :

- la distinction entre transformation et réaction n'est, ni ressentie comme un enjeu du programme, ni perçue clairement ;

- savoir parler du caractère dynamique de l'état d'équilibre à l'aide des modèles cinétiques n'est pas une nécessité ;

- le modèle thermodynamique, qui permet la résolution des problèmes, est privilégié pour expliquer l'état d'équilibre.

Dans la première partie de la conclusion de son mémoire de thèse, l'auteure reprend, en les commentant, les principales conclusions des différents chapitres. Elle donne seulement deux interprétations possibles et acceptables aux raisonnements des élèves : la tendance à une application mécanique du critère d'évolution et la difficulté à mettre en relation le registre empirique et le registre des modèles. La deuxième partie de la conclusion ouvre des pistes intéressantes pour la conception de séquences d'enseignement apprentissage et la formation des enseignants.

En conclusion, cette thèse aborde un sujet important concernant l'évolution des systèmes chimiques et la modélisation de l'état d'équilibre d'un système chimique. C'est un « modèle de cohérence », dans le sens où les questions de recherche sont de niveau descriptif et proposent de catégoriser des comportements ou raisonnements des élèves et des professeurs sur les points essentiels d'un nouveau programme. Les résultats sont riches et informent clairement sur la façon dont les enseignants se sont

appropriés le programme et sur les acquis de leurs élèves.

Alain Dumon

Ludovic MORGE & Jean-Marie BOILEVIN
Séquences d'investigation en – chimie,
CRDP d'Auvergne.

L'ouvrage co-dirigé par Ludovic Morge et Jean-Marie Boilevin arrive à point nommé. Pour deux raisons : la première est celle de la correspondance avec la demande institutionnelle pour une mise en œuvre de situations de classe centrées sur la « démarche d'investigation » dans les commentaires des derniers programmes de sciences physiques et chimiques. L'opportunité est trop belle d'apporter des exemples de travaux issus de la recherche, qui soient rapidement transposables dans le quotidien des pratiques des enseignants. La seconde est de répondre à cette attente si souvent exprimée dans le monde de la recherche en didactique des sciences physiques et chimiques de traduire les résultats de nombreuses années de recherche en outils applicables dans les classes.

Certes, l'injonction programmatique a entraîné une floraison importante de propositions de situations censées respecter la lettre ministérielle... Certes, bon nombre de travaux de recherche visent depuis un moment des constructions d'ingénierie destinées aux classes, à leurs enseignants, aux formateurs de ces enseignants. La qualité du travail des deux coordonnateurs de cet ouvrage, par delà le nombre respectable d'exemples proposés et analysés en détail, par leurs auteurs ou non, qui constitue la seconde partie de l'ouvrage, réside dans l'analyse globale des diverses séquences, objet de la première partie.

Dans les exemples présentés et, a fortiori, dans la littérature de recherche qui évoque des situations de classe, les appellations sont nombreuses, aux inspirations variées (situation adidactique, situation problème, problèmes ouverts, activités de modélisation, etc.), sans recouvrir forcément

les mêmes objets. La première des tâches, dans ce cas, est d'éclaircir la situation, en repérant les éléments caractéristiques que chaque auteur indique lui-même, et faire émerger les points communs et les différences. Cette tâche n'est pas facile, et les deux auteurs y parviennent fort habilement, en évitant de donner d'emblée une définition de la démarche d'investigation (une définition en compréhension), mais bien en relevant les « incontournables » présents dans les différents exemples (une définition en extension) : il en ressort trois points essentiels (p. 45), la place primordiale de l'élève en tant qu'acteur, l'appropriation des tâches à réaliser, et la nécessaire validation des productions (individuelles ou collectives).

Ce triple filtre peut sembler banal et coutumier. Il reprend des hypothèses fortes, mises en avant dans de nombreux travaux de recherche en didactique : la référence au paradigme constructiviste, la place d'activités expérimentales et de modélisation qui se fassent écho, le rôle des échanges et débats dans la construction des connaissances de chaque élève. Certaines propositions qui veulent exemplifier les instructions récentes ne passent pas au travers d'un tel filtre : elles mettent bien les élèves en situation d'action, mais sans phase de conceptualisation : on ne peut donc parler d'investigation. Les auteurs

alertent clairement le lecteur sur ces dérives « activistes »...

C'est pour cela, entre autre, qu'après la lecture attentive des exemples proposés, on ressent nettement le besoin de relire la première partie avec, cette fois, des yeux de formateur ! En fin de compte, cet ouvrage, dont l'attrait premier est d'offrir un grand nombre d'exemples, bruts (décrits par les chercheurs eux-mêmes) ou travaillés (alors, dans un schéma donné, celui de la « succession des tâches » à faire réaliser par les élèves), est de fait un excellent outils de formation de jeunes (et moins jeunes) enseignants de sciences physiques et chimiques, et peut-être d'autres disciplines expérimentales. Non seulement il permet d'assouvir le besoin du « faire tout de suite » (...pour faire vite !), mais surtout il offre les « éléments d'une réflexion en retour », qui conduit à la nécessaire analyse de la pratique, éclairée ici par les résultats de recherches en didactique.

Les auteurs ont-ils voulu qu'on relise la première partie après la seconde ? En tout cas, il y ont réussi ! On ne peut que souhaiter, comme J.-J. Dupin dans la préface, que cet ouvrage contribue à enrichir la créativité (j'ajouterai « critique ») des équipes d'enseignants en sciences physiques et chimiques, de terrain et formateurs.

Jacques Toussaint