

LE CONTRÔLE DE L'ACTIVITÉ EN CHIMIE

Notre intérêt porte sur le contrôle de l'activité par le chimiste en laboratoire et sur l'apprentissage prévu à ce propos à l'école. Certains travaux ont détaillé les objectifs évaluables en chimie (Dumon, 1998). Compte tenu de la multiplicité des enjeux de travaux pratiques (Larcher, 1999 ; Larcher & Goffard 2003), l'apprentissage du contrôle de l'activité est peu pris en compte de façon progressive. La perspective renvoie ici à une clarification de l'usage du terme « activité » (Barbier, 2003) et des termes voisins dans le champ lexical (action, tâche) (Leplat 1997, 2000 ; Nguyen et al. 1990) ainsi qu'à l'usage du terme « contrôle ». (Richard et al. 1987, 1995). Cette première clarification entraîne vers une précision de l'usage d'autres termes tels que savoirs et compétences (Caillot, 1994 ; Ropé et Tanguy, 1994).

Le travail comporte trois volets.

Le premier volet est l'analyse de ce qu'est cette pratique de laboratoire des chimistes, et en particulier de ce qui est de l'ordre du contrôle de l'activité. C'est auprès de chimistes « experts » que nous sommes allés chercher des éléments sur cette pratique (JL Martinand, 2002), non pas en allant les observer, mais en allant les faire parler sur leur activité.

Le deuxième volet est l'analyse des épreuves de capacités expérimentales de baccalauréat. Ce sont les « sujets » de la session 1999 qui constituent le corpus : textes de protocoles proposés aux élèves et grilles d'observation fournies aux évaluateurs, mais aussi liste de matériel et de produits à prévoir. Ces épreuves sont censées donner une image de ce qui est attendu en fin de parcours de lycée en termes de savoir pratique gestuel et technique non énonçable mais auto-contrôlé (Malglaive, 1990), ce qui est énonçable pouvant être inclus dans les épreuves écrites.

Le troisième volet se situe dans une perspective curriculaire (JL Martinand 2000, 2001 ; M ; Coquidé, 2003 ; J. Lebeaume, 1999). Nous avons dans les manuels scolaires de lycée cherché les traces d'une éventuelle prise en charge d'un apprentissage progressif du contrôle de l'activité manipulative.

Que contrôlent les chimistes au cours de leur activité ?

Auprès de chimistes de différents domaines (chimie organique, chimie générale, chimie analytique..) interrogés sur leur pratique de laboratoire, la demande d'exemples précis, l'évocation de situations de « panne », d'inattendu, dans l'ensemble prise en compte, a permis d'éviter un discours formel (Vermersch, 1994)..

Pour les experts, le contrôle est « routinier », fait partie de leur savoirs professionnels : " *J'ai l'impression que c'est la routine, ça fait partie des gens ça s'explique pas* »

En chimie, les éléments à contrôler sont très nombreux et il est parfois difficile d'identifier les causes d'un résultat inattendu ; ils renvoient à un contrôle systématique sur les éléments matériels très sensibles, " *avec les électrodes, y a souvent des bulles d'air ... il y a des points sensibles, on sait qu'il faut aller vérifier ça en premier* », soit communs à toutes les manipulations (substances utilisées, verrerie) soit plus spécifiques à un type de manipulation

¹ UMR STEF ENS Cachan- INRP

(appareils de détection d'identification, de mesure), soit encore présentant une diversité mais des aspects semblables (conditions de température, de pression, d'atmosphère, de pH....)

Une grande partie du discours des experts porte sur le résultat obtenu. . *"Parce qu'on a pas bien réalisé l'expérience, donc après on s'y attarde pas... on essaie de refaire l'expérience plus proprement ! »*

Les experts attribuent la majeure partie des pannes repérées, par défaut, à une mauvaise maîtrise de la propreté, de la pureté ou de l'évolution des produits ; *" est-ce que c'était le même gaz, est-ce que c'est vraiment le même gaz qu'on a utilisé, est-ce que c'est le même ?*

C'est donc non pas un contrôle par planification, ni un contrôle des actions en cours d'exécution, ni un contrôle de l'efficacité de l'instrumentation, mais un contrôle sur l'effet obtenu. Selon les situations, ce contrôle est de l'ordre de l'identité entre l'obtenu et l'attendu ou de l'ordre du plausible.

Nous avons repéré trois types de situation dans lesquelles se situent les experts :

- **la reproduction** est une situation où le résultat attendu est défini (substance ayant des propriétés connues). Il s'agit de reproduire une manipulation pour s'assurer de son résultat (reproductibilité) ;

- **l'extension** est une situation où le résultat attendu n'est pas connu mais doit rester dans des limites prévues:

" Alors c'est sûr que quand on a fait un composé sur un certain protocole et puis qu'on fait un autre composé mais qui est très voisin, je sais pas, si on prend ... par exemple un composé de strontium qu'on a fait un composé de baryum c'est des alcalino-terreux, c'est pas très loin dans la classification »

- **l'exploration** est une situation où l'expert cherche au contraire à produire quelque chose de nouveau :

« et après quand on fait les manip originales, soit c'est très très original, on sait pas ce qu'on doit obtenir, donc on sait pas si ça marche ou pas »

Qu'évalue l'épreuve d'évaluation des capacités expérimentales du baccalauréat ?

Les candidats au baccalauréat se voient proposer une épreuve d'évaluation de capacités expérimentales. L'ensemble des sujets rassemblés dans le fascicule édité en décembre 1999 sous la responsabilité de la Direction des Lycées et Collèges a été analysé pour repérer ce qui était considéré comme devant être acquis, donc évaluable, en fin de formation secondaire dans un lycée d'enseignement général : quelles sont les attentes institutionnelles en ce qui concerne les capacités expérimentales des élèves ?

L'évaluation qui est faite est émiettée en « capacités » que l'enseignant doit évaluer, mais les actions correspondantes sont intégrées dans un protocole qui a un début et une fin ; il ne s'agit pas d'une évaluation de gestes, un par un, hors contexte, mais d'une évaluation d'un ensemble de gestes permettant la conduite de la manipulation. Elle est parfois critériée (absence de poudre sur le plateau de la balance comme critère de pesée correcte par exemple).

Dans les épreuves proposées au baccalauréat, l'« activité de contrôle » évaluée comporte des actions d'ordre cognitif (vérifier l'absence de bulles) qui ne modifient pas l'état du système observé, d'autres plus de l'ordre manuel (organisation de la paillasse, rinçage des pipettes, réglage du zéro, préhension des cuves en mettant les doigts sur les faces non utiles), d'autres plus techniques faisant appel à une procédure déjà construite en tant que telle (dosage) ou supposant de distinguer des usages différents (rinçage à l'eau ou avec la substance à doser), enfin des actions de choix qui ont une incidence sur le déroulement de la manipulation (choix de la verrerie pour obtenir un volume précis, choix de l'indicateur coloré).

On note un pourcentage important d'items qui, pour être réalisés, mettent en jeu une succession d'actions plus élémentaires dont l'élève doit avoir le contrôle. Il s'agit de montages gestuels qui peuvent être formulés, qui sont devenus des procédures. Pour Hofstadter (1985), ces savoir-faire procéduraux servent sans que l'on sache comment. Il y a automaticité du déroulement. Dans les protocoles- élèves nous les avons appelés « actions compactées ».

Le pourcentage de choix prévus dans les protocoles est très faible. Les choix évalués sont principalement sur la verrerie

10% des items analysés servent à apporter des ressources théoriques qui peuvent servir à l'élève pour contrôler son activité mais il y a très peu d'information sur le résultat prévu de la manipulation

Parmi les « appels au professeur » prévus comme moment de rencontre obligée entre l'élève et l'évaluateur, certains sont de l'ordre d'un contrôle préalable ; l'évaluateur donne en quelque sorte l'autorisation de continuer la manipulation. L'appel permet de ne pas laisser l'élève s'engager plus avant dans de mauvaises conditions ou de valider des choix.

Pour les autres il s'agit d'être présent pour observer la réalisation d'un geste (usage de la burette, détermination de l'équivalence, mesure au pH-mètre) ou d'une technique (test de dioxygène) plus rarement de vérifier un résultat (obtention d'un précipité, construction d'un modèle moléculaire).

31 % des items analysés correspondent à l'évaluation de procédures que les élèves sont donc considérés comme devant contrôler pour la faire devant témoin ; 41 % correspondent à une action accomplie, qui doit avoir été faite, qui doit être de l'ordre des choses que l'on fait quand on contrôle son activité. 11 % concernent la réussite de la manipulation au sens scolaire du terme (obtention de ce qui était attendu par le professeur) lorsqu'elle est de l'ordre du jugement binaire (obtention ou pas) ; 17 % concernent l'appréciation du résultat lorsqu'il n'est pas binaire mais donne lieu à une échelle de valeur.

Par ailleurs 27% ont trait au soin que ce soit pour une technique chimique, l'usage de verrerie, d'instruments ou d'organisation.

Quel apprentissage du contrôle dans les manuels scolaires ?

Quelques manuels scolaires de seconde première et terminale ont été analysés de façon à déterminer comment est pris en charge cet apprentissage progressif du contrôle de l'activité.

De fait le protocole non seulement prescrit les actions à accomplir (comme un protocole utilisé par un expert), mais aussi aide l'élève à construire des liens entre les actions effectuées et leurs raisons d'être. Il fournit en fait des informations dont les experts disposent mais qui sont soit non disponibles, soit non mobilisables par les élèves à un niveau donné de leur scolarité. Ces informations sont soit théoriques soit pratiques soit techniques. Elles peuvent servir de repère à l'élève pour contrôler le bon déroulement de sa manipulation.

Nous avons distingué des « repères guidages » et des « repères réussite »

Repère-guidage : ce que le protocole indique ; par exemple : comparer la couleur de la zone réactive avec celle de l'échelle de teintes, ajuster le niveau du liquide au zéro en veillant à ce que l'extrémité inférieure ne contiennent pas de bulles d'air. Certaines items correspondent à un avertissement, par exemple concernant l'usage des gants ou des lunettes.

Repère-réussite : indications de critère tel que la solution vire au pourpre, dégagement de gaz à la cathode, ou tel que cela va durer environ 3 minutes.

Le protocole « émiette » ou « compacte » les actions à effectuer. Certaines actions compactes sont émiettées dans les protocoles précédents. On peut considérer alors que les élèves

disposent d'un « modèle » pour cette action. Ces « modèles » sont des montages gestuels et peuvent être reconstitués à partir des actions élémentaires que l'on trouve dans les protocoles de manuels antérieurs. Par exemple pour la dissolution, la dilution, la pesée, le dosage, l'étalonnage du pH-mètre, la préparation d'une solution.

Dans la collection analysée (Nathan), on note que les actions compactes sont en progression de la classe de seconde à la classe de terminale et encore plus nombreuses lors de l'évaluation de Baccalauréat. La part de gestes cognitifs prescrit y augmente de la seconde à la terminale et diminue au Baccalauréat.

Les informations théoriques qui peuvent servir de ressources sont plus nombreuses dans le manuel de seconde que dans ceux des classes ultérieures, plus nombreuses au Baccalauréat que dans les manuels.

Certains items des protocoles de manuels tendent vers un contrôle intégré : « ajuster le niveau du liquide au zéro *en veillant à ce que l'extrémité inférieure ne contienne pas de bulles d'air* ». Il n'y a pas action puis contrôle de l'action, mais contrôle en faisant l'action.

Comparaison entre le contrôle à charge des chimistes et le contrôle à charge des élèves

Des différences majeures peuvent être identifiées :

En classe, l'élève est dans une situation de « répétition » sur des techniques, mais pas sur les contenus. Il est dans une situation d'« extension » lorsqu'il est évalué. Il est rarement en situation d'« exploration ».

Pour les chimistes, une grande partie du contrôle porte sur la pureté des substances, la propreté de la verrerie, le bon fonctionnement du matériel.

Les élèves ne sont pas censés contrôler la pureté, ni l'identité des substances, ni le matériel qui est mis à leur disposition parfois déjà calibré ou étalonné.

De fait il leur reste peu de choix à faire. Le résultat est attendu par l'enseignant plus que par l'élève qui n'a pas toujours d'élément direct d'appréciation et est rarement conduit à un test de reproductibilité ou d'identification.

Les manuels gèrent l'apprentissage de procédures en compactant la liste des actions à exécuter.

Enfin il apparaît que les ressources dont disposent les chimistes qualifiés pour exercer leur contrôle, de nature théorique ou technique, peuvent être remplacées dans les protocoles élèves des manuels par des informations que les élèves peuvent utiliser comme repère.

BIBLIOGRAPHIE

BARBIER, J.M. (2003). L'activité : un objet intégrateur pour les sciences sociales. *Recherche et formation*, 42, 99-117.

CAILLOT, M. (1994). Des objectifs aux compétences dans l'enseignement scientifique : une évolution de 20 ans, in F. Ropé et L. Tanguy (eds), *Savoirs et compétences*. Paris : L'Harmattan.

COQUIDE, M. (2003). *Activité expérimentale et perspectives curriculaires*. In C.Larcher et M. Goffard (eds), *Les activités expérimentales dans la classe. Enjeux, références, fonctionnements, contraintes*. PARIS : INRP.

DUMON, A. (1988). Quelle(s) méthode(s) pour l'enseignement expérimental de la chimie ? *Revue française de pédagogie*, 84.

LARCHER, C. (1999). Des TP différents pour des enjeux différents. In *Activités expérimentales des élèves en physique chimie ; quels enjeux d'apprentissage ?* (pp. 7-27). MENRT, DESCO, IG. CNDP Basse Normandie.

- LARCHER, C., & GOFFARD, M. (eds). (2003). *Les activités expérimentales dans la classe. Enjeux, références, fonctionnements, contraintes*. PARIS : INRP.
- LEBEAUME, J. (1999). *Perspectives curriculaires en éducation technologique*. Note de synthèse d'habilitation à diriger des recherches. Université de Paris-sud. Orsay
- LEPLAT, J. (1997). *Regard sur l'activité en situation du travail. Contribution à la psychologie ergonomique*. Paris : PUF.
- LEPLAT, J. (2000). *L'analyse psychologique de l'activité en ergonomie*. Toulouse : Octarès Édition.
- MALGLAIVE, G. (1990). *Enseigner à des adultes*. Paris : PUF.
- MARTINAND, J.L. (2000). Matrices disciplinaires et matrices curriculaires : le cas de l'éducation technologique en France. In C. Carpentier (Coord.), *Contenus d'enseignement dans un monde en mutation : permanences et ruptures* (pp. 249-269). Paris : L'Harmattan.
- MARTINAND, J.L. (2001). Pratiques de référence et problématique de la référence curriculaire . In A. Terrisse (ed.), *Didactique des disciplines—les références au savoir* (pp.17-24). Bruxelles : De Boeck.
- MARTINAND, J.L. (2002). Entretien avec Évelyne Burguière – thème : les savoirs entre pratique, formation et recherche. *Recherche et Formation*, 40, 87-94.
- NGUYEN, A., RICHARD, J.F., & HOC, J.M. (1990). Le contrôle de l'activité, in Bonnet et al (eds), *Traité de psychologie cognitive 2*. Paris : Bordas.
- RICHARD, J.F. (1995). *Les activités mentales, Comprendre, raisonner, trouver des solutions*. Paris : Armand Colin.
- ROPE, F., & TANGUY, L. (1994), *Savoirs et compétences*, L'Harmattan, Paris.
- VERMERSCH, P. (1994). *L'entretien d'explicitation*. Paris : ESF.