Micro-informatique et didactique en cinétique chimique

par Daniel Cabrol * et Claude Cachet

(Centre de recherche pédagogique et de rénovation didactique en chimie, Université de Nice, Parc Valrose, F 06034 Nice Cedex)

D. Cabrol

C. Cachet

L'apparition sur le marché des micro-ordinateurs permet d'envisager sous un nouvel angle la mise en œuvre des méthodes d'Enseignement Assisté par Ordinateur (E.A.O.). Entre autres avantages, ces méthodes favorisent une individualisation de l'apprentissage qui s'accompagne d'une plus grande motivation et d'une participation accrue de l'étudiant. Dans le domaine de la chimie physique et plus particulièrement de la cinétique, l'E.A.O. permet une approche plus concrète des concepts et des modèles chimiques dont la compréhension est parfois rendue difficile par l'habillage mathématique qui accompagne leur présentation habituelle. En outre, les méthodes de simulation autorisent un élargissement du champ offert à l'expérimentation, qui en association avec les travaux de laboratoire, permet d'envisager de manière nouvelle la formation à la méthodologie expérimentale. Enfin, ce contact avec une informatique facilement maîtrisée assure la familiarisation avec un outil qui est devenu un instrument de travail quotidien du chimiste. En nous appuyant sur des exemples, nous présentons dans cet article quelques potentialités spécifiques de ce nouveau média d'enseignement.

Introduction

L'utilisation pédagogique de l'ordinateur n'a pas suivi le développement que l'on aurait pu attendre de la banalisation de l'informatique dans l'activité quotidienne du chimiste. Les raisons de ce décalage sont à la fois d'ordre psychologique, institutionnel et technique. Il est patent qu'en matière de technologie éducative, les innovations sont toujours lentes à pénétrer le milieu. Que l'on pense à la situation encore modeste de l'audio-visuel dans l'enseignement vingt ans après sa généralisation dans le grand public ! Sur le plan institutionnel, la place de la recherche — innovation en didactique à l'Université reste à définir. Il est dès lors normal que de nombreux collègues hésitent à s'investir dans une activité considérée comme peu valorisante. Enfin, sur le plan technique, la centralisation des moyens n'a pas facilité l'usage à des fins pédagogiques des matériels informatiques existant dans les universités.

L'apparition sur le marché des micro-ordinateurs doit modifier radicalement certains éléments de cette situation. En effet, ce type de matériel, d'un prix de revient accessible et dont les performances ne cessent de croître, peut être utilisé dans les locaux ordinaires d'enseignement et confié aux étudiants sans risques excessifs de détérioration. La plus grande disponibilité de ces matériels permet à l'enseignement une certaine appropriation de l'outil informatique ce qui contribue également à lever certains obstacles psychologiques.

Il reste que l'intérêt pédagogique de l'usage de l'ordinateur n'est pas également perçu par tous. Pourtant, les expériences en vraie

* *Personne à laquelle la correspondance doit être adressée.*

Dans l'encadré de l'article « Les pseudo-ondes chimiques » de M. Sadoun-Goupil, P. de Kepper, A. Pacault et C. Vidal *, il faut lire :

$[H_2O_2]_0 = 1{,}1$; $[HClO_4]_0 = 0{,}06$; $[AM]_0 = 0{,}05$; $[MnSO_4]_0 = 0{,}008$; $[KIO_3]_0 = 0{,}05$; Thiodène = 7 gl^{-1}.

* *L'actualité chimique*, 1982, **7** (Septembre), 37.

grandeur menées tant en France (1) qu'à l'étranger (2, 3) ces dix dernières années ont démontré que l'Enseignement Assisté par Ordinateur (E.A.O.) pouvait présenter des qualités spécifiques indéniables. Parmi celles-ci, en se limitant aux plus évidentes, on note : l'individualisation de l'apprentissage, l'adaptation au niveau et au rythme de travail de chacun, l'intérêt accru et le développement de l'attention de l'apprenant, la possibilité d'une évaluation formative non pénalisante. Ces qualités sont plus facilement et surtout mieux exploitées si l'on dispose d'un système informatique qui permet de créer et de gérer des dialogues interactifs évolutifs. De tels systèmes seront bientôt disponibles sur micro-ordinateur grâce aux efforts de l'Agence pour le Développement de l'Informatique. A l'heure actuelle, l'essentiel de ces qualités peut néanmoins se retrouver dans des séquences d'apprentissage faisant appel à la micro-informatique pour tenter de surmonter des difficultés d'ordre didactique qui sont mal résolues par les moyens traditionnels d'enseignement.

L'enseignement de la cinétique chimique vise des buts généraux qui se situent aux différents niveaux des taxonomies faisant référence dans la définition des objectifs éducatifs (4, 5). Il n'est pas nécessaire d'aller ici jusqu'à la formulation d'objectifs spécifiques détaillés pour s'accorder sur l'importance qu'il y a pour l'étudiant :

- d'acquérir une bonne connaissance et compréhension des principes généraux et méthodes de la cinétique,
- de développer sa compétence dans la formation quantitative de problèmes et le traitement des données,
- de s'entraîner à mettre au point des plans d'expériences, à formuler des hypothèses et en déduire les conséquences,
- de développer son aptitude à concevoir, comparer, valider des modèles compatibles avec les données expérimentales.

La réalisation de ces objectifs suppose une participation active de l'étudiant à sa propre formation devant conduire à son autonomie : autonomie dans la maîtrise de la démarche intellectuelle, dans la capacité d'intégrer de nouvelles connaissances et de rechercher les informations nécessaires à la résolution d'un problème. De nombreuses tentatives ont été faites et recommandées ces dernières années pour développer cette participation, en particulier en renforçant le rôle du travail en laboratoire (6). Elles n'ont rencontré dans les faits que peu d'écho dans le système universitaire français.

La structure institutionnelle est probablement trop rigide pour que la traditionnelle fragmentation entre cours magistraux, travaux dirigés et travaux pratiques puisse être facilement remise en cause. D'autre part, les contraintes matérielles (crédits, équipements, locaux et personnels) font que l'on assiste plutôt à une dégradation de la situation en ce qui concerne le caractère expérimental de nos enseignements. Marc Laffitte (7) dénonçait les effets pernicieux de cette progressive « évacuation de l'expérience » de l'enseignement de la chimie.

Des expériences récentes développées en France en nombre significatif (8) permettent de penser que l'utilisation de micro-ordinateurs peut contribuer au renouvellement des pratiques pédagogiques dans le cadre des structures existantes. Il ne faudrait pas croire pour autant que le seul recours à l'ordinateur garantisse ou même facilite forcément la réalisation des objectifs généraux définis plus haut. Il demeure très difficile d'évaluer *a priori* l'apport pédagogique effectif des caractéristiques de l'ordinateur dans l'une ou l'autre des situations d'apprentissage qu'il permet de créer. Pour aborder avec un minimum de rigueur cette importante question de l'évaluation, il faudrait disposer d'un cadre méthodologique qui n'est pas encore bien établi. Néanmoins, si on centre l'analyse sur l'activité de l'apprenant, cette dernière permise par le recours à une méthode informatique, il doit être possible d'apprécier (sinon de mesurer) les potentialités pédagogiques de cette méthode. En nous appuyant sur des exemples (qui ne doivent pas être considérés comme exemplaires), nous exposerons quelques-unes des possiblités offertes par la micro-informatique dans l'enseignement de la cinétique chimique.

I. Illustration de modèles cinétiques

Simulation stochastique de l'acte réactionnel élémentaire

Les notions de molécularité et d'ordre sont parmi les plus délicates à enseigner au niveau du premier cycle. En effet, la première est introduite au niveau moléculaire à partir de la notion de processus élémentaire, tandis que la seconde est définie par la forme de la loi de vitesse établie expérimentalement. Le passage du niveau microscopique au niveau macroscopique nécessite le recours à la théorie des collisions qui ne peut être développée avec une rigueur suffisante au premier cycle.

Une simulation stochastique des chocs moléculaires effectuée par tirage de billes représentant les molécules en présence permet une appréhension « concrète » de la probabilité de ces chocs. La notion d'efficacité de ces chocs peut être prise en compte de manière analogue par tirage d'un nombre aléatoire et lecture dans une table de distribution d'énergie. Cette méthode (dite de Monte-Carlo) trouve ses limites pratiques dans le nombre élevé de tirages nécessaires pour obtenir des résultats significatifs. Le recours à un micro-ordinateur en augmentant la vitesse des tirages et la taille de l'échantillon permet d'appliquer cette méthode très rapidement. M. Carlier et A. Perche (9) ont mis au point un programme très simple, nécessitant un espace mémoire réduit, qui est utilisé par les étudiants eux-mêmes au cours des séances de travaux dirigés pour vérifier que, pour des processus élémentaires, l'ordre observé a la même valeur que la molécularité. Le même programme permet de générer des courbes d'évolution des concentrations des produits participant à des réactions complexes comportant plusieurs étapes élémentaires mono- ou bimoléculaires. A partir d'un ensemble préétabli de courbes correspondant à des concentrations initiales différentes, les étudiants doivent proposer un schéma réactionnel compatible avec les données à leur disposition et déterminer les valeurs des constantes de vitesse associées (10).

Ce type de démarche permet d'éviter la confusion fréquente entre ordre, molécularité et coefficient stœchiométriques. Elle favorise un travail individuel actif et amorce l'apprentissage d'une stratégie expérimentale.

Illustration du comportement cinétique de réactions complexes

Dès qu'un schéma réactionnel comporte plusieurs étapes, le système d'équations différentielles qui représente les lois de vitesse est difficile, voire impossible, à intégrer par les fonctions usuelles. Les relations concentration-temps, lorsqu'elles peuvent être établies, se présentent presque toujours sous une forme complexe. Leur exploitation pour interpréter le comportement cinétique de la réaction est donc ardue. Dans ces conditions, on fait appel à des hypothèses classiques (hypothèses de l'état quasi stationnaire, de l'équilibre rapide, de l'étape dite « déterminante »...) qui conduisent à des expressions simplifiées. Les limites d'application de ces hypothèses sont délicates à cerner au seul examen des relations analytiques concentration-temps. De même, il est difficile d'évaluer la précision avec laquelle sont ainsi déterminées les valeurs des constantes de vitesse.

Lorsque l'intégration analytique des lois de vitesse est impossible ou trop compliquée, l'utilisation d'une méthode d'intégration numérique permet d'obtenir rapidement les courbes concentration-temps pour des jeux arbitraires des valeurs des constantes de vitesse. Des programmes mettant en œuvre ces méthodes sont disponibles sur micro-ordinateurs (11); ils peuvent être utilisés, sans nécessiter de programmation de la part des étudiants. Ils permettent de développer un raisonnement fondé directement sur les schémas cinétiques sans se heurter aux obstacles d'ordre purement mathématique.

Soit, par exemple, le schéma réactionnel $A \rightleftarrows B \rightarrow C$ ne comportant que des étapes monomoléculaires. Malgré la simplicité des équations de vitesse, l'intégration analytique est laborieuse et conduit à des expressions bien trop complexes pour que l'allure

générale du phénomène cinétique puisse se déduire simplement (voir par exemple réf. 12, page 176). Il est peu intéressant de consacrer beaucoup de temps à l'établissement de ces expressions intégrées et à leur exploitation qui constitue uniquement un exercice d'application mathématique d'ailleurs passé de mode. Il est au contraire facile d'intégrer numériquement les équations de vitesse ou encore, plus simplement, d'utiliser directement les relations intégrées dans un programme. Plusieurs modes d'utilisation didactique d'un tel programme sont envisageables suivant le matériel disponible et le contexte pédagogique : visualisation des courbes obtenues sur écran de télévision en amphithéâtre, photocopies des tracés obtenus sur tables traçantes et interprétation en travaux dirigés, utilisation interactive par l'étudiant...

En s'appuyant sur un ensemble de courbes correspondant à des jeux de constantes de vitesse judicieusement choisis, on peut mettre en évidence les singularités de ces courbes et discuter sur des bases numériques des conditions d'applications des hypothèses simplificatrices classiques. L'interprétation des résultats ainsi obtenus permet d'alimenter une discussion sur l'importance de la précision nécessaire des « mesures » cinétiques lorsqu'on cherche à justifier un mécanisme complexe.

Lorsque le schéma réactionnel considéré comporte plus de quatre ou cinq étapes élémentaires et lorsque les valeurs des constantes de vitesses diffèrent d'un facteur supérieur à cent, le temps de calcul que requièrent les méthodes d'intégration numérique sur micro-ordinateur peut devenir excessif pour qu'une utilisation en temps réel avec les étudiants puisse être envisagée. Il faut alors avoir recours à des machines plus puissantes et préparer les données avant les séances d'enseignement (13).

II. Individualisation du travail de l'étudiant

Génération de données individualisées

Ainsi que nous l'avons souligné dans l'introduction, l'enseignement de la cinétique ne saurait se concevoir sans un travail personnel de l'étudiant dont une part se concrétise sous la forme d'exercices et de problèmes. Il serait certainement très bénéfique de pouvoir fournir à chaque étudiant un problème individuel. La réalisation de ce projet, pourtant peu ambitieux, implique un travail de préparation et de contrôle jugé excessif. De surcroît, il faut tenir compte de l'encombrement des services dactylographiques lorsqu'ils sont ouverts aux tâches relatives à l'enseignement. Un équipement composé d'un micro-ordinateur, d'une imprimante légère, d'une photocopieuse et complété éventuellement par un traceur de courbes peut rendre des services considérables à l'enseignant. En effet, à l'aide de programmes écrits spécialement, il est facile de générer des données individualisées et d'éditer automatiquement les énoncés correspondants accompagnés de leur corrigé type détachable (ces derniers sont essentiellement destinés à simplifier le travail de contrôle des résultats de chaque étudiants).

Les facilités ainsi offertes rendent possible l'organisation du travail individuel au sein de petits groupes. Ce travail en groupe retrouve tout son intérêt puisqu'il favorise alors la recherche et la communication de *méthodes* de résolution au lieu du simple transfert de *résultats*. Cette organisation du travail permet de traiter, dans un même temps, une plus grande variété de situations que les travaux dirigés classiques où tout le monde fait la même chose en même temps. Cette variété justifie une mise en commun et une analyse collective des résultats de chaque groupe.

Par exemple, l'étude cinétique de l'hydrolyse basique des amides en série aliphatique peut être choisie pour aborder l'influence des substituants sur la réactivité. Chaque étudiant reçoit les données correspondant à une (ou des) expériences menées à une température pour un substituant. Les résultats individuels (éventuellement contrôlés) sont interprétés dans le petit groupe foré par les étudiants ayant eu le même substituant. On en déduit les grandeurs thermocinétiques relatives à ce composé. La synthèse des résultats obtenus par l'ensemble des groupes est alors possible, elle permet d'amorcer des recherches de corrélation structure/comportement ou comportement/comportement. Ce travail peut être extrêmement enrichissant car il permet de discuter de la convergence des résultats, de la présence éventuelle de résultats singuliers, de la précision des déterminations des constantes, d'introduire les méthodes de recherche des corrélations, etc.

L'enseignant abandonne alors son rôle conventionnel qui « l'enferme dans le canal quasi exclusif de la communication verbale » (14) pour se consacrer à la tâche de concepteur et d'organisateur d'une situation d'apprentissage dans laquelle le rôle actif principal sera tenu par l'étudiant, lui-même se cantonnant à l'animation et au conseil.

Création de « situations-problèmes »

La situation décrite précédemment repose sur l'utilisation de documents établis préalablement à leur exploitation par les étudiants. Cette méthode néglige une des caractéristiques des micro-ordinateurs les plus intéressantes sur le plan pédagogique : l'interactivité. Dans le cas où l'on disposerait d'un nombre suffisant d'appareils, il est tentant de rechercher à dépasser la simple individualisation des données en visant une plus grande personnalisation de celles-ci. Pour cela, on peut proposer à chaque étudiant un problème défini plus ou moins complètement, en ne lui fournissant pas de prime abord l'ensemble des données nécessaires à sa résolution. Cela bouscule les habitudes de travail prises de longue date; qui, en effet, n'a pas constaté dans la pratique de son enseignement le trouble que provoque chez les étudiants l'énoncé d'un problème qui comporte des données excédentaires ou incomplètes ? Cela constitue d'ailleurs une des causes identifiées d'échec dans la résolution des problèmes (15). A partir de cette « situation problème », chaque étudiant pourra développer un raisonnement personnel en s'appuyant sur les compléments d'information qu'il aura lui-même recueilli. Cette activité qui s'apparente à la conduite d'un projet prend un caractère beaucoup plus réaliste que celui de la plupart des problèmes conventionnels.

On peut rendre ce type d'approche compatible avec les contraintes horaires imposées par des emplois du temps surchargés en développant des programmes conversationnels donnant à l'étudiant la possibilité de consulter des minibases de données spécialisées. Si on ne veut pas restreindre, *a priori*, le choix de l'étudiant aux seules informations pertinentes, on ne peut se satisfaire d'une simple sélection parmi les éléments d'une liste finie. Il est alors souhaitable, sinon nécessaire, d'autoriser une interrogation en langage libre ce qui implique le recours à un analyseur sémantique simple (recherche par mots clefs, détection des négations, reconnaissance de certaines requêtes,...). La phase de mise au point avec les premiers groupes d'étudiants devra permettre d'enrichir la base de données et les tables de mots clefs pour réduire à un taux acceptable le nombre d'interrogations non ou mal reconnues.

Des expériences très poussées ont été développées, dans ce sens, sur des systèmes spécialisés, par exemple en chimie analytique (16), médecine (apprentissage du diagnostic (17) ou en génie électrique (18) mais aucune application n'a été décrite en cinétique chimique. Un programme de ce type a néanmoins été ébauché sur micro-ordinateur par C. Marco, Mme L. Magis et M. Millet *. Le but de ce programme est d'amener l'étudiant à faire la distinction entre les mécanismes SN_1 et SN_2 pour une réaction du type : $R\text{-}X + Y \xrightarrow{S} R\text{-}Y + X$ (niveau premier cycle). R est choisi

* *Programme élaboré lors du stage de formation à l'EAO — ReCoDiC, Nice, oct. 81.*

aléatoirement par le programme parmi une liste préétablie. L'étudiant peut alors choisir deux éléments parmi les trois restants : X, Y et S. Le cadre du problème étant fixé, il peut obtenir à sa demande diverses informations relatives : à la polarité des solvants, aux propriétés nucléophiles et nucléofuges des substituants, à l'évolution au cours du temps des réactifs, à l'influence de la nature du solvant sur la vitesse, à l'effet de la réaction sur l'activité optique du substrat, etc. Ces informations sont délivrées au cours d'un dialogue étudiant-programme entrecoupé de questions. L'étudiant est ainsi amené à émettre une hypothèse sur le mécanisme (SN_1 en SN_2) de la réaction, puis à tenter de confirmer cette hypothèse par des observations complémentaires. A la fin du dialogue, la machine édite la liste des renseignements demandés ainsi que les réponses fournies par l'étudiant aux différentes questions. Ce document est remis à l'enseignant qui peut ainsi intervenir de façon plus pertinente et personnalisée.

Il est à noter que, dans cette approche, les renseignements fournis à l'étudiant à la suite de ses requêtes sont généralement extraits du programme lui-même ou préexistent dans une base de données qu'il suffit de consulter. Le problème est plus complexe lorsque ces renseignements doivent être calculés et, en particulier, lorsqu'il existe un grand nombre de paramètres dont la valeur est susceptible de varier. Il est alors nécessaire de construire un modèle de simulation.

III. Formation à la méthodologie expérimentale

La cinétique est probablement une des branches de la chimie dont l'étude se prête le mieux à la formation de la méthodologie expérimentale. En effet, la grande variété des modèles cinétiques permet de mettre l'étudiant en situation de recherche en associant étroitement l'expérimentation, la construction de modèles et leur mise à l'épreuve. Malheureusement, nombreuses sont les contraintes qui viennent réduire la portée pédagogique des travaux de laboratoire tels qu'ils sont effectivement trop souvent pratiqués. Au-delà des problèmes matériels, la difficulté majeure réside dans le temps qui est nécessaire pour conduire de manière autonome l'étude cinétique d'une réaction même simple. Les limites d'horaires font que, pour aboutir à un « résultat » au cours d'une séance de travaux pratiques, on se trouve contraint d'imposer un protocole opératoire dans lequel les conditions expérimentales sont fixées *a priori*. Si des manipulations réalisées dans ces conditions de guidance stricte permettent à l'étudiant de se familiariser avec les techniques du laboratoire, elles le prive de l'essentiel de la démarche expérimentale. La réalisation effective des expériences ne constitue qu'un aspect, indispensable certes, mais ne devant pas exclure pour autant les autres aspects de la démarche globale : formulation des hypothèses, établissement du plan d'expérience, élaboration des modèles, essais de validation, recherche des limites de validité, etc. Le recours à la simulation d'expérience permet d'éviter cet écueil.

Une séquence d'enseignement par découverte guidée incluant la simulation d'expérience devrait être organisée de la façon suivante :
a) présentation d'un champ d'investigation et définition des objectifs propres à l'étude proposée,
b) établissement d'un protocole expérimental, montage de la manipulation et réalisation des mesures,
c) analyse et discussion de ces premiers résultats,
d) mise au point du plan d'expérience et conduite de ces expériences par simulation. L'étudiant peut alors s'engager dans une démarche personnelle le conduisant à l'élaboration d'un modèle compatible avec ses « observations », réelles ou simulées.

Le recours à l'ordinateur pour simuler les expériences (phase d de la séquence d'enseignement) permet d'étendre considérablement le champ expérimental et de laisser à l'étudiant une grande initiative dans son travail. Le faible coût d'utilisation et la rapidité d'obtention des résultats autorise une stratégie non directive dans laquelle le « droit à l'erreur » n'est pas exclu *a priori*. Cette condition nous semble essentielle à la formation méthodologique et au développement de l'autonomie de l'apprenant.

Bien évidemment, cette approche ne doit pas négliger l'aspect concret qui est pris en compte au cours de la phase b). Au contraire même, en évitant le caractère répétitif nécessairement fastidieux de longues séries de mesures, on peut prendre le temps d'insister sur certains détails opératoires. Il est dès lors possible de mettre l'accent sur la réalisation des objectifs pédagogiques spécifiques du travail de laboratoire. Au niveau de la phase c), le recours à un micro-ordinateur ou à une calculatrice programmable permet également de gagner un temps précieux en simplifiant les calculs préalables à l'interprétation des résultats.

De nombreux programmes de simulation d'expériences cinétiques ont été décrits (19, 20). Pour notre part, nous avons développé un système utilisable sur micro-ordinateur : ESSOR (Expérimentation Scientifique Simulée sur Ordinateur (21). Ce système est utilisé depuis plusieurs années dans diverses universités aussi bien au premier qu'au second cycle. Les exemples choisis couvrent les cas suivants :
- addition en phase gazeuse de l'acroléine sur le butadiène (système de réactions compétitives du second ordre)
- chloration catalytique des hydrocarbures aromatiques (réaction d'ordre 2 dégénérée par le solvant et perturbée par des associations Cl_2-solvant)
- formation du chlorure de nitrosyle (réaction équilibrée du second ordre)
- déshydrogénation catalytique des alcools secondaires (catalyse hétérogène et inhibition de la réaction par la cétone formée).

D'autres exemples peuvent être choisis en suivant la même structure modulaire de programmation. Les programmes du système ESSOR comportent des aides pédagogiques mais ne sont pas conçus pour guider étroitement l'étudiant dans sa démarche, ce qui irait à l'encontre du but poursuivi. De notre point de vue, si « guidance » il doit y avoir, cela doit rester du ressort de l'enseignement qui se trouve ainsi jouer le rôle de personne ressource engagée au côté de l'étudiant dans une pratique de recherche scientifique, qui pour être simulée, n'en reste pas moins captivante et formatrice.

Conclusion

Nous n'avons pas la prétention d'avoir cerné ici toutes les applications didactiques de la micro-informatique qui pourraient être innombrables. En nous limitant au cas particulier de la cinétique chimique, nous avons voulu illustrer quelques-unes des potentialités offertes par cette technique comme nouvel instrument didactique. Les exemples décrits doivent être considérés comme des directions de travail *a priori* parmi les plus prometteuses mais dont l'intérêt réel et les limites ne sont pas encore parfaitement connus. Le couplage avec des moyens audio-visuels ou vidéo permet une intégration facile dans le cours magistral; de même, l'utilisation directe par l'étudiant en libre accès ne pose pas de problème technique particulier. La baisse des coûts de ces matériels ainsi que le prochain équipement dont seront dotées toutes les universités par les efforts conjoints de l'A.D.I. et du Ministère de l'Industrie permet d'envisager des séances de travaux dirigés dans lesquels chaque étudiant disposera d'une machine autonome assez puissante. Il reste que l'écriture de programmes d'intérêt didactique est coûteuse en temps, que leur validation nécessite une expérimentation avec des groupes témoins d'étudiants. Il est donc indispensable d'éviter la duplication des efforts, de favoriser la

diffusion des programmes ainsi que la confrontation d'expériences. Dans ce but, le Centre Documentaire ReCoDiC Informatique-Enseignement Chimie a fait paraître, fin 1981, (avec le soutien du Ministère, bureau DESUP 12) le premier inventaire des équipes et réalisations francophones (22); l'actualisation de cet inventaire est en cours. Dans la même perspective, le mouvement ReCoDiC a constitué un groupe de travail sur l'E.A.O. en chimie (23) qui fait paraître un bulletin de liaison et organise des séminaires de réflexion et des ateliers d'auto-information. Si certains des lecteurs de ce journal venaient renforcer ce réseau, un de nos objectifs aurait été atteint.

Bibliographie

(1) « Bilan comparatif des expériences de rénovation pédagogique en enseignement assisté par ordinateur », Ministère des Universités, Bureau des techniques nouvelles d'enseignement, Paris, 1979.
(2) R. W. Collins, in « Computers in teaching chemistry, a state of the art report » CONDUIT Report, University of Iowa, Iowa City, 1977, p. 39.
(3) P. Lykos, « The computer role in undergraduate chemistry curricula » UNESCO, Division of Scientific Research and Higher Education, Paris, 1976.
(4) B. S. Bloom, « Taxonomie des objectifs pédagogiques » Tome 1 : domaine cognitif. Éducation nouvelle, Montréal, 1970.
(5) R. F. Mager, « Goal analysis », Fearon Publishers, Belmont California, 1972.
(6) S. A. Achmad, in « Tendances nouvelles de l'enseignement de la chimie, vol. IV » UNESCO, Paris, 1975, p. 69.
(7) M. Laffitte, in actes du « Colloque sur la chimie expérimentale dans le premier cycle », Société Chimique de France, Montpellier, 1980.
(8) Actes des premières Journées Nationales « Méthodes Informatiques dans l'Enseignement de la Chimie », ReCoDiC, Marseille, sept. 82.
(9) M. Carlier et A. Perche, in actes des « Journées de chimie-physique et informatique », Société de Chimie Physique, Gif-sur-Yvette, 1980, p. 162.
(10) A. Perche, Document pédagogique à usage des étudiants de licence, Université de Lille I, 1982.
(11) R. N. Stabler et J. P. Chesick, *Intl. J. Chem. Kinet.*, 1978, **10**, 461 et J. P. Chesick, *J. Chem. Educ.*, 1979, **56**, 585.
(12) A. A. Frost et R. G. Pearson, in « Kinetics and Mechanism », 2nd Ed. J. Wiley et Sons Inc., New York, 1961, p. 176.
(13) V. Viossat et J. Tardieu de Maleissye, « Simulation de mécanismes réactionnels : réactions simples et réactions en chaînes ramifiées » in réf. 8.
(14) P. Dalceggio, *Pédagogiques*, 1980, **1** (n° 1), 19.
(15) M. Frazer, Conférence NYHOLM 1982, Royal Society of Chemistry. Disponible en français au CUDNME, 40, avenue du Recteur Pineau, 86022 Poitiers Cedex.
(16) J. J. Kessis, J. Martin et J. P. Ciabrini, *L'actualité chimique*, 1975 **11** (novembre), 23.
(17) F. M. Blondel, J. F. Boyer, G. Flandrin, G. Latge, J. P. Levy, I. Ngosso, N. Salame, P. Satory et B. Varet. In « Computers in Education », I.F.I.P. Lecarme et Lewis Eds. North Holland, Amsterdam, 1975, p. 519.
(18) A. Bolopion, Thèse de Docteur Ingénieur, Université Scientifique et Médicale de Grenoble, n° C.N.R.S. : A.O. 11.742, 1975.
(19) F. A. Houle et D. L. Bunker, *J. Chem. Educ.*, 1981, **58**, 405.
(20) C. H. Suelter et D. Hill, *J. Chem. Educ.*, 1981, **58**, 889.
(21) D. Cabrol et C. Cachet, *Eur. J. Sci. Educ.*, 1981, **3**, 303.
(22) Inventaire du Centre Documentaire Coopératif Informatique, Enseignement Chimie, ReCoDiC, D. Cabrol, Université de Nice, 1981.
(23) Voir *L'actualité chimique*, 1981, **2** (février), 21.

5e Journées internationales de l'éducation scientifique

Les cinquièmes Journées sur l'éducation scientifique se dérouleront les lundi 31 janvier, mardi 1er et mercredi 2 février 1983, à Chamonix, au Centre Jean Franco.
Le thème retenu cette année est : *« Quels types de recherches pour rénover l'éducation en sciences expérimentales ? »*.

Ce thème correspond à quatre grandes préoccupations :
1. L'état des recherches actuelles et les nouvelles orientations.
2. Les apports de la recherche à une formation des enseignants pour la rénovation des enseignements.
3. La liaison entre recherche et pratique de l'enseignement, et notamment le rôle des enseignants dans la recherche.
4. Les objets, problèmes, méthodes et techniques de la recherche pour la diffusion ou l'appropriation du savoir scientifique à l'école et hors de l'école.

Ces Journées sont organisées avec le soutien des Universités Paris VII, (UER de didactique des disciplines et LIRESPT), de Genève (Faculté des Sciences et FPSE, Section sciences de l'éducation, Laboratoire de didactique et épistémologie des sciences) et le concours des Universités de Rouen, Rome, Québec, Louvain.

Les renseignements peuvent être obtenus à l'adresse suivante : (Secrétariat du Comité d'Organisation UER de didactique des disciplines, Tour 45-46, 1er étage, 2, place Jussieu, 75005 Paris. Tél. : 336.25.25; poste 56.33.

Les Journées de Chamonix

Les Journées de Chamonix sur l'éducation scientifique sont nées en 1979 pour permettre la rencontre entre des enseignants et didacticiens de tous niveaux et des chercheurs des disciplines fondamentales intéressés par l'éducation scientifique : épistémologie et histoire des sciences, psychologie et sociologie, linguistique et mathématique, sciences de l'éduction, biologie, chimie, géologie, physique, technologie, auxquels se sont joints au cours des années, des journalistes, des animateurs, des vulgarisateurs, des muséologues, des éditeurs, des ingénieurs et des industriels.

Elles sont devenues un lieu privilégié de rencontre, d'échanges et de réflexions regroupant un nombre important de participants francophones d'origines très diverses.

Les thèmes des dernières années ont été les suivants :
1979 : les démarches scientifiques expérimentales; théorie et pratique : 40 participants;
1980 : la construction des concepts : 140 participants;
1981 : appropriation et diffusion du savoir scientifique : enseignement et vulgarisation : 240 participants; 12 nationalités;
1982 : l'information de l'éducation scientifique; 280 participants, 15 nationalités.

Les actes peuvent être commandés au secrétariat du Comité d'organisation. Participation aux frais : 25 F.