Pourquoi une recherche en « Chemical Education » ?

par M^{me} Alexandra Kornhauser

(Professeur à l'Université de Ljubliana, Yougoslavie).

En septembre 1977 s'est tenu à Ljubliana un symposium sur la « Chemical Education » organisé par l'IUPAC et l'UNESCO avec la participation de la Fédération des Sociétés Chimiques Européennes (FECS). Cette dernière avait organisé à la suite de ce symposium des journées sur les problèmes et prospectives pour l'éducation en chimie dans la décade à ventr.

Au cours de cette rencontre, M^{me} Alexandra Kornhauser, Professeur à l'Université de Ljubliana, a présenté une conférence plénière sur la recherche en éducation dans le domaine de la chimie. Cette conférence nous a paru suffisamment importante par l'ampleur des problèmes qu'elle soulève pour que nous en reproduisions le texte in extenso dans l'Actualité chimique.

C'est volontairement que le terme « Chemical Education » n'a pas été traduit. En effet, ce terme anglo-saxon recouvre, comme on le verra, des problèmes plus généraux que ceux de l'enseignement, mais ne peut pas non plus être traduit exactement par « Education en chimie ». J'ai donc laissé dans le texte le mot « Chemical Education » contracté sous la forme « C.E. », en attendant de trouver un terme adéquat, qui ne soit ni du franglais ni une périphrase trop longue.

La conférence se termine par une abondante bibliographie, qui n'a pas été reproduite, mais qui peut être demandée au signataire de ces lianes.

R. Viovy, Président de la Division Enseignement de la chimie de la S.C.F., 92211 Saint-Cloud.

A la fin du 20° siècle, l'éducation est devenue un besoin et un droit pour chaque être humain. C'est la condition de la survie de la race humaine, l'espoir dans le progrès et la promesse d'une vie plus riche et plus heureuse pour les hommes.

La chimie est une science essentielle dans ce développement. En même temps, les sciences en général et la chimie en particulier, représentent aussi une menace. Leurs résultats peuvent être utilisés pour le bien ou le progrès, ou au contraire, contribuer à la destruction de l'homme et de la nature. Le choix en appartient à l'homme. Ses normes éthiques, développées par l'éducation, sont la clé des solutions futures.

« C.E. » n'avait jamais été destinée auparavant à d'aussi hautes finalités. L'approche

purement pragmatique, utilisée encore dans la première moitié de notre siècle, ne satisfait plus aux nouvelles demandes.

Une recherche intensive dans ce domaine est indispensable pour plusieurs raisons :

1. La croissance exponentielle de l'information sur les résultats scientifiques rend les programmes basés sur ce contenu, lourds et inadéquats. De nouveaux programmes indépendants et utilisant des approches basées sur la découverte et les méthodes actives ont été mis au point pour les différents niveaux de l'éducation.

2. Les théories fondamentales de la chimie sont de plus en plus abstraites et de moins en moins compréhensibles pour la majorité des gens. Il est donc nécessaire de développer des méthodes d'enseignement aidant le développement de la pensée formelle.

3. Le changement complexe et rapide de la technologie requiert non seulement plus de connaissances et de compréhension, mais aussi une meilleure adaptabilité aux situations nouvelles, et un esprit créatif pour un

rôle actif au sein de celles-ci.

4. Pour combler l'énorme fossé qui existe en éducation entre pays développés et en voie de développement des efforts importants doivent être faits dans ces derniérs.

5. La démocratisation plus grande fait que plus de gens ont à prendre de décisions. Depuis que l'homme sait qu'il est réellement capable de choisir, l'éducation est la condition du progrès dans les relations sociales. On doit développer le contenu et les méthodes des aspects sociaux de la chimie et de la technologie.

6. La science au même titre que les arts est en train de devenir une partie importante de la culture humaine. Les aspects culturels de la chimie doivent être compris et ses aspects humains expérimentés. Pour cette tâche on dispose simplement d'un certain travail his-

torique.

La recherche fondamentale, appliquée et développée, constitue le besoin essentiel en « C.E. » pour les décades à venir. Une telle recherche doit répondre aux critères cidessus énoncés. Elle doit aussi être évaluée par rapport aux buts que l'on s'est fixés.

Il y a donc une nécessité de recherche en « C.E. ». Où en sommes-nous ? Une tentative de réponse à cette question est donnée dans la récente littérature qui sera résumée dans les paragraphes suivants.

Recherche générale en « C.E. »

Depuis plus de 50 ans, des psychologues expérimentaux ont essayé de définir des étapes dans l'apprentissage des étudiants et de rechercher les meilleures conditions de succès. La psychologie a essayé de décrire les étapes du développement de la pensée de l'étudiant. Ces efforts forment la base de la théorie générale de l'enseignement de nos jours. Très peu d'enseignants chimistes ont participé à ces équipes de recherches psychologiques.

Mais, en relation avec les résultats, de nombreux chimistes ont étudié de nouveaux programmes.

Nous mentionnons ici quelques exemples pris dans la littérature anglaise qui est l'une des plus riches :

 Nuffield Foundation: Combined Science, Longman, 1970.

• Nuffield Foundation: Secondary Science, Longman/Penguin, 1971.

• Nuffield Foundation : « O » level Chemistry, Longman/Penguin, 1966.

• Nuffield Foundation : « A » level Chemistry, Penguin Education, 1970.

• Revised Nuffield Chemistry, Longman, 1975.

• Schools Council Integrated Science, Longman/Penguin, 1973/74.

• A.H. Johnstone, T.I. Morrison, Chemistry Takes Shape, Heinemann, 1970.

 Schottish Secondary Science, Heinemann, 1974.

 National Science Foundation: Chemical Bond Approach/Chemical Systems, Mc Graw-Hill, 1964.

 National Science Foundation: Chemical Education Material Study (CHEM-Study), W.H. Freeman, 1963.

• IAC - Interdisciplinary Approaches to Chemistry, Harper & Row, 1974.

• ASEP-Australian Science Education Projet, 1969-1974.

Il y en a un certain nombre d'autres, moins connus, en particulier à cause de la barrière des langues.

Dans ces articles, on trouve des analyses sur ces sujets, et on développe des méthodes d'enseignement, qui s'appuient sur des tests, des manuels de laboratoires, des livres du maître, des films et d'autres moyens audiovisuels, des modèles d'expérience, des textes, etc... Des cours de recyclage sont organisés pour des enseignants et on analyse les résultats.

Dans plusieurs projets on a intégré les efforts des professeurs de chimie aux niveaux élémentaire, secondaire, et supérieur. Des chercheurs ont aussi participé à certaines expériences. Cependant, les psychologues en sont généralement absents.

Les deux approches, la première orientée vers une théorie générale de l'apprentissage, la seconde vers le contenu et les méthodes utilisés dans les programmes, négligeaient le fait que l'éducation est un processus qui ne peut pas être séparé en différentes parties.

On a éprouvé les mêmes difficultés dans toutes les sciences expérimentales et même en mathématiques (Bauersfeld, 1976). Actuellement, on favorise dans la recherche en « C.E. » le développement de théories plus complexes sur l'enseignement et l'apprentissage avec des apports de la psychologie, de la sociologie et en tenant compte des interactions entre science, technologie, programmes, étudiants, enseignants et sociétés.

Ce processus complexe vient seulement de débuter. Aussi beaucoup de rapports en « C.E. » se réfèrent encore à l'approche ancienne, partielle, avec une évaluation problématique des résultats, où la recherche est basée sur l'empirisme avec un concept de créativité encore très réduit.

Un grand nombre de travaux sont consacrés à l'étude des relations entre deux variables à partir d'exemples représentatifs sélectionnés. Il se trouve relativement peu de chercheurs pour répondre aux questions du type suivant :

« Est-ce que le résultat de la méthode A est plus positif avec des étudiants très motivés et celui de la méthode B evec des étudiants peu motivés ? » Avec les meilleurs étudiants, les plus mauvais, dans des classes chargées, peu chargées, etc...

La question suivante est aussi très à la mode : dans quelles mesures, les résultats de la « C.E. » ont-ils un rapport avec le sexe ?

Les résultats de ces études, si on les compare avec le processus général de l'éducation, donne peu de résultats utiles et un grand nombre de statistiques non significatives et même contradictoires. Quelques études sérieuses ont été faites (R. Yeany, Yr. 1976; W.H. Ward, 1976), mais leur nombre est insuffisant.

Des conclusions générales valables ne peuvent pas être trouvées à partir d'investigations partielles et isolées, et sans considérer les interactions des divers paramètres qui influencent le processus éducatif.

De plus, le facteur le plus important en éducation est négligé dans ces études générales, c'est-à-dire l'influence de la société. Enfin le développement des attitudes et aptitudes n'est pas un phénomène seulement influencé par la génétique, mais il est influencé en grande partie par le milieu familial et social. Ceci est prouvé non seulement par de sérieuses études mais aussi par des millions d'histoires de vies humaines.

Mais il serait faux de considérer toute la recherche générale théorique comme inutile dans l'introduction d'une recherche spécifique en « C.E. ».

Plusieurs études sont consacrées aux relations enseignant-science-éducation: R.L. Shrigley, 1976; W.R. Brown, 1977; R.D. Earl, D.R. Winkeljohn, 1977; R.D. Simpson, D.R. Brown, 1977; L.F. Wolfe, 1977. La plupart d'entre elles ne concernent que la science intégrée au niveau élémentaire. Ceci s'explique par l'absence de chimistes dans de telles équipes de recherche, dont le résultat est souvent une sélection problématique du contenu, du volume et du niveau de la chimie.

Les études au niveau secondaire sont rela-



Photo 1. L'hypothèse de recherche selon laquelle la différence de sexe entre l'enseignant et les étudiants augmente chez ces derniers l'intérêt pour la chimie semble être vraie. En tout cas, ces jeunes filles semblent très intéressées...



Photo 2. Naturellement il y a des raisons de penser que cette hypothèse n'est pas toujours vérifiée...

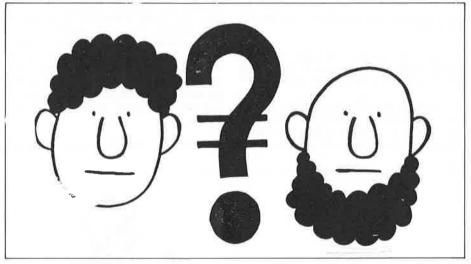


Photo 3. Les études en éducation sur l'interdépendance de deux paramètres ont quelques fois plusieurs interprétations possibles. Il est évident que le même nombre de poils par cm² n'a pas nécessairement la même signification...

tivement rares (R. Lazarowitz, 1976; R. Lazarowitz, A.E. Lee, 1976). Elles le sont encore plus pour le niveau supérieur où on ne trouve qu'une très petite coopération interdisciplinaire. Dans leurs conclusions, plusieurs études critiquent les enseignants. Selon elles, les professeurs persistent dans leur enseignement traditionnel, ils sont conservateurs et n'acceptent pas les changements nécessaires dans l'éducation. Cependant, les maîtres accusent les chercheurs en éducation de ne leur fournir que peu d'enseignements utiles et pratiques.

Des auteurs plus tolérants essayent de trouver une explication. L'efficacité du travail d'un professeur est la somme de sa connaissance scientifique, de son attitude envers la

chimie, et l'enseignement de celle-ci, et aussi de son expérience passée (M.K. Piper, D.P. Butts, 1976). Cependant on ne tient généralement pas compte des influences du milieu social sur le travail du maître.

Certains auteurs (D.C. Berliner, 1976) doutent de la possibilité de mesurer l'efficacité d'un enseignant. Ceci est très clairement exprimé dans l'étude américaine sur l'évaluation de l'étudiant (M.G. Chisholm, 1977). L'idée est que le travail, l'argent et l'effort ne sont pas nécessaires. La qualité de l'enseignement s'est révélée être indéfinissable et par là non mesurable.

La situation n'est pas beaucoup mieux définie quand il s'agit de la relation étudiantscience-chimie si ce n'est que en-dehors de quelques études (T.J. Harvey, 1977; W.J. Martin, P.E. Bell, 1977), on a testé de nombreux étudiants du niveau supérieur. Quelques études ont essayé de comparer l'attitude des élèves des niveaux élémentaire, secondaire et supérieur envers la science (A.J. Santiesteban, 1976). Cette comparaison « verticale » est très valable si elle est menée dans la même génération.

Beaucoup d'auteurs considèrent que les élèves les plus jeunes ont des difficultés à penser de façon abstraite. Ici la recherche est menée entre deux extrêmes : d'un côté les adeptes de la théorie d'Inhelder-Piaget (1974) et de l'autre leurs opposants.

Le plus grand nombre de chercheurs en « C.E. » s'appuie sur la théorie de Piaget et Inhelder à propos des raisonnements utilisés par les enfants quand ils passent de l'enfance à l'adolescence. Piaget et Inhelder définissent quatre stades du développement dans la croissance d'un enfant :

- le stade senso-moteur (0 à 2 ans),
- le stade préopérationnel (2 à 7 ans),
- le stade des opérations concrètes (7 à 11 ans),
- le stade des opérations formelles (11 à 16 ans).

Ils décrivent aussi les possibilités de chaque stade sous forme d'opérations logiques et systématiques. L'ordre d'apparition de ces stades est invariable selon Piaget et Inhelder. Seule la vitesse de progression peut être affectée par le quotient intellectuel, le milieu, l'expérience, la culture. Chaque stade est une préparation logique du suivant et ainsi cette structure du développement intellectuel peut être considérée comme hiérarchisée.

Un certain nombre d'auteurs se reportent aux études concernant la compréhension des sciences par rapport aux quatre stades de Piaget (K. Lovell, 1974; S. Sayre, D.W. Ball, 1975; A.M. Voelker, 1975; K.E. Benefield, W. Capie, 1976; A.J.D. Blake *et al.*, 1976; R. Karplus, 1977; G.O. Kolodiy, 1977; W.E. Lowell, 1977; R.J. Raven, S.H. Calvey, 1977). Ils proposent de retarder l'introduction abstraite de la chimie à des âges plus avancés.

Les autres, moins nombreux, pensent pourtant que ces ajournements peuvent être dangereux. L'augmentation de l'abstraction dans toutes les sciences et en particulier en chimie appelle des efforts croissants dans le développement de la pensée formelle et cela aussitôt que possible (A.E. Lawson, W.T. Wollman, 1976; L.K. Joyce, 1977, A.E. Lawson, 1977). Certains auteurs (L.E. Schafer, J.L. Byers, 1975) constatent que les aptitudes cognitives peuvent être modifiées au moins en partie par un entraînement spécifique.

Beaucoup d'études de ce type considèrent que les sciences expérimentales, entre autres la chimie, aident beaucoup au développement de la pensée logique de l'enfant (M.C. Linn, H.D. Thier, 1975; R. Karplus, 1977).

En dépit de l'énoncé communément reconnu que le processus éducationnel doit être un processus de communication comprenant tous les participants, il est très difficile de trouver des études sur les relations étudiants-étudiants (R. Good et al., 1976; F. Lawrenz, 1976). Peu d'analyses critiques ont été menées à bien sur le travail d'équipe en éducation, tant entre étudiants eux-mêmes, qu'entre étudiants et enseignants.

Il est difficile de croire combien il existe peu d'études sur les aspects sociologiques en « C.E. », alors que si sérieux sont les problèmes dans cette matière. On ne trouve que quelques études générales sur la sociologie des sciences de l'éducation (J. Plemenitas, 1974; M.F.D. Young, 1974; A. Kornhauser, 1976, 1977).

Des revues et des études faites en coopération par les écoles et les industries chimiques (M.J. Frazer, 1977) et qui donnent beaucoup d'exemples utiles ont une large part dans le développement dans la recherche en « C.E. ».

Les méthodes de statistique formelle sont très souvent utilisées pour des échantillons si petits qu'aucune approche statistique n'est permise. Cependant les questionnaires de toutes sortes qui sont encore très à la mode peuvent être considérés comme un matériel objectif d'analyse.

Il n'est certainement pas question de critiquer tous les questionnaires et techniques similaires. Certains d'entre eux, même si c'est rare, reflètent un système soigneusement étudié à l'avance par les auteurs et posent des questions bien définies. La majorité cependant peut être considérée plus comme un signe de crise créatrice de chercheurs qui ne savent pas quoi chercher, pourquoi et comment le faire, et qui ainsi cherchent autour d'eux des idées ou au moins, des matériaux pour travailler.

Les interviews pourraient être considérées comme un stade plus avancé, même si elles sont encore embarrassées par les erreurs mentionnées plus haut.

Le faible succès de ces tentatives a amené les chercheurs à expérimenter de nouvelles formes d'acquisition de résultats. Certains auteurs (J.E. Penick et al., 1976) donnent ceux qu'ils ont obtenus dans une classe. Malgré des difficultés qui peuvent être dues tant à des fautes de débutants qu'à des incompréhensions, cela amène quelque chose de positif : la recherche dans la « C.E. » sort de la bureaucratie, des situations artificielles et à moitié construites, pour aller vers le réel, l'éducation naturelle et vivante. Ces observations systématiques, mises au point principalement par les chercheurs-éducateurs, en coopération avec d'autres disciplines, en particulier la psychologie et la sociologie, peuvent apporter des résultats. Cela sera particulièrement valable si c'est l'aboutissement de recherches à long terme.

Contenu de la recherche orientée

Pour définir un programme d'études pour la « C.E. » de nombreux aspects doivent être pris en considération :

- 1. Quels sont les buts généraux et spécifiques de la « C.E. » (processus et contenus) (M.J. Frazer, Nov. 1976)? On doit inclure non seulement les aspects scientifiques et technologiques mais aussi les aspects socioculturels.
- 2. Quelles parties de la chimie et de la technologie sont les plus importantes pour atteindre ces buts ? Il faut sélectionner et corriger scientifiquement le contenu de ces travaux avec de bonnes explications scientifiques des derniers résultats en science et en technologie. Des critères doivent être définis pour cette sélection.
- 3. Quelles sont les possibilités matérielles et intellectuelles pour un enseignant de faire une telle sélection? Il faut considérer les aptitudes intellectuelles à différents niveaux et la situation dans les écoles.
- 4. Que doit-on apprendre ? Il est nécessaire de savoir aussi poser les bases d'une évaluation
- 5. Comment définir la relation entre « ce qui devrait être appris (ce qui est enseigné) et ce qui est su » ?

Les buts déclarés pour l'enseignement de la chimie aux niveaux élémentaire et secondaire (6 à 13 ou 14 ans) favorisent les aspects généraux de l'éducation. A un niveau plus élevé, cependant, on apporte plus d'attention au développement de l'indépendance des jeunes gens, à leur orientation professionnelle et à leur aptitude à une approche scientifique.

En relation avec le contenu de la « C.E. », on a choisi comme base de méthode les buts suivants:

- 1. Permettre aux étudiants d'obtenir les connaissances nécessaires, et développer leur capacité à les utiliser.
- 2. Développer chez eux l'habitude d'une

écriture concise, d'une bonne communication orale et de l'esprit d'initiative.

- 3. Développer leur souci d'exactitude.
- 4. Contribuer au développement de la pensée rationnelle et de la discipline dans le travail.
- 5. Développer les possibilités d'une étude indépendante et permanente.
- 6. Développer l'enthousiasme pour l'étude et la recherche dans de nouvelles voies.
- 7. Contribuer au développement du travail en équipes associées.
- 8. Contribuer à la connaissance des problèmes moraux, sociaux, économiques, politiques, scientifiques et culturels de la société.

Des objectifs d'ordre plus élevé peuvent être poursuivis, surtout aux niveaux secondaire et supérieur comme :

- 1. Une approche critique des idées et des processus.
- 2. Une possibilité de surmonter les changements, une faculté d'adaptation à de nouvelles situations.
- 3. Une pensée créative et imaginative, mêmes dans des termes abstraits.
- 4. La possibilité de se servir aussi des problèmes extérieurs à la chimie (économiques, sociaux, culturels).
- 5. La possibilité d'une coopération responsable dans les prises de décisions.

Pour atteindre un but social, la chimie devrait aussi aider les processus de développement chez les jeunes, de sorte qu'ils puissent réussir dans leurs études et leur travail.

Ces buts là ne peuvent être atteints sans une sélection soigneuse du contenu de la « C.E. ».

En dépit du fait que des buts relativement différents à différents niveaux, dans des orientations professionnelles différentes et dans différentes régions, réclament aussi un contenu différent des programmes de chimie, nous pouvons encore trouver de nombreux programmes avec des contenus très semblables et même équivalents. Cela concerne surtout la chimie statique, ordonnée de façon historique et hiérarchique, avec ses divisions traditionnelles en : générale, inorganique, organique, anlytique et physique. La biochimie et la chimie de l'environnement ne sont que peu mentionnées dans les programmes du secondaire et même du supérieur. Quant aux autres branches de la chimie elles en sont totalement exclues. La chimie est très rarement présentée à travers les problèmes interdisciplinaires et les processus dynamiques.

Ceci est vrai aussi quand il s'agit de la préparation à la vie professionnelle. Là aussi, la base est la chimie structurée et traditionnelle mentionnée plus haut. La technologie est, spécialement au niveau secondaire, introduite habituellement comme un additif pour développer l'habileté pratique, surtout de façon empirique et rarement comme une approche scientifique.

On peut noter ici l'opinion de A.H. Johnstone (1977), quand il discute des programmes de chimie : « Nous avons la nette impression que les objectifs sont écrits après que le cours ait été construit. » Beaucoup d'exemples dans la « C.E. » viennent appuyer cette opinion.

Quelles promesses la récente recherche en « C.E. » orientée fait-elle apparaître ? Les études dans ce domaine de recherche peuvent être classées dans les groupes suivants :

- analyses critiques, souvent comparatives des programmes,
- expériences permanentes des projets d'enseignement de la chimie,
- développement de nouveaux cours,
- introduction de nouveaux domaines de chimie dans l'éducation,

- développement des programmes en coopération avec l'industrie,
- développement des cours et des unités d'enseignement avec une approche interdisciplinaire,
- introduction de nouvelles méthodes de recherche et de techniques dans la « C.E. »,
- introduction de processus de communication et d'information dans les programmes de chimie.
- développement de projets pour l'enseignement de la chimie comme sujet principal.

On a peu d'analyses comparatives pour une évaluation du contenu des programmes de chimie (A.K. Holliday, 1973); J.H. Wotiz, 1971, 1973, 1976).

Beaucoup d'entre eux réclament un changement dans l'approche traditionnelle de l'enseignement.

- 1. La « C.E. », même au niveau supérieur, ne peut couvrir entièrement la chimie, une sélection très sévère des matériaux doit être faite.
- 2. A des niveaux plus bas, la chimie ne doit pas être enseignée comme base pour l'enseignement supérieur. Seuls quelques étudiants des écoles élémentaires et secondaires continueront leurs études avec la chimie pour base. On devrait donner plus d'importance au rôle de la chimie dans l'éducation, si on se réfère aux besoins de la société.
- 3. La plupart des étudiants, même au niveau supérieur, ne se lancent pas dans la recherche fondamentale. Toutefois, on devrait apporter plus d'attention aux besoins de l'industrie.

Une évaluation complexe des programmes de chimie avec une analyse de la réaction des étudiants sur des points précis de chimie dans le second degré a été faite en Écosse par A.H. Johnstone, 1974. L'auteur met en garde contre des changements téméraires de programmes et suggère que l'amélioration de ceux-ci se traduise par une croissance en qualité et non en quantité.

Contrairement au nombre relativement petit d'études critiques sur les programmes en « C.E. », les nouveaux cours ou les propositions pour une amélioration des programmes sont très nombreux. Ceci peut certainement être considéré comme une approche créative, mais il y a aussi une objection réelle qui est que certains changements sont faits sans aucune analyse pratique des programmes

Certains auteurs s'insurgent contre des coupures trop grandes dans le volume des programmes de chimie, expliquant qu'une connaissance critique des faits est nécessaire pour être capable de faire une synthèse de la chimie et pour voir les relations qui existent entre elle et les autres sciences.

Si quelque chose doit être supprimé, ce serait la somme de théories encore spéculatives parmi lesquelles beaucoup mentionnent les théories qualitatives à partir de valences et liaisons chimiques, réactivité des molécules, etc... Un appel pour plus de faits dans la chimie et moins de fiction (R.J. Gillespie, 1977) est le signe d'une réinclinaison de l'enseignement de la chimie vers des faits fondamentaux. Les théories pourraient alors essayer d'expliquer ces faits et non pas les remplacer dans la « C.E. ».

A côté des premiers grands projets connus en « C.E. », on a noté un plus petit nombre de nouveaux cours réalisés et souvent aussi évalués. En les analysant, on peut en déduire les orientations suivantes :

- 1. Des cours de chimie au niveau élémentaire (jusqu'à l'âge de 13 ans) sont relativement rares (H. Wagner *et al.*, 1976; G. Hauschild, 1977). La plupart sont de science intégrée.
- 2. Au niveau secondaire, l'intérêt se porte surtout vers la chimie générale (R.W. Munn, A.C. Pratt, 1975; F.M. Garforth, A.H. Johnstone, J.N. Lazonby, 1976; R.B. Nicodemus et al., 1976). Quelques essais ont été faits en stœchiométrie (W. Meese, 1977) et pour les métaux (V.I. Susko, 1975, 1976). On a négligé la chimie organique et la biochimie malgré leur importance grandissante.
- 3. Au niveau de l'Université, on a apporté un soin particulier aux cours pour débutants (B.O. Field, 1973; J.M. D'Auria et al., 1976; M.J. Galton et al., 1976; D. Onwood, 1976). Deux raisons principales expliquent cet effort: d'un côté le mécontentement des chercheurs quant au volume, au niveau et à la compréhension en chimie du jeune étudiant ayant achevé ses études secondaires, de l'autre les protestations des étudiants contre les programmes trop chargés.
- 4. La chimie physique, au niveau de l'Université, offre un vaste champ de recherches pour la « C.E. », non seulement par son étendue mais aussi parce qu'elle nécessite beaucoup de mathématiques et de physique dans l'explication du phénomène chimique. Les cours de physico-chimie de l'Université, en particulier en cinétique et en thermodynamique, sont parmi les plus nombreux dans la recherche en « C.E. » (M.D. Hawkins et al., 1975; R.T. Sanderson, 1975; J. Skotnicky, J. Weninger, 1975; O.S. Zajcev, 1975; L.L. Combs, 1976; G. Robisch, 1977; L. Wolk et al., 1977).
- 5. Certaines unités d'enseignement de chimie quantique se développent (P.L. Goodfriend, 1976) car on y trouve une application à presque tous les types de problèmes chimiques ou biochimiques, et son importance croît aussi dans les programmes de l'enseignement pré-universitaire (D. Hadzi, 1977).
- 6. On a aussi consacré des études sérieuses à l'application de nouvelles théories en « C.E. », par exemple, les symétries et la théorie des groupes, une recherche pour de nouveaux systèmes d'espèces, etc... (R. Wolff, F. Kober, 1977; A. Gorski, 1977).
- 7. Pour la chimie organique on peut citer les études de W. Belikow, 1975; R.W. Hanson, 1976; R.W. Holder, 1976; M.M. Weinberg, 1976; L.A. Cvetkov, 1977; C.M.

- Ellis, 1977; M.M. Weinberg, 1977; M.M. Weinberg, N.M. Cagina, 1977.
- 8. Pour la chimie analytique, on a aussi organisé de nouveaux cours tant au niveau secondaire qu'au niveau supérieur (M.H. Freemantle *et al.*, 1976; R.L. Parry-Jones, 1976; G.M. Pickral, 1976).
- 9. Certaines études qui combinent chimie organique et biochimie ont une valeur particulière comme exemple de coopération interdisciplinaire en chimie (F. Gabrielli, 1976; R.J. Bergeron, 1977).
- 10. On a aussi développé un certain nombre de programmes orientés vers l'industrie (B.W. Hill et al., 1976). On mentionne ici diverses tentatives pour introduire de nouvelles unités d'enseignement liées à la technologie chimique locale, et ce, parce que cela contribue à lier école et industrie. Beaucoup de ces études ont été faites en collaboration entre enseignants de chimie et spécialistes de l'industrie chimique. Citons comme exemples les fibres synthétiques (S. Blumberg, 1975), les adhésifs (D.J. Daniels et al., 1975: R. Jakob, 1977; P. Krebs; M. Schallies, 1977; L. Strohmaier, 1977), les colorants (G. Zartner, 1977), les procédés d'impression et de reproduction (H.M. Besig, 1977; J.J. Hock, 1977; J. Lippold, 1977; H. Lui-kart, W. Urban, 1977; H. Schmidkunz, D. Buttner, 1977; H. Teschner, 1977; K. Todenhofer, 1977). La chimie du pétrole est aussi à la mode (R. Grellert, 1976). Dans ces études on tient compte, dans les programmes, des problèmes économiques de production (G. Schellenberg, 1975). Il est regrettable qu'on néglige à tous les
- 11. Les approches interdisciplinaires sont plus des déclarations d'intention que des faits et des cours combinés au niveau supérieur de mathématiques, physique et biologie ne peuvent pas être considérés comme une solution définitive (I.F. Roberts, 1973). En dépit des besoins, on n'a encore programmé aucune recherche dans ce domaine. Au niveau secondaire l'interdisciplinarité existe en principe dans les programmes orientés et dits « polytechniques » (F. Kuebart, 1976; E.G. Smukler, 1976; M.A. Goloborodko, F.P. Sokolova, 1976; L.M. Tukmacev, 1976).

niveaux l'étude de la sécurité (E.W. Jenkins,

- 12. La chimie en tant que telle est étudiée surtout au niveau supérieur (A.J. Matuszak, 1976; K.V. Morse, 1976; G.A. Takacs et al., 1976; J.A. Douek, 1977; B. Demetriou, J.R. Parsonage, 1977). Au niveau secondaire, aucune recherche n'a pratiquement été faite dans ce domaine.
- 13. Une recherche d'un intérêt considérable est consacrée à l'introduction de nouvelles branches de la chimie en « C.E. ». La science de l'environnement dans les deux dernières années a pris une part importante dans les programmes de chimie à tous les niveaux et dans la plupart des pays (M. Jamieson, 1975; J.F. Cordes J. Diewall, W. Huber,

K.G. Malle, U. Pagga, W. Weisbrodt, 1976; G.H. Fricke et al., 1976).

La chimie a été aussi partiellement introduite pour la science légale (M.J. Clark, J.F. Keegel, 1977), et la science de l'espace (W.T. Huntress, 1976).

14. L'étude des techniques a conduit à former plusieurs unités d'enseignement aux niveaux secondaire et supérieur telles que spectroscopie des infrarouges (J. Reedijk et al., 1975; K. Hartman, 1976; H. Schmidkunz, K. Schlagheck, 1977), spectroscopie RMN (E.J. Drexler, K.W. Field, 1976; R. Mitzner, 1976), spectroscopie de masse (A.P. Marchand, 1976; G. Robisch, 1976), spectroscopie photoélectronique et rayons X (F.O. Ellison, M.G. White, 1976).

Citons aussi l'utilisation des lasers (S.R. Leone, 1976), les méthodes chromatographiques (D.R. Browning, 1975), la chromatographie en phase gazeuse (L. Rafflenbeul, 1977; M. Schallies, W. Heller, 1977; E. Wiederholt, R. Engler, 1977).

15. Il est certainement important qu'une part de la recherche en « C.E. » soit consacrée à une présentation adéquate des voies historiques conduisant aux découvertes et à l'aspect culturel de la chimie (W.R. Ogden, 1975; R.J. Spring, 1975; R.P. Japina, 1976; A.T. Schwartz et al., 1976; P. Collins, 1977; O.P. Kratz, 1977).

16. A cause de la croissance exponentielle de

l'information chimique, il est très intéressant d'introduire de nouvelles unités d'enseignement pour l'information et la communication en « C.E. » (D.A. Crombie, 1975; K. Haefner, 1975; J.W. Moore, E.A. Moore, 1976; D.W. Ansorge, 1977; J.F.B. Rowland, 1977; G. Wegner, R. Stubs, 1977).

Même ce bref survol prouve que les programmes de recherche orientée couvrent tous les domaines de la chimie et s'attaquent aux principaux problèmes de l'éducation actuelle. La part la plus importante de cette recherche appliquée est donc très utile pour l'enseignant dans sa classe. On peut seulement regretter de trouver si peu de coopération entre les enseignants aux différents niveaux.

A la recherche de méthodes en « C.E. »

Dans la littérature de la « C.E. », nous constatons que les définitions des méthodes d'enseignement et d'apprentissage de la chimie sont souvent en contradiction. Beaucoup d'auteurs font une distinction entre les méthodes préconisées pour des conférences, du travail de laboratoire, du travail en petits groupes.

Pour la compréhension des problèmes dans ce domaine de recherche, à une échelle mondiale, on doit d'abord considérer les questions sémantiques mais aussi quelques questions fondamentales.

Dans le développement de la « C.E. » comme partie essentielle de la science chimique, on a pu constater les étapes suivantes :

1. Les méthodes d'enseignement étaient considérées comme un résultat d'expérience, et par là, enseignées même au niveau supérieur plus comme une chose empirique que comme une discipline basée sur la théorie. Les professeurs expérimentés du secondaire qui l'enseignaient surtout sous forme pratique ont été les principaux coopérants extérieurs plus que les membres des équipes universitaires. Dans la plupart des pays le terme « méthodique » a été utilisé pour ce sujet pour le distinguer de celui de « méthodologie », terme réservé aux disciplines basées sur la science.

C'était le cas pour la plupart des pays dans la première partie de notre siècle, et cela persiste encore pour un certain nombre de collèges et d'Universités formant les professeurs. Pour les premiers, ceci doit être considéré plus comme un résultat de leurs traditions et de leur personnalité que comme une philosophie; pour les seconds, comme un signe de leur ignorance en « C.E. ».

2. Depuis une cinquantaine d'années, la psychologie a essayé de trouver à côté d'une théorie générale de l'enseignement quelques approches spécifiques de l'enseignement de la chimie. Ceci a déjà été dit dans la première partie de l'article.

Les résultats psychologiques sur l'enseignement en général ont certainement une grande importance aussi pour l'enseignement de la chimie. Des approches spécifiques de méthodes, développées par des psychologues, ont cependant en général échoué à cause du manque de connaissance et de compréhension de la logique en science chimique. C'est la même chose pour les chimistes qui essaient de s'attaquer aux problèmes psychologiques de l'enseignement de la chimie.

Mais plusieurs institutions essaient de combler cette lacune de façon naïve. Ils nomment en général un chimiste qui peut résoudre les problèmes spécifiquement chimiques à leur place. Une telle approche, que nous avons encore pu rencontrer dans les dix dernières années, ne résoudra naturellement pas la crise. La stérilité de la recherche en « C.E. » de tant de groupes semblables a été illustrée dans la première partie de cet article.

3. Dans la dernière décade, on peut trouver des études dans lesquelles les auteurs, principalement chimistes, considèrent les méthodes comme des techniques de l'éducation, et par là comme une partie de la technologie éducationnelle.

En fait, méthodes et techniques sont des choses différentes. Les premières dérivent de faits fondamentaux et des principes de la science chimique, alors que les techniques sont développées et adaptées à partir des besoins définis par les méthodes.

4. Et finalement, dans les toutes dernières années, la méthodologie de la « C.E. » a commencé à se développer et à contribuer beaucoup au fait que des sociétés chimiques, partout dans le monde, reconnaissent la « C.E. » comme une part de la chimie et établissent chez elle des divisions comme dans les autres parties de la chimie. Les départements de chimie dans certaines Universités bien connues reconnaissent finalement le besoin de donner un cadre à cette nouvelle discipline.

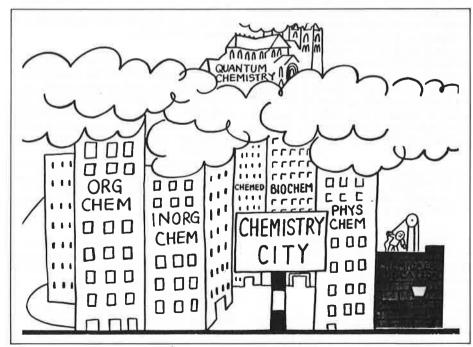


Photo 4. La « C.E. » doit avoir sa place dans la « cité de la chimie », avec ses cathédrales mystérieuses...

Son nom est encore different suivant les pays à cause du langage et des traditions qui provoquent des problèmes sémantiques. Mais la base scientifique est la même : les méthodes de la « C.E. » doivent dériver de la structure et des méthodes de la science chimique elle-même, avec sa vraie logique claire basée sur des découvertes indiscutables de cette matière, mais aussi avec ses erceherches, ses hypothèses, et même ses erreurs. Aucune autre technique ne peut remplacer la chimie comme base de méthodes de formation en chimie.

Dans un tel concept méthodologique de la « C.E. » considérée comme une nouvelle discipline scientifique, on doit souligner les points suivants :

- 1. L'intégration des enseignants de chimie dans l'Université est nécessaire car il n'est pas possible de connaître à fond la logique scientifique et les méthodes de recherche dans les domaines de la science chimique. Le temps des généralistes est révolu. Les enseignants d'Université de toutes les disciplines doivent à partir de maintenant être associés aux groupes de travail en « C.E. ».
- 2. « L'intégration verticale » c'est-à-dire la coopération entre enseignants de tous les niveaux est un autre impératif. Le développement de la méthodologie en « C.E. » ne doit pas conduire à créer une nouvelle discipline académique coupée de la pratique. Au contraire, la tradition actuelle doit être maintenue. Les enseignants de chimie, aux niveaux élémentaire et secondaire, devront être associés systématiquement aux équipes de recherche en « C.E. ».
- 3. L'approche de la recherche comme une orientation générale demande une coopération étroite des enseignants de chimie avec les institutions de recherche. Ici il ne s'agit pas seulement de l'Université, mais des autres organismes de recherche, spécialement les unités de recherche et de développement de l'industrie. Il n'est pas possible d'être un bon enseignant si on utilise la recherche comme une méthode en « C.E. » sans savoir ce qu'elle est - non seulement à partir d'ouvrages - mais aussi d'un réel travail de recherche. Les enseignants devraient dorénavant se consacrer à la recherche pendant leurs études, au moins en partie, et aussi pendant leur période de travail.
- 4. Une coopération intensive avec les groupes de recherche en psychologie et didactique générale a été mise en évidence dans la première partie de l'article.
- 5. Une orientation vers les besoins de l'industrie et ceux de la société en général, demande une intégration avec les utilisateurs. Cela a aussi été discuté dans la première partie de l'article.

Tout ceci constitue des idées générales, basées sur nos propres travaux ainsi que sur les observations et l'étude de la littérature disponible. Nous donnons ci-dessous quelques exemples précis. 1. Une des méthodes les plus populaires est l'approche appelée découverte guidée, heuristique ou redécouverte. Les étudiants ont habituellement à enquêter, à émettre des hypothèses, à les tester par des expériences choisies par eux si possible, afin de tirer des conclusions, de trouver des lacunes et d'exprimer des doutes, si nécessaires dans un travail critique.

Dans beaucoup de travaux méthodologiques détaillés, on peut trouver les phases suivantes : problème, identification, observation, mesure, classification, déduction, hypothèse, recherche et découverte de modèles significatifs, choix et mise au point d'expériences, interprétation et analyse de résultats, vérification des conclusions, étude critique des questions restées sans réponses.

En dépit de quelques essais pour introduire cette méthode dans les classes et les laboratoires, peu de recherches ont été faites jusqu'à maintenant. On a étudié quelques modèles de processus généraux dans l'enseignement des sciences (J.T. Wilson, J.J. Koran, Jr., 1976). Des exemples utiles pour le travail pratique du maître sont encore relativement rares (D. Hodson, 1975).

On trouve, en-dehors de ces méthodes, de petits projets de recherche combinant le travail des étudiants et celui des professeurs (LG. Bray, 1976; P.L. Harris, 1976).

Ces méthodes sont utilisées surtout dans la recherche orientée vers les activités périscolaires pour les jeunes (A. Kornhauser, sept. 1977), et ainsi elles entrent à l'école par une voie détournée.

Certains professeurs donnent liberté entière à leurs étudiants ; ces derniers peuvent choisir leur sujet ou leur problème et essayer de procéder sans aucun guide. L'expérience montre que ceci peut donner de bons résultats, mais seulement avec les étudiants les meilleurs.

Le développement des méthodes pour une découverte guidée que le professeur pourra utiliser directement dans son travail de chaque jour, est une nécessité urgente dans la recherche en « C.E. ».

2. La méthode de résolution d'un problème est liée très étroitement à celle de redécouvertes guidées. Elle peut en faire partie mais aussi constituer une approche séparée. Elle comprend quatre stades (M.J. Frazer, jan. 1976) : définition du problème, collecte de résultats, raisonnement et vérification de la solution.

Certains auteurs ont utilisé cette méthode sous des formes différentes (U. Reimann, 1975; E. Rossa, 1976; V. Dietrich, 1976; W.O. George, A. Vincent, 1975; N. Reid, 1976).

3. La recherche de méthodes d'explication des concepts abstraits de chimie est de jour en jour plus difficile. Il n'est pas possible de suivre ceux qui suggèrent la suppression des concepts abstraits dans les programmes surtout aux niveaux les plus bas. Dans ce domaine, on n'est pas arrivé à une grande compréhension de la chimie. Un certain nombre de scientifiques pensent que l'explication des concepts abstraits par des images réelles est souvent dangereuse. Ceci est vrai.

Il faut prendre beaucoup de précautions dans l'application des méthodes. Mais cela ne veut pas dire que nous ne recherchons pas ce qui permettrait une simplification au niveau élémentaire. Si l'approche nécessite plus d'aptitudes à la pensée formelle que n'en possèdent les étudiants, on ne peut obtenir aucun succès.

J.D. Herron (1977) répond à la question : « Qu'est-ce qu'un concept » ? et définit des concepts comme atome, molécule, mélange, symbole chimique, masse, etc... On a étudié aussi quelques concepts pour le niveau élémentaire par exemple pour la notion de mole (M.J. Hudson, 1976).

Le champ de recherche est encore un désert avec peu d'oasis.

4. Les méthodes d'enseignement programmées sont tellement bien connues qu'elles ne demandent pas d'explication. Leurs avantages sont l'individualisation, le développement des aptitudes à résoudre les problèmes, leur utilité dans les classes chargées, le recyclage, etc... Mais il y a aussi de sérieux inconvénients : enseignement schématique, exclusion de la recherche de choses nouvelles, problèmes non programmés, transformation du modèle d'apprentissage en modèle de pensée 'A. Kornhauser, 1975).

En plus des unités d'enseignement programmé, des cours et des modules complets sont développés actuellement, surtout pour le niveau supérieur (R.B. Torrey, 1976).

Des études sur l'enseignement programmé au niveau secondaire sont rares en dépit de la vaste utilisation de cette méthode (A.S. Semenov, V.I. Silov, 1975). Il en est de même pour les études comparatives des demandes et des expérimentations des enseignements programmés et non programmés (K.H. Bruggener, 1976).

5. On a besoin aussi de méthodes pour un enseignement individuel et indépendant. Elles doivent être développées, étudiées, expérimentées à cause de l'individualisation nécessaire dans les écoles (H. Obst, 1975; D.S. Sheeban, R.K. Hambleton, 1977) mais aussi à cause de l'éducation permanente. Parmi les meilleurs on trouve le plan Keller ou PSI, développé en chimie, surtout au niveau supérieur (M.H. Freemantle, 1976), principalement pour les cours à des débutants (H.A. Kuska, 1976). Une approche méthodologique analogue pour des niveaux moins élevés n'est pas encore développée. A côté du plan Keller nous pouvons trouver des études sur de nouveaux cours pour un enseignement individuel préparé à l'avance, surtout au niveau supérieur, comme les cours de laboratoires en chimie générale (I.M. Valeriote, 1976) et en chimie organique (H.A. Smith, Jr., 1976).

Selon la plupart des études, des cours tout préparés sont équivalents aux cours conventionnels pour acquérir les connaissances en chimie et supérieurs pour développer l'indépendance de l'élève.

Ces méthodes sont particulièrement importantes au moment où se développe la formation permanente.

6. Les méthodes de travail expérimental sont certainement les plus importantes, par-

ce que la chimie est et devra être dans le futur, une science expérimentale. Le développement de nouvelles méthodes a la même importance que le développement de nouveaux contenus dans les programmes de chimie parce que le travail expérimental est, lui aussi, très entravé par l'approche traditionnelle descriptive et que l'enseignement, surtout au niveau élémentaire, doit être plus orienté vers des expériences pratiques que vers le développement des aptitudes à l'observation et à la pensée logique.

Plusieurs auteurs (P.L. Harris, 1976) utilisent de modestes projets de recherche menés à bien par les étudiants. Il est établi que de tels projets doivent être conduits de telle façon que les étudiants soient capables de se consacrer réellement à leur travail expérimental et comprennent la théorie scusjacente. On a aussi trouvé que les résultats éducatifs étaient bien meilleurs si le projet était « nouveau » c'est-à-dire original et pas

seulement une simulation de recherche. Si les étudiants pensent que leur travail est utile, c'est un autre facteur de succès..

Ces projets de recherche peuvent être utilisés aussi dans des expériences plus simples, pour une approche de la résolution des problèmes (J.J. Hoppe, P.J. Howell, 1975; P.W. Wiggans, 1975). Des tentatives d'expériences intégrées se font seulement pour l'ensemble des cours (G.R.A. Hunt, 1976; E.K. Mellon, 1977; B. Janke, 1976).

Elles ont été développées surtout en biochimie (D.O. Cooke, 1976; M.E. Friedman, H.H. Daron, 1977; W.T. Yap et al., 1977), en chimie de l'environnement (J.L. Lambert, C.E. Meloan, 1977; S.L. Watt et al., 1977), en chimie théorique de coordination (J.T. Wrobleski, G.J. Long, 1977), en spectroscopie (E.N. Drake, C.E. Brown, 1977; F.P. Gasparro, N.H. Kolodny, 1977; J.W. Hosking et al., 1977; E.M. Kahn,

J.F. Stephens, 1977), et en radiochimie (T.B. Hill, 1977).

En dépit des besoins importants, les tentatives de recherche pour apporter l'esprit de la grande chimie industrielle dans les laboratoires sont très rares (D.J. Daniels et al., 1976). Cette lacune ne pourra être comblée que par la coopération entre chercheurs et ingénieurs de la « C.E. », et spécialistes de l'industrie. Grands sont les besoins, mais encore pauvres sont les réalisations!

Parmi les expériences de ce type, nous pouvons seulement noter la construction de matériel simplifié et peu onéreux pour des laboratoires d'enseignement (A.K. Davies, 1977; W. Felber, K. Peschke, 1977; P. Lehky, 1977). Ces efforts sont non seulement importants pour des raisons économiques mais encore plus pour la découverte de nouvelles méthodes d'explication de processus complexes aux niveaux éducationnels les moins élevés.

Recherche d'aide pour l'enseignement et utilisation de la technologie

Parmi ces aides, les modèles jouent un rôle prépondérant par suite du caractère spécifique de la chimie : présentation de structures en trois dimensions de molécules et de cristaux, visualisation de réarrangements chimiques et de mécanismes. De nombreux travaux ont été faits en ce sens (M.B. Ormerod, 1977).

Parmi les nouveaux modèles, nous pouvons citer ceux qui ont été utilisés par D.B. Boyd, 1976; F.H. Clarke, 1977; A.K. Davies, 1976; D. Mac Duffie, 1975.

On a trouvé et développé des aides visuelles de toutes sortes et on a vérifié leur utilisation en « C.E. ». Citons en particulier les travaux sur films cassettes, vidéo-cassettes et diapositives de S. Anderson et al., 1975; H.J. Richter, 1976; H.J. Bersch, U. Steffens, 1977; W.T. Burnett, Jr., D.H. Lion, 1977. Les projections en fondu enchaîné qui permettent de simuler la vitesse et le changement sont recommandées et développées pour les conférences et l'enseignement de

laboratoires (L.W. Fine et al., 1977; D.N. Harpp, J.P. Snyder, 1977).

Bien que cet enseignement audiovisuel soit attrayant et souvent très utile, il est encore peu développé à cause de son coût élevé. Les transparents pour rétro-projecteur sont utilisés plus largement pour une meilleure présentation graphique des structures et des processus de la chimie (W. Junger, 1977). Des banques de ressources audio-visuelles sont aussi en train de se mettre en place pour permettre des échanges tant sur le plan national qu'international par le canal de l'UNESCO.

De plus en plus d'auteurs s'appuient sur leurs expériences avec l'aide de laboratoires spécialisés, surtout au niveau secondaire et supérieur (R.C. Poller, M.E. Seely, 1977).

Une des branches les plus actives est celle de la visualisation des concepts purement mathématiques (V.K. Olson *et al.*, 1977; R. Palombary, 1977). Dans ce cas, une

combinaison des aides techniques visuelles et des expériences donne souvent des meilleurs résultats. C'est le cas dans la simulation des orbitales moléculaires et atomiques utilisant des aimants (A.G. Massey, S. Massey, 1976).

On a largement parlé de l'enseignement assisté par ordinateur dans le récent symposium international de « C.E. » à Madrid en 1975 (A. Kornhauser, 1975). Depuis la recherche s'est poursuivie, spécialement par simulation d'expériences en laboratoire et utilisation de modèles graphiques (J. Barrett, A.E. Beezer, 1977; S.D. Daubert, S.F. Sontum, 1977; H.J.G. Hayman, 1977; J. Hefter, R.W. Zuehlke, 1977). On a aussi développé de nouveaux modules d'enseignement en se servant d'ordinateurs (C.J. Jameson, 1977).

Un certain nombre d'études ont porté enfin sur l'utilisation de calculateurs de poche programmables pour l'enseignement de la chimie (R.B. Snadden, O. Runquist, 1975; M.D. Seymour, Q. Fernando, 1977).

Recherche en évaluation

Celle-ci peut porter soit sur la mesure des connaissances acquises par les étudiants, soit sur l'étude critique des livres, des programmes des cours et des techniques d'éducation. Elle peut aussi être étendue à une étude sur la formation générale des étudiants. Dans les matériaux utilisés, il n'a pas été possible d'évaluer de façon claire les buts de la « C.E. ». On doit non seulement tester l'attitude, les connaissances et les possibilités des étudiants et à partir de là les livres, les cours et l'ensemble des expériences, mais dans le même temps, la contribution de l'enseignant en tenant compte de ses possibilités de travail. On a aussi besoin d'une approche critique du système d'éducation. Enfin, et ce n'est pas un des moindres aspects, on doit prendre en considération l'influence de l'environnement sur l'éducation dans son ensemble et la « C.E. » en particulier.

Une fois de plus nous n'arrivons pas à intégrer l'ensemble de ces processus qui sont pourtant indispensables puisque les résultats de l'évaluation exercent une influence sur les décisions concernant le développement futur des individus et les systèmes et programmes d'éducation.

La recherche actuelle dans ce domaine de la « C.E. » consiste surtout en études de tests avec plus ou moins de paramètres objectifs. On fait prévaloir des études sur la motivation de l'étudiant (R.G. Blatt, 1977; H. Motzny, D. Wagner, 1977; V.L. Riss, 1977). Un assez grand nombre d'études sont consacrées à

l'évaluation des connaissances des élèves à l'école secondaire avant l'entrée à l'Université. Notre groupe a aussi été récemment chargé d'une étude similaire portant surtout sur des élèves du secondaire. Nous avons dépensé temps et argent pour des centaines de tests et de questionnaires pour découvrir par exemple que la meilleure appréciation de la maturité de l'élève pour son entrée à l'Université est l'opinion de son professeur du secondaire.

On a aussi observé que tous ces tests demandent et imposent beaucoup au professeur et à l'élève pour un résultat assez faible. De plus les tests favorisent la compétition au lieu d'encourager la coopération. Les tests personnels de diagnostic pour une auto-

administration et une auto-critique, qui seront préparés à partir du matériel collecté, seront peut-être les seuls résultats vraiment utiles.

Pour évaluer l'objectivité des tests, on prend aussi en considération le fait que les questionnaires à choix multiples (J.R.T. Cassels, A.H. Johnstone, 1977) qui sont le plus souvent utilisés, prouvent que le choix des mots et la structure des phrases peuvent être très importants au point de vue de la difficulté des questions.

Les études sur des systèmes « gradués » même si elles ont une grande importance, sont rares en chimie (N.C. Hung, 1976).

On trouve souvent des études partielles sur les façons de développer la résolution des problèmes et les procédés d'enquêtes scientifiques (J.A. Rowell, P.J. Hoffmann, 1975; P. Eccles, J.A. Deleeuro, 1976; C. Mac Guire, 1976; L.L. Molitor, K.D. George, 1976).

Conclusion

Le besoin d'une recherche spécifique en « C.E. » s'exprime clairement de nos jours. Des recherches extensives se développent dans le domaine des théories générales d'enseignement et d'apprentissage des sciences. On essaie d'introduire de nouvelles techniques en introduisant de nouveaux critères pour une évaluation en « C.E. ».

Il existe peu de recherches de base. Les principales sont des recherches d'application et de développement dans lesquelles les paramètres sont souvent non quantitatifs et définis de façon peu claire. Les résultats sont encore, pour une grande partie, le miroir de vues subjectives.

On devra certainement s'orienter vers une plus grande objectivité. Cependant, à cause de la complexité des processus d'éducation, l'approche subjective des chercheurs qui se consacrent à l'enseignement de la chimie jouera toujours un rôle important dans cette discipline.

Bien que l'on s'accorde à reconnaître que l'éducation est un processus complexe et interdisciplinaire, on sépare encore trop de nos jours en « C.E. », les théories générales et l'approche chimique. Peu d'études sont de type intégratif, soigneusement précisées, réalisées avec la coopération entre chimie, psychologie et éducation. Et même si ces associations existent, la sociologie n'y est que très rarement représentée. Il résulte de cela une relative stérilité de l'approche mentionnée plus haut, et des expériences mal définies.

Cependant on s'achemine vers une autonomie de la « C.E. », qui se base sur la chimie et s'appuie sur d'autres disciplines. Grâce à

D'autres recherches portent sur la manière dont les élèves perçoivent les cours et le travail de laboratoire (R.F. Kempa, J.E. Ward, 1975; F. Lawrenz, 1976) et leur 1975; travail pratique (K.P. Richter, D.J. Gunning, A.H. Johnstone, 1976: A.H. Johnstone, C.A. Wood, 1977). Certaines montrent combien la chimie et les sciences en général développe l'esprit de créativité des étudiants (B.W. Hill, 1976). D'autres enfin n'observent aucune corrélation entre l'intelligence personnelle de l'étudiant, la moyenne générale des études académiques et l'obtention des examens de chimie (P.H. Huston, 1975).

Restent les problèmes suivants : comparaison des techniques, facteurs d'organisation, qualité du matériel, caractéristiques propres de l'étudiant. La plupart des études concluent cependant qu'il n'y a pas de différences significatives.

Il est encore relativement rare de trouver une estimation du travail du maître (M.J. Frazer,

1976; A. Kornhauser, 1976). On a cependant noté des résultats prometteurs dans l'étude de l'influence de la participation de l'enseignant sur les résultats en « C.E. » (V.L. Wilson, A.M. Garibaldi, 1976). Certains auteurs utilisent des questionnaires pour connaître les lacunes dans les connaissances des chercheurs (D.S. Trickey, 1975), ou savoir comment ils jugent les nouveaux programmes (D.J. Symington, P.J. Fensham, 1976; M.G. Chisholm, 1977). Aux U.S.A. on a depuis plusieurs années pris en compte l'évaluation par l'étudiant du travail de l'enseignant. Cependant on dit aussi que le « travail, l'argent et les efforts ne sont pas nécessaires puisque la qualité de l'enseignement est indéfinissable et donc impossible à mesurer ».

De façon générale on peut faire même cette opinion que « l'école est une vieille dame qui n'aime pas beaucoup s'observer dans un miroir ».



Photo 5. Dans la construction de la « C.E. », plusieurs approches sont possibles. Et même une exceptionnelle collaboration franco-britannique...

cela, on obtient de meilleurs résultats dans la pratique et on développe une méthodologie de la « C.E. », en tant que discipline nouvelle de recherche avec la nécessité d'une coopération interdisciplinaire.

Posons finalement une fois de plus la question cruciale : qu'est-ce que la recherche en « C.E. » ? Comprend-elle seulement des théories fondamentales d'apprentissage et de mesures de toutes sortes de paramètres objectifs et constructifs ? Ou comprend-elle

aussi les nombreuses études appliquées et de développement sur le contenu, les méthodes et les approches expérimentales de la chimie pour les besoins de l'éducation?

Îl semble que le temps soit venu de reconnaître le fait que les recherches fondamentales, appliquées et de développement forment ensemble, dans une intégration d'idées, d'expériences et de méthodes de recherche un organisme qui peut prospérer, obtenir de bons résultats dans chaque domaine afin que se développe la véritable vie de la « C.E. ».