

Évaluation et travaux pratiques en chimie *

Bernard Montfort

La première partie de la conférence d'introduction aux 6^e JIREC, présentée par Maurice Chastrette (L'Actualité Chimique, 1990, 4, p. 181-185), a permis de développer la notion d'évaluation et d'en donner sa signification actuelle dans toute sa généralité.

Cette deuxième partie va permettre de cerner ce que recouvre l'ensemble chimie et travaux pratiques. Les différents domaines pris en compte par l'activité de l'apprenant seront mis en évidence ainsi que les principales difficultés qui peuvent surgir au cours de son évaluation. Pour terminer, un exemple d'essai de notation multiface sera donné.

I. Quelques généralités

Si l'on se réfère à ses principales définitions [1], le mot "chimie" représente la science de la matière, l'étude de sa composition, de sa structure et de ses modifications. La notion de travaux pratiques (TP) est plus difficile à appréhender. Ils représentent des séquences particulières de l'enseignement des sciences expérimentales. En effet, dans ces disciplines, pour des raisons budgétaires, une séparation entre théorie et expérience est rendue inévitable. Support ou application de la théorie, l'expérience est liée au domaine matériel. L'apprenant agit, participe, s'implique physiquement en dépassant le cadre de la communication écrite ou orale.

Que ce soit par l'utilisation de matériels spécifiques ou l'observation du milieu naturel, les travaux pratiques ne s'adressent par séance qu'à un nombre limité d'élèves. Cette dénomination a été étendue abusivement à des travaux en groupe restreint ; par exemple, en mathématiques, ils se limitent parfois simplement à des séances de résolution d'exercices théoriques.

Ainsi, les TP de chimie représentent un moment de l'apprentissage où l'apprenant est en contact physique avec la matière, pour l'analyser, la transformer ou étudier ses propriétés : il agit sur la matière.

La présentation de quelques diapositives illustre la grande diversité des conditions rencontrées et met en évidence les caractéristiques suivantes :

- grande variété des objectifs,
- présence de dangers,
- limitation de l'apprentissage,
- manipulation personnelle ou en groupe.

1) Grande variété des objectifs

Les objectifs visés au cours des TP de chimie ont déjà fait l'objet de nombreuses publications [2] et ne seront pas repris. Des orientations ou des conceptions différentes des séquences de TP peuvent être relevées selon les formations envisagées. Celles-ci peuvent être classées en :

- formation du citoyen (école primaire, collège, lycée),
- formation d'enseignants (CAPES, agrégation),
- formation professionnelle (bac F6, BTS, DUT, maîtrises, écoles d'ingénieurs, DEA).

2) Présence de dangers

Les expériences proposées nécessitent l'emploi de produits pouvant présenter des risques : inflammation, explosion, brûlure, corrosion, intoxication. Le manipulateur ne doit pas seulement se protéger individuellement, mais aussi prendre en compte la présence des autres. Le groupe de TP dépasse la simple juxtaposition de postes de manipulation pour atteindre la notion de responsabilité collective (respect d'autrui, respect de l'environnement).

3) Limitation de l'apprentissage

L'utilisation de matériels spécifiques onéreux et l'emploi de produits dangereux rendent nécessaire la localisation des divers essais et expériences dans des salles spécialisées habituellement nommées laboratoires. Pilote, atelier, demi-grand sont utilisés dans des cas bien précis. L'apprentissage s'effectue obligatoire-

IUT, département Chimie, 30, avenue de l'Observatoire, BP 1559, 25049 Besançon Cedex.

* Conférence présentée aux 6^e JIREC (Journées de l'innovation et de la recherche dans l'éducation en chimie), 12-14 juin 1989 à Montpellier.

ment dans le cadre d'un établissement spécifique et pendant des séquences bien définies.

L'étudiant n'a que rarement la possibilité de refaire physiquement, autant de fois que cela lui semble nécessaire, les manipulations proposées. Si les notions théoriques peuvent aisément être reprises à la maison, au rythme de chacun, les acquisitions liées aux TP doivent être assimilées pour tous, dans les temps qui leur sont administrativement impartis. Ces durées sont-elles suffisantes ? Prennent-elles en compte les différences d'habileté des apprenants ? Donnent-elles suffisamment de place à la répétition pour réussir un apprentissage ?

4) Manipulations personnelles, en binômes, trinômes,...

Très souvent, pour des raisons budgétaires, les manipulations demandées ne s'effectuent pas individuellement mais en petits groupes de deux ou trois, rarement plus. L'implication de chacun est alors très variable et ne dépend pas seulement du travail à effectuer, mais aussi de l'état moral du binôme. On peut se demander si, à la fin d'une séance, chacun est capable de refaire ce qui a été fait par le groupe.

Ces conditions d'enseignement permettent-elles à l'apprenant de s'approprier l'ensemble proposé ? Les manipulations sont-elles réfléchies pour éviter une optimisation maximale des tâches allant parfois jusqu'à une véritable sclérose de l'apprentissage ? Par exemple, au cours d'une analyse par chromatographie en phase gazeuse, chaque étudiant a-t-il injecté l'échantillon et interprété le chromatogramme correspondant ou toutes les injections ont-elles été faites par un étudiant et les interprétations par un autre ?

Après avoir dégagé ces quelques caractéristiques des travaux pratiques de chimie, voyons comment l'apprenant peut s'impliquer et dans quelles directions il est amené à agir.

II. Les différents domaines de l'activité pratique

Si le cours est synonyme de transmission de connaissances théoriques, l'activité pratique se rapporte à l'*action* et ce mot n'est pas trop fort pour définir la conduite de l'élève ou de l'étudiant pendant les travaux pratiques. Ils représentent un moment de l'apprentissage qui met en œuvre des verbes tels que "faire", "agir", "réaliser", ... et, pour souligner cette nécessité, nous privilégierons le mot "action" dans la suite de cet exposé.

Faisant intervenir tous les sens, prenant en compte à la fois l'espace et la durée, les travaux pratiques ne se limitent pas étroitement à une discipline, mais obligent les participants, étudiants comme enseignants, à s'impliquer dans plusieurs domaines, à développer différents types d'actions qu'il est possible de regrouper dans les trois ensembles suivants :

- action technique,
- action sociale,
- action informative.

1) L'action technique

Elle qualifie l'activité de l'apprenant en rapport direct avec la discipline, ici la chimie. Le mot "technique" transmet toute la force de sa racine grecque "tekhné" qui rassemble l'art et le métier [3]. Le sens "d'application de la connaissance théorique au domaine de la production" est dépassé pour exprimer ici un

va-et-vient permanent entre théorie et pratique, caractéristique des sciences expérimentales.

L'activité pratique du chimiste ne se développe pas dans le seul domaine matériel mais représente une véritable symbiose entre connaissance théorique et psychomotricité. Des gestes précis ou des tâches apparemment sans importance font partie d'une démarche rigoureuse qui n'est pas toujours explicitée. Par exemple, en chimie analytique, le débutant ne perçoit pas aisément les raisons de la différence entre une dilution anodine et le soin extrême apporté à l'ajustement de volume en fiole jaugée. En synthèse, l'utilité de la succession des lavages et des différentes décantations au cours d'extractions ne lui est pas non plus, a priori, évidente. C'est peut-être un tel ensemble d'opérations, véritable enchaînement magique pour le profane, qui a fait dire [4] : "Un chimiste doit avoir les mains pesantes".

Cette activité technique, moment pendant lequel le chimiste agit sur la matière, se traduit par une succession de tâches qui aboutissent en fin de séance à une production pouvant être qualifiée de finale, par exemple : un ensemble de données ou d'observations, un produit en synthèse, des valeurs chiffrées en analyse.

Ce sont ces productions finales, interprétées ou non, qui sont souvent l'objet de l'évaluation en TP de chimie.

2) L'action sociale

Tout apprentissage en milieu éducatif ou tout travail en milieu professionnel met en relation un individu avec d'autres et les travaux pratiques n'échappent pas à cette réalité. Dans certaines formations l'aspect humain, très important, se trouve intégré dans l'enseignement. A titre d'exemple, il est possible de citer les formations liées au commerce, à l'accueil ou aux soins médicaux. En travaux pratiques, cet aspect ne doit pas être sous-estimé ; loin d'être inexistant, il est la conséquence du comportement conscient ou non de tous les partenaires de l'acte éducatif. Si l'on essaie de recenser les diverses voies de l'activité dans le domaine social, il est possible de citer les principaux niveaux suivants :

Niveau hiérarchique

Quelle que puisse être l'excellence de la relation enseigné/enseignant, celle-ci s'apparente toujours, même pour une faible part, à une relation de type hiérarchique. Néanmoins, les TP sont un lieu d'échange privilégié entre enseignant et étudiants, un lieu où la discussion est rendue possible par le nombre restreint des intervenants et par le support commun de travail qu'est la manipulation proposée.

Niveau de groupe restreint

Ensemble des interactions au sein du binôme, trinôme ou avec les voisins immédiats dans le cas de travail individuel. Ces interactions sont très intenses, négatives ou positives. Elles sont une composante du "moral" du groupe, élément de la réussite de l'apprentissage.

Niveau du groupe de TP

Unité administrative d'enseignement pratique, le groupe de TP possède sa dynamique propre et le degré d'interaction entre ses membres peut être pratiquement nul (dans les groupes nombreux en premier cycle universitaire) ou relativement élevé dans les formations à faible effectif (enseignement professionnalisé).

Niveau de l'environnement

Peut-être plus que quiconque, le chimiste doit prendre en compte l'impact de son activité scientifique sur le milieu extérieur et il est bon de profiter des TP pour sensibiliser l'élève ou

l'étudiant à mener une réflexion dans ce sens. Elle peut se concrétiser en évitant les rejets de substances nocives ou polluantes. Une collecte sélective des déchets chimiques peut être mise en place dans les laboratoires.

Après avoir pris en compte les principaux niveaux de l'action sociale en TP, voyons les principaux domaines où elle peut se développer.

Le domaine affectif

L'apprentissage sera d'autant meilleur s'il se développe dans un milieu où toute animosité et toute antipathie sont exclues, où les gens aiment à travailler ensemble dans une ambiance agréable, détendue et motivante [5]. Ces conditions sont quasiment utopiques tant les sources de tension sont multiples : rôle administratif de l'enseignant, absence de motivation, manque de crédits, de matériel, de place, compétition entre élèves, antipathies, ...

Ce domaine affectif est selon Jerry Poczar [6] "moins maîtrisé ou concerné par les maîtres, moins étudié par les théories de l'apprentissage". Il a donné lieu à diverses taxonomies dont la plus connue est celle de Krathwohl [7]. Le rôle du moral sur la performance du groupe est abordé par Anzieu [5].

Le domaine organisationnel

Il s'agit de l'ensemble des actions ou des comportements qui favorisent ou entravent le bon fonctionnement, la bonne organisation des séances de TP. Ce domaine, dans son ensemble, ne semble pas avoir fait l'objet d'études exhaustives mais chaque enseignant, ayant en charge des travaux pratiques, en connaît l'importance et parfois le caractère fastidieux. Les champs d'action suivants peuvent être pris en compte :

- sécurité,
- économie,
- organisation et méthode,
- bonnes pratiques de laboratoire.

3) L'action informative

Véritable charnière entre le domaine technique et le domaine social, le domaine informatif pourrait s'intégrer à chacun d'entre eux, mais il est plus simple de faire une catégorie supplémentaire. En travaux pratiques, le chimiste agit à la fois comme utilisateur et comme producteur d'informations.

Utilisateur d'informations

Pour effectuer les travaux qui lui sont demandés, l'apprenant obtient toutes les informations qui lui sont nécessaires par l'intermédiaire de textes écrits ou de cours préliminaires. Il doit au préalable les analyser et les intégrer à ses connaissances antérieures.

Dans le cas de manipulations guidées, ces textes initiaux sont proposés par les enseignants responsables comme de véritables instruments permettant un déroulement satisfaisant des séances de TP. Leur obtention ne fait pas généralement l'objet d'une démarche particulière et habituer les élèves à trouver des documents s'avère très intéressant (mais en avons-nous les moyens ?).

En revanche, dans les travaux sur projet, la recherche d'informations fait alors partie intégrante de l'activité de l'apprenant qui doit souvent investir un temps important dans une recherche bibliographique.

Producteur d'informations

Très souvent, en plus de la manipulation à effectuer, il est

demandé de fournir un compte rendu. Il s'agit d'une production spécifique des travaux pratiques qui ne correspond pas aux documents requis en milieu professionnel. Il ne s'assimile pas davantage à une feuille de marche, au cahier journalier ou à un rapport. Il joue un double rôle :

- Instrument d'apprentissage, il permet à l'étudiant de faire un retour sur le travail effectué.
- Instrument d'évaluation, il témoigne d'une activité expérimentale et montre l'aptitude de l'apprenant à intégrer celle-ci dans un ensemble de connaissances théoriques.

Les principaux buts, explicités ou non, assignés au compte rendu sont les suivants :

- obtention d'une trace écrite correspondant à une activité psychomotrice effectuée sous forme de manipulations,
- justification d'hypothèses de travail, d'interprétations des phénomènes observés, de conclusions, ...
- "preuve" de la bonne compréhension (assimilation théorique) de la tâche demandée,

Au cours de sa rédaction, l'apprenant rencontre des difficultés variées qui ne sont pas toujours perçues par les enseignants, par exemple : la durée, la méconnaissance d'un vocabulaire spécifique, des prérequis non assimilés, une préparation insuffisante à la réalisation du compte rendu lui-même, ...

Après avoir présenté un panorama le plus vaste possible de l'activité du chimiste en travaux pratiques, nous pouvons nous demander comment l'évaluer. La diversité des actions à effectuer et la variété des domaines où elles se situent permettent de proposer la réponse suivante :

Pour être satisfaisante, l'évaluation devrait prendre en compte l'ensemble de l'activité pratique de chaque apprenant.

Cette situation idéale est utopique, rarement réalisable tant par l'importance du travail qu'elle exige de l'évaluateur que par l'inexistence ou l'insuffisance des instruments de mesure proposés actuellement pour certains domaines.

III. Situation, perception et implication de l'évaluation en TP de chimie

Les diverses tâches incombant à l'enseignant responsable de TP sont complexes ; on peut citer :

- la conception et la mise en œuvre des manipulations,
- l'approvisionnement en produits et la maintenance du matériel,
- le déroulement des séances,
- l'évaluation du travail de l'étudiant et celle de l'enseignement.

Cet ensemble, très lourd à assurer, n'est pas à mon avis comptabilisé à sa juste valeur dans le décompte des services. Par exemple, pour l'Education nationale française, dans l'enseignement supérieur, une heure de TP correspond à 0,66 heure de TD et 0,44 heure de cours magistral [8]. Cette différence était peut-être justifiée par l'aide qu'apportait un personnel technique compétent et la présence de nombreux moniteurs. Actuellement, elle me paraît injuste et devrait être réduite ; elle me semble être une des causes non exprimées du désintérêt d'enseignants-chercheurs pour les travaux pratiques.

Dans un tel contexte, les procédures d'évaluation se réduisent parfois à la nécessité administrative de notation et deviennent vite une tâche parmi d'autres, surtout dans le cas de cohortes d'étudiants particulièrement nombreuses, en premier cycle par exemple. L'évaluation des séquences d'enseignement expérimental est encore peu pratiquée et ne sera pas abordée dans

cette communication ; il est possible de se reporter à l'étude bibliographique de A. Dumon [9].

Si l'évaluation de la performance de l'étudiant dans le domaine cognitif fait l'objet de nombreuses études, il n'en est pas de même pour les travaux pratiques de chimie et l'article de Frazer [10] reste d'actualité par sa généralité. Toutes les procédures que nous avons rencontrées prennent leur origine dans deux sources potentielles d'obtention d'informations : l'observation de l'activité de l'apprenant et les productions finales.

Les interviews d'étudiants ne me semblent pas justifier une catégorie supplémentaire. En début de séance, elles contrôlent souvent des prérequis et les intentions vis-à-vis de la manipulation. En fin de séance, elles s'apparentent à un compte rendu oral, "à chaud". Pendant la séance, elles font partie des échanges verbaux enseignant/apprenant et peuvent se dérouler sur un mode de discussion, une des tâches de l'enseignant assurant des TP.

1) Evaluation spontanée : observation et impression

L'enseignant assurant le déroulement d'une séance de TP est habituellement présent dans le laboratoire et voit agir les manipulateurs. A condition d'être en présence des mêmes étudiants pendant un nombre suffisant de séances, peu à peu, à son insu, il se forge une opinion sur chacun d'entre eux. Il s'agit d'évaluation spontanée, implicite.

Dans ce cas, l'appréciation (jugement de valeur) portée sur le travail de l'étudiant ne s'explique que par son énoncé, sa formulation sans que les critères qui conduisent à cet avis ne soient exprimés [11]. Dans ces conditions, on ne peut nier que tout enseignant apprécie, évalue l'activité de l'apprenant. Il s'agit d'une véritable impression dans la mesure où elle n'est pas le résultat d'une observation voulue mais une suite de perceptions inconscientes, inséparables d'une activité commune.

2) Evaluation à partir de productions finales

La plupart des manipulations proposées en TP de chimie aboutissent à un produit achevé qui est rendu en fin de séance ou ultérieurement. Il peut être qualifié de production finale et se matérialise sous différentes formes :

- des substances chimiques en synthèse,
- des résultats numériques ou qualitatifs en analyse,
- un compte rendu accompagnant souvent les deux productions précédentes ou étant parfois le seul lien avec le travail demandé dans le cas d'études expérimentales.

Pour l'évaluateur, ces productions ont l'avantage d'être des éléments n'évoluant plus (à la stabilité près des produits chimiques bien entendu) et leur analyse, en tant que support d'évaluation, peut être différée ou reprise si nécessaire. Leur principal inconvénient est marqué par une absence de représentativité. Dans quelle mesure sont-elles des images caractéristiques de l'activité de l'apprenant ? De chaque apprenant dans le cas de binômes ou de trinômes ?

En synthèse, l'évaluateur a-t-il la possibilité de mettre en œuvre des méthodes d'estimation de la présence d'impuretés provenant d'erreurs effectuées en cours de manipulation ? Bien souvent, le nombre important des échantillons à vérifier ne permet qu'une mesure de point de fusion ou d'indice de réfraction sans aller jusqu'à une analyse chromatographique ou spectroscopique nécessaire.

En chimie analytique, un mauvais résultat peut provenir d'une erreur de raisonnement ou de calcul, il est alors facilement décelable à travers un compte rendu suffisamment complet. En revanche, il peut aussi provenir d'une erreur de manipulation et, dans ce cas, l'évaluateur ne peut faire qu'un constat de travail

incorrect, généralement sans être en mesure de montrer sa provenance.

Ce problème de l'absence de corrélation entre le résultat donné et le travail expérimental se trouve bien illustré dans "l'extraction d'un métal à partir d'un minerai pauvre", étude critique où les auteurs mentionnent dans leur conclusion que "la manipulation, telle qu'elle est décrite ici, pose un problème majeur pour l'évaluation des étudiants, le résultat obtenu ne pouvant en aucun cas être un critère d'évaluation de la manière dont a été conduite la manipulation" [12].

Le compte rendu, très utilisé dans l'évaluation des TP, sert parfois à compenser le manque de signification des autres productions finales et permet de localiser des erreurs manipulatoires. Employé seul, il pose des problèmes de représentativité et de fiabilité. En effet, l'activité qui transparait à travers le texte du compte rendu ne traduit pas toujours l'activité réelle de l'étudiant. Les causes de cette déformation sont multiples et ne seront pas explicitées ici.

3) L'évaluation à partir de l'observation directe : emploi de grilles

L'observation du comportement de l'étudiant permet de porter un autre regard sur l'évaluation de son activité en TP. A condition que l'observateur soit une personne compétente, ou le manipulateur lui-même dans le cas d'auto-évaluation, toutes les tâches élémentaires conduisant à la réalisation d'une manipulation donnée pourront être vues, analysées et consignées éventuellement par écrit pour servir de témoignage. La correction, retour nécessaire vers l'apprenant, s'effectue par discussion ou par écrit. Ce mode d'évaluation est très utilisé dans les domaines où l'activité psychomotrice est prépondérante comme le sport, la musique, la danse... Après avoir regardé la prestation fournie par l'exécutant, l'expert (entraîneur, moniteur, professeur, maître) critique en indiquant les erreurs et les améliorations possibles.

Souvent les points faisant l'objet d'une attention particulière sont regroupés dans un ensemble écrit appelé : grille d'observation. Quelques articles soulignent leur utilisation en TP de chimie [13]. Depuis plusieurs années, nous avons essayé de les appliquer aux différents domaines de l'enseignement pratique et il est possible de présenter les remarques suivantes :

a) Présence de deux situations d'observation

Elles sont liées à la nature temporelle de la tâche à observer. Est-elle en évolution continue ou peut-elle subir un arrêt permettant de prendre le temps d'observer ? Il est alors possible de parler de situation évolutive et de situation figée.

Situation évolutive

C'est le cas le plus fréquent. L'apprenant manipule à la paillasse et un observateur regarde en évitant de perturber, de modifier le déroulement des diverses tâches. En fin de séquence, l'observateur doit être capable de rapporter fidèlement l'intégralité de ce qui a été effectué. Le retour vers l'apprenant peut être immédiat ou différé. Nous avons expérimenté une situation d'observation totale en synthèse organique relativement complexe et pouvons avancer qu'un observateur compétent, disposant d'une grille d'observation préétablie, ne peut suivre simultanément, sans perte d'informations, que deux postes de travail à la fois. Cette restriction est une limite considérable à l'observation critique du comportement de l'étudiant dans les conditions actuelles où un enseignant en TP encadre de 8 à 35 étudiants [14].

Situation figée

C'est le cas d'une manipulation pouvant être volontairement et

temporairement interrompue pour faire place à une séquence d'observation. Par exemple, l'arrêt du déroulement d'une synthèse lorsque le montage vient d'être terminé. Quelques minutes suffisent pour le vérifier, mettre en évidence d'éventuelles erreurs et la manipulation peut reprendre. Un autre exemple est donné par l'arrêt d'une séquence expérimentale pour apprécier l'état de propreté et d'ordre d'une paillasse. Cette forme d'évaluation par blocage de l'activité correspond à une véritable photographie du travail de l'apprenant à un instant précis. Mais toutes les activités proposées sont loin de pouvoir se prêter à cet arrêt artificiel et il est nécessaire de recourir à l'observation en situation évolutive.

b) Présence d'indicateurs pertinents

Lors de l'élaboration d'une grille d'observation, indépendamment d'une phase de préparation où le maximum d'informations possibles est collecté sous la forme d'observables potentiels, seules les observations qualifiées d'utiles ou de significatives sont prises en compte et conservées. Elles peuvent être nommées indicateurs. Pour obtenir un maximum d'efficacité dans l'application de la grille, ceux-ci doivent être pertinents et le moins nombreux possibles. Un exemple de grille d'observation d'un montage à distiller est donné ci-après (tableau 1).

TABLEAU 1.

GRILLE D'ÉVALUATION D'UN MONTAGE DE DISTILLATION			
Groupe	Poste	Date	
Nom	Prénom		
Entourez les réponses choisies			
"?" signifie : je ne sais pas			
1 - Est-il complet ?	Oui	Non	?
2 - Est-il stable ?	Oui	Non	?
3 - Son plan est-il parallèle à celui des statifs ?	Oui	Non	?
4 - Les pinces sont-elles placées correctement ?	Oui	Non	?
5 - Les pinces sont-elles serrées correctement ?	Oui	Non	?
5 A - Les pinces sont-elles utilisées correctement ?	Oui	Non	?
5 B - Les noix sont-elles serrées correctement ?	Oui	Non	?
6 - Le bec Bunsen est-il branché correctement ?	Oui	Non	?
7 - L'alimentation du réfrigérant se fait-elle par le bas ?	Oui	Non	?
8 - L'eau circule-t-elle dans le réfrigérant ?	Oui	Non	?
8 A - Le réfrigérant est-il "tourné" correctement ?	Oui	Non	?
9 - Les rodages sont-ils bien assemblés ?	Oui	Non	?
10 - Les rodages sont-ils graissés correctement ?	Oui	Non	?
11 - Les pinces à rodage sont-elles correctement placées ?	Oui	Non	?
12 - Les pinces à rodage sont-elles dans le bon sens ?	Oui	Non	?
13 - Les thermomètres sont-ils bien positionnés ?	Oui	Non	?
13 A - Les thermomètres sont-ils serrés correctement ?	Oui	Non	?
14 - Le bouilleur contient-il quelques grains de pierre ponce ?	Oui	Non	?
15 - La quantité de liquide contenue dans la gaine thermométrique est-elle correcte ?	Oui	Non	?
19 - Les tuyaux sont-ils bien fixés sur le réfrigérant ?	Oui	Non	?
22 - La quantité de liquide dans le bouilleur est-elle correcte ?	Oui	Non	?
TOTAL

Il a été appliqué au département chimie de l'IUT de Besançon à partir de 1987.

Quelques diapositives montrent que la limite entre le "oui" et le "non" n'est pas toujours simple à déterminer : par exemple pour les indicateurs n° 13 et 15.

c) Nécessité d'un référentiel rigoureux

Afin d'éviter toute interprétation erronée des indicateurs, leur définition doit être la moins ambiguë possible et ne pas donner lieu à plusieurs interprétations. Un texte écrit sert de référence dans de nombreux cas, sa rédaction se heurte parfois à l'imperfection du langage pour décrire avec précision des actions très concrètes.

d) Implication de l'enseignant

La présence régulière d'observateurs extérieurs serait souhaitable, mais elle se limite presque toujours à des situations expérimentales d'enseignement. Dans la pratique journalière, l'observation incombe inévitablement à l'enseignant assurant les séances de TP et peut apparaître alors comme une contrainte ou un obstacle à leur bon déroulement. En effet, celui-ci doit s'astreindre à observer à des instants précis des tâches bien définies. Quoiqu'il en soit, un TP n'est pas sans savoir que les sollicitations des étudiants sont fréquentes et que les problèmes arrivent souvent à l'imprévu. Ne pouvant interrompre la procédure d'observation, il doit les mettre en attente au risque d'accentuer les difficultés.

A titre d'exemple, l'application de la grille d'observation décrite précédemment demande environ 40 minutes pour un groupe de 12 étudiants manipulant individuellement en phase (environ 2 à 3 minutes par montage). Une attente inévitable pour certains se traduit par une perte de temps et globalement la durée de la manipulation s'en trouve augmentée de 20 à 30 minutes environ.

Nous avons utilisé des grilles d'observation dans :

- l'acquisition d'une discipline de travail en laboratoire,
- la construction d'un montage à distiller,
- le prélèvement de produits dangereux,
- la rédaction d'un compte rendu (cahier de laboratoire).

Les domaines d'activité et les situations d'application étant suffisamment variées et généralisables, ces exemples feront prochainement l'objet de publications écrites [15].

IV. Un exemple d'évaluation multiface

Elle est utilisée depuis plusieurs années dans le cadre de TP de synthèse organique en première année du département "chimie" de l'IUT de Besançon [16]. L'enseignement proposé comporte environ 90 heures de TP répartis en 18 séances de 5 heures.

Ils s'adressent à une promotion de 75 étudiants, les groupes sont au maximum de 14 et le travail est individuel. Chacun dispose d'un matériel de base d'environ 130 pièces (80 pièces de verrerie de laboratoire) qui est complété pour certaines manipulations. Des cours magistraux (20 heures) permettent de s'adresser à l'ensemble de la promotion pour présenter des notions nouvelles, préparer le travail expérimental ou faire un retour sur ce qui a été effectué sous la forme de corrections, de généralisations ou de conclusions. Des travaux dirigés (4 séances de 1,5 heure) sont nécessaires pour aborder les problèmes de sécurité au laboratoire, le traitement du mélange réactionnel et l'application des différentes nomenclatures.

Cet ensemble est en principe assuré par deux services d'enseignants et un quart de poste d'agent technique.

L'effectif maximal de la seconde année étant voisin de l'effectif actuel de la première, cette dernière ne fait pas l'objet d'une sélection sous forme de concours et chaque étudiant admis est a priori apte à assimiler l'enseignement technologique proposé. Les échecs en première année (réorientations obligatoires) sont inférieurs à 15 % et concernent surtout les élèves :

- ne possédant pas les connaissances théoriques élémentaires nécessaires,
- rencontrant des difficultés importantes d'adaptation,
- ayant choisi une orientation ne correspondant pas à leurs souhaits et parfois peu motivés.

Dans ce dernier cas, les TP ont une fonction non négligeable à jouer. Indépendamment de leur rôle irremplaçable dans la formation du technicien, ils devraient donner une image la plus représentative possible des tâches requises à ce niveau dans les divers secteurs de la chimie. Ils éviteraient ainsi un engagement vers une voie qui risque d'être abandonnée ou mal vécue. C'est dans cet esprit que nous avons intégré certains paramètres du métier de technicien chimiste en synthèse. Leur ensemble ne sera pas développé pendant cette conférence et on peut se reporter à différents articles que nous avons publiés [16, 17, 18]. Néanmoins, nous en donnerons quelques grandes lignes en insistant sur les modes d'évaluation et surtout de notation.

Deux modules composent l'année scolaire :

- Un module d'apprentissage (8 à 11 séances) permet à l'étudiant de se familiariser avec les techniques élémentaires de la synthèse organique expérimentale. L'ouvrage de Chavanne et coll. [19] est utilisé comme document de référence. Tous les étudiants manipulent en phase et l'évaluation est surtout formative.
- Un module d'application de 7 séances, composé de manipulations tournantes dédoublées, regroupe des synthèses utilisant les notions vues précédemment.

Un module d'intégration a été testé sous la forme de "miniprojets" à la fin de l'année scolaire 1987/1988. Entraînant une intense activité qui a donné lieu à trois incidents, heureusement sans gravité, nous avons repoussé son intégration régulière dans notre cycle d'enseignement.

Administrativement, l'apprentissage en IUT doit donner lieu à une appréciation chiffrée qualifiant la performance annuelle de l'étudiant. La moyenne est requise pour passer en seconde année. Les travaux pratiques ne dérogeant pas à cette règle, l'activité de l'étudiant dans chaque discipline doit se traduire en fin d'année par une note sur 20 points. La répartition ci-dessous illustre la prise en compte des différents domaines de l'activité de l'étudiant dans la proposition d'une note finale (tableau 2).

TABLEAU 2.

ACTIVITES	Pourcentages dans la note finale	notes maximales total 400 pts
Technique	50	200 pts
Chimie	45	180 (9 × 20 pts)
Matériel	5	20 (1 × 20 pts)
Informative	25	100 pts
Emission	10	40 (2 × 20 pts)
Recherche	15	60 (2 × 30 pts)
Sociale	25	100 pts
Organisationnel	20	80 (16 × 5 pts)
Affectif	5	20 (2 × 10 pts)

Le domaine technique

L'acquisition des connaissances liées à la synthèse organique expérimentale fait l'objet en fin d'année d'un contrôle écrit. Ne mettant pas concrètement en jeu de "la matière", la note obtenue ne nous semble pas significative d'activité pratique, aussi est-elle incluse dans la moyenne de chimie organique théorique.

L'évaluation de ce domaine s'effectue surtout sur des productions finales. Les produits rendus sont analysés, un barème per-

met leur intégration dans l'échelle des notes. La définition des barèmes étant liée à des choix pédagogiques, nous privilégions la pureté des produits fabriqués. Sur l'ensemble des manipulations proposées, seules les 9 dernières donnent lieu à notation (45 % de l'évaluation finale).

L'emploi de grilles d'observation en évaluation sommative nous semble très difficile à mettre en œuvre en toute impartialité et nous les utilisons toujours avec beaucoup de précautions dans les conditions d'application.

Pour des raisons pédagogiques et économiques, nous avons inclus la "casse de la verrerie de laboratoire" dans notre évaluation finale ; elle traduit un manque d'habileté permanent ou accidentel. La verrerie de chaque poste étant numérotée, lorsqu'une pièce est cassée, l'étudiant remplit un bon de casse pour obtenir son remplacement. En fin d'année, un barème fait correspondre l'ensemble des bons remplis par chaque étudiant, à une note sur 20 points.

Le domaine informatif

a) Emission d'informations. Nous apprenons et demandons à chaque étudiant de tenir un cahier de laboratoire selon les habitudes requises dans le milieu professionnel [20]. Deux notes sur 20 points nous permettent d'introduire sa rédaction dans l'évaluation finale. Elles prennent en compte la tenue du cahier, la présence des informations souhaitées et la structure des comptes rendus. Les erreurs d'interprétation de phénomènes ne donnent généralement pas lieu à des pénalités mais doivent être corrigées.

Cet ensemble est la partie la plus fastidieuse de notre tâche d'évaluation, elle nécessite la lecture de 75 comptes rendus par séance. Une correction régulière serait souhaitable, nous n'avons jamais pu l'effectuer au fur et à mesure de leur déroulement. Le nombre de 75-80 cahiers nous semble une limite à ne pas dépasser pour ce type d'activité.

b) Recherche d'informations. Dans le cadre de l'enseignement court des départements chimie de l'IUT, une initiation à l'information scientifique et technique s'avère indispensable et deux buts sont visés :

- Montrer l'existence de la littérature chimique par un contact direct et physique avec le document.
- Habituer l'étudiant à chercher des informations et à utiliser les principales ressources des centres documentaires et par là développer son autonomie.

Cette démarche a fait l'objet d'articles [17] que nous ne reprendrons pas. Depuis leurs publications, l'augmentation du nombre des étudiants nous a contraint à modifier certains exercices.

Le domaine social

a) Domaine organisationnel [16, 18]. Ce domaine est défini en début d'année scolaire et montre ce qu'un travail collectif en laboratoire (professionnel ou d'enseignement) impose à l'individu comme contraintes pour s'effectuer avec un maximum d'efficacité.

Une liste d'environ 80 actions à faire ou à ne pas faire est explicitée ; pour l'enseignant, elle se traduit par une grille d'observation appliquée en situation évolutive pendant la séance de TP et en situation figée en fin de manipulation. Chaque séance, sauf les deux premières, est notée sur 5 points à l'aide d'un barème pré-défini, connu de tous. Trois obstacles apparaissent :

- L'élimination difficile de l'affectif présent dans la relation enseignant/apprenant. Cette affectivité étant prise en compte par ailleurs, la tentation est moins grande de :
 - fermer les yeux en présence d'un(e) étudiant(e) sympathique,
 - les ouvrir trop vite en présence d'étudiant(e) antipathique.

• La reconnaissance de cet apprentissage comme faisant partie du "bagage professionnel" à acquérir. De nombreuses discussions avec des anciens élèves travaillant en synthèse organique nous ont incité à poursuivre cet enseignement.

• L'importance de la tâche pour l'enseignant. Elle se traduit par de la vigilance en cours de séance (non pas une surveillance systématique) et par une vérification des postes de travail en fin de séance (de 0,5 à 1 heure).

b) Domaine affectif. Ne pas prendre en compte l'affectivité au cours d'un enseignement serait parfaitement illusoire. Nous profitons de l'introduction d'une "note de comportement" dans la moyenne finale pour aborder ce problème en travaux pratiques. Il nous semble important de souligner que le fonctionnement du groupe dépend de l'attitude de tous et que des efforts peuvent être faits par l'enseignant comme par les étudiants. Cette note permet également de réduire l'incidence subjective dans l'application de notre grille d'observation du domaine organisationnel (voir ci-dessus).

A la fin de chaque module, l'enseignant donne son impression pour chaque apprenant en utilisant une échelle de 0 à 10. La somme des valeurs donne une note sur 20 points soit 5 % de l'évaluation finale. Habituellement les notes se situent entre 14 et 18/20. Portées à la connaissance des étudiants, si ceux-ci le souhaitent, l'enseignant se doit d'expliquer les raisons de son choix. Cette démarche parfois délicate et difficile fait partie des conditions d'application du système d'évaluation.

Quelques remarques

En continuant d'inclure le domaine social dans notre enseignement pratique et de prendre en compte l'ensemble de l'activité de l'apprenant, nous cherchons à montrer quelles sont les implications, les contraintes et les difficultés qui apparaissent non seulement dans une situation expérimentale et temporaire de recherche en didactique mais dans le cas d'une situation réelle de travaux pratiques. Deux questions nous sont souvent posées.

La première est relative à l'acceptation du domaine social par les étudiants. Comment peut-on arriver à un consensus ? La

réponse est simple, jusqu'à présent nous n'avons rencontré aucune difficulté à proposer cet ensemble comme contrat pédagogique en début d'année et, à notre connaissance, il n'a jamais fait l'objet de critiques au niveau de notre conseil de département (le conseil de département est une instance administrative paritaire élue dans chaque département d'IUT. Il se réunit impérativement une fois par trimestre et aborde tous les problèmes qui peuvent se poser dans le fonctionnement propre du département). Il nous semble important de souligner que l'évaluation du domaine organisationnel ne peut être entreprise systématiquement sans être vouée à l'échec, que si tous les enseignants qui l'assurent sont intimement convaincus de sa nécessité, donc très motivés.

La seconde nous interroge sur l'importance de la tâche pour l'enseignant. Au-delà de 50 étudiants, elle peut apparaître considérable et très fastidieuse. L'emploi de tableurs électroniques sur microordinateurs nous permet d'assurer sans difficulté la gestion des données et leur transformation en notes. A titre d'exemple, avec une moyenne de 50 notes par étudiant, une promotion de 75 élèves entraîne la saisie et le traitement de 3 500 notes, ce qui représente une durée annuelle de 8 à 12 heures. Aux corrections habituelles des comptes rendus et des produits s'ajoutent la vérification rapide des postes de travail entre les diverses séances de TP et l'analyse des grilles d'observation en évaluation formative pendant la séquence d'apprentissage.

V. En guise de conclusion

Conclure cet exposé peut sembler inopportun et sans objet tant les conditions d'enseignement, les finalités poursuivies et les opinions de chacun sur le sujet sont différentes. Le contexte humain et matériel de chaque situation la rend quasiment unique et l'évaluation apparaît un peu comme la quête du Graal. Pour les travaux pratiques un impératif est à rechercher : l'accord entre l'évaluation spontanée (impression) et les produits de l'évaluation explicite. Dans certains cas, cet accord ne peut être obtenu que par une remise en cause complète de la méthode utilisée et l'évaluateur impliqué dans un enseignement pratique ne doit jamais pouvoir se dire que la décision finale n'est pas représentative de ce qui a été effectué par chaque apprenant.

Bibliographie

- [1] (a) Encyclopedia Universalis, Corpus 4, p. 745-746, 1985,
(b) P. Robert, Dictionnaire alphabétique et analogique de la langue française, 2^e Ed, Le Robert, Paris, Tome II, p. 569, 1985.
[2] (a) E. Roletto, J. Carretto, R. Viovy, Les travaux pratiques de chimie dans l'enseignement secondaire français : Quels buts leur assigner ? *Bulletin du CIFEC*, 1988, N° 3, 27-42,
(b) A. Dumon, Les buts de l'enseignement expérimental de la chimie en premier cycle universitaire, *L'Actualité Chimique*, 1989, N° 1, 28-31,
(c) A. Dumon, F.N.S. Souissi, Un enseignement expérimental de la chimie (en premier cycle universitaire) : pour quoi faire ? *L'Actualité Chimique*, 1986, N° 9, 57-66.
[3] Idem référence 1 b, 1985, Tome IX, p. 192.
[4] P.R.-F.L. Communication personnelle.
[5] D. Anzieu, J.Y. Martin, La dynamique des groupes restreints, 7^e édition, P.U.F., Paris, 1982, p. 211-301.
[6] J. Pocztar, La définition des objectifs pédagogiques, Les éditions E.S.F., Paris, 1982, p. 86.
[7] D.R. Krathwohl, B.S. Bloom, B.B. Masia, Le domaine affectif, Taxonomie des objectifs pédagogiques, Les presses de l'université du Québec, Montréal, Tome 2, 1964.
[8] M.E.N., Décret N° 84-431 du 6 juin 1984 relatif au statut des

enseignants chercheurs de l'enseignement supérieur, *Journal Officiel de la République Française*, 8 juin, 1984, p. 1784.

[9] A. Dumon, Comment évaluer son enseignement expérimental (de la chimie) ? *Pédagogiques*, 1988, 8, N° 1, 117-137.

[10] M.J. Frazer, Evaluation of student performance in the laboratory, paper given at UNESCO International Chemistry Congress, 13-17 février, Perth (Australia), 1978.

[11] J.M. Barbier, L'évaluation en formation, P.U.F., Paris, 1985, p. 32-34.

[12] C. Avinens, B. Mula, B. Liutard, Etude critique d'une manipulation de chimie minérale. Extraction d'un métal à partir d'un minerai pauvre, *Bulletin du CIFEC*, 1988, N° 2, p. 30.

[13] (a) J.P. Denis *et al.*, L'observation des étudiants aux T.P. de physique : évolution de l'instrument d'évaluation, *Pédagogiques*, 1982, 3, fasc. 1, 43-49,

(b) B.W. Singer, R.J. Lock, Assessment of practical skill in A-Level Chemistry, *Education in Chemistry*, mars, 1984, 51-53.

[14] Note sur l'activité pédagogique des universités, MEN, Paris, SAF/2, N° 1536 du 15 novembre, 1984, p. 12, 25 et 26.

[15] Communications préliminaires orales ou par affiches :
(a) B. Montfort, J. Carretto, M. Chastrette, Création d'une grille d'observation. Emploi dans l'évaluation et l'autoévaluation

d'un montage à distiller, *Colloque international "Athens 89"*, 4-7 septembre 1989, Montpellier.

(b) M. Rebetez, B. Montfort, Emploi d'une balance numérique pour prélever des produits dangereux : exemple d'une démarche permettant d'appliquer des consignes de sécurité, 6^e JIREC, Montpellier, 11-14 juin 1989.

(c) B. Montfort, H. Kreidie, F. Nabhan, M. Chastrette, Du mode opératoire au cahier de laboratoire, la pratique des étudiants dans le traitement de l'information, 6^e JIREC, Montpellier, 11-14 juin 1989.

[16] B. Montfort, Enseigner la chimie et former des chimistes, *L'Actualité Chimique*, 1979, N° 9, 31-32.

[17] (a) B. Montfort, Initiation pratique à l'accès à l'information et à l'utilisation des principales sources documentaires en

chimie, *L'Actualité Chimique*, 1985, N° 7, p. 73-79.

(b) B. Montfort, M. Autexier, L'accès aux sources documentaires, une étape nécessaire dans l'apprentissage de l'autonomie, *Cahiers d'études pour la formation des ingénieurs*, 1987, 18, 36-39.

[18] B. Montfort, L'enseignement de la sécurité en travaux pratiques : ses objectifs, ses contraintes, sa réalisation, son évaluation, *L'Actualité Chimique*, 1986, N° 8, 37-42.

[19] M. Chavanne, A. Jullien, G.J. Beaudouin, E. Flamand, Chimie organique expérimentale, Modulo-éditeur, Mont-Royal, Québec et Belin, Paris, 1986.

[20] H.M. Kanare, Writing the laboratory notebook, American Chemical Society, 2nd Ed. Washington, 1986.