

La musique de la chimie : du solfège à la mélomanie

L'influence de l'enseignement de la chimie sur son image publique

par **Richard-Emmanuel EASTES**

75005 Paris

richard-emmanuel.eastes@ens.fr

<http://cognition.ens.fr/~reeastes>

RÉSUMÉ

Qu'il s'agisse de chimie ou de musique, l'appréhension d'une discipline repose sur quatre pôles fondamentaux : la pénibilité des apprentissages, le plaisir de la pratique, l'intérêt des savoirs acquis et la dynamique personnelle de l'élève. Nous montrons ici combien et comment l'image de la chimie peut être ternie si l'un quelconque de ces quatre pôles est négligé dans son enseignement, et que le déséquilibre qui en résulte risque de manière ultime de la transformer respectivement, pour nos étudiants futurs concitoyens, en discipline théorique codée, science spectacle désincarnée, matière sans intérêt et métier inaccessible.

À travers cette grille d'analyse, l'étude des programmes scolaires permet alors de mieux comprendre l'influence qu'a pu avoir l'enseignement de la chimie sur son image depuis une vingtaine d'années, auprès de ceux qui l'ont approchée par l'unique biais de leur scolarité. Complexe et paradoxale, la chimie présente de plus des obstacles spécifiques (didactique, épistémologique, cognitif, affectif...), inexistantes dans les autres disciplines, dont nous montrons qu'ils peuvent entraîner des difficultés supplémentaires de tous ordres au niveau de son enseignement. Enfin, la compréhension de cet ensemble de données permet d'imaginer quelques pistes originales susceptibles d'aider à enrayer les effets négatifs induits par l'enseignement dans le rapport des étudiants et des citoyens « anciens-élèves » avec la chimie.

INTRODUCTION

Quel enfant ne rêve pas de la mallette du petit chimiste ou de la visite dans sa classe d'un vrai chimiste ? Qui ne s'est pas un jour risqué à mélanger produits alimentaires ou ménagers pour les voir se transformer, avec parfois même le secret espoir de les voir « exploser » (cf. figure 1) ? Chez ces enfants, à ces envies et attitudes, une seule origine, aussi innée que spontanée :



Figure 1 : Chimistes en herbe.

« faire des expériences »... jouer avec la matière et comprendre comment elle se comporte.

Aucun *a priori* négatif non plus chez les plus jeunes quant à l'image de la discipline : qui prend la peine d'interroger les enfants et les adolescents se rend vite compte que même s'ils associent parfois les termes « chimie » et « pollution », se faisant ainsi le relais des discussions familiales et des médias, ils sont parfaitement conscients de l'utilité de la chimie pour fabriquer, par exemple, produits ménagers et médicaments.

Et pourtant, interrogez leurs parents : « Ah ! La chimie... J'ai toujours détesté ça. Et je n'y ai jamais rien compris ! Trop obscure, trop codée, trop magique... ». Testez alors les connaissances qui leur restent ; là encore, vous serez étonné de l'inexistence du moindre souvenir cohérent, ne serait-ce que des formalismes les plus simples ou de la différence entre un *atome* et une *molécule*...

Entre ces deux extrêmes, de l'enfance à l'âge adulte, que s'est-il passé ? Comment interpréter le remplacement de cette exaltation initiale pour la chimie « science expérimentale » par le rejet de son langage et de ses lois, en dépit des efforts répétés des concepteurs de programmes scolaires, voire des chimistes eux-mêmes, pour rendre leur discipline attrayante ? Comment comprendre ce désamour ? L'éducation scientifique, dispensée parallèlement par le système scolaire et les professionnels de la culture scientifique, aurait-elle un rôle à jouer – sinon une responsabilité – au niveau de la construction et de la préservation de l'image de la chimie ?

À travers cet article, nous tentons de dégager quelques pistes de réflexion et de proposer quelques esquisses de solutions à ces interrogations fondamentales, qui touchent tout autant à l'image de notre discipline auprès des citoyens non-chimistes qu'à la délicate question de la désaffection des étudiants pour les études universitaires de chimie.

1. APPRÉHENDER UNE DISCIPLINE : UN PROCESSUS QUADRUPOLAIRE

De sa découverte sur les bancs de l'école à sa pratique professionnelle, l'appréhension d'une discipline repose sur des fondements très similaires. Et en l'occurrence, l'exemple de la musique va nous permettre de mieux comprendre ce qui se joue dans la découverte de la chimie puis dans la familiarisation avec son langage, pour un élève qui n'y est pas particulièrement préparé avant le premier cours qui lui sera dispensé sur le sujet. Dans le cadre de cette métaphore, nous distinguons quatre pôles fondamentaux et récurrents, complétés par un cinquième, un peu particulier, que nous nous contenterons d'évoquer.

1.1. L'effort (le solfège)

Le premier pôle incontournable et propre à toute discipline, c'est l'effort et la pénibilité des apprentissages fondamentaux. Que la partition soit scientifique, littéraire ou artistique (et même sportive), un minimum de solfège est indispensable à qui souhaite devenir un bon musicien.

Or la véritable question est bien là : quels sont les obstacles fondamentaux de ce solfège qui, troublant la compréhension de la chimie par les jeunes, finit par les dégoûter de notre discipline et oublier le plaisir de l'expérience qui les animait pourtant de manière quasi spontanée ?

Très tôt, l'élève est confronté à des concepts et constructions théoriques complexes. La chimie souffre en outre d'un nombre d'implicites extraordinaire, ce qui peut être illustré par l'anecdote suivante. Ayant un jour écrit au tableau un cycle catalytique extrêmement réduit de la destruction de l'ozone par les CFC⁽¹⁾, j'arrivais à l'équation bilan et la simplifiais en ôtant un atome de chlore des deux côtés (cf. figure 2).

C'est alors qu'une étudiante eut le courage de me poser la question suivante : « Mais le chlore, il est toujours là, n'est-ce pas ? ».

Dans le solfège de la chimie peut-être encore plus que dans celui de toute autre discipline, les obstacles sont nombreux⁽²⁾. Or, très peu d'élèves parviennent à trouver un réel plaisir dans ses apprentissages fondamentaux. Peut-être en faisons-nous partie, mais nous ne sommes pas de bons exemples puisque justement, nous sommes devenus chimistes. Et la question qui nous préoccupe touche justement tous ceux qui ne le deviennent pas... Dans la plupart des cas, pour compenser la pénibilité de l'effort à fournir, le plaisir doit venir d'ailleurs.

1.2. Le plaisir (l'interprétation et la composition)

Ce concept de plaisir, c'est justement celui qui constitue le second pôle de l'appréhension d'une discipline. Dans un premier temps, chez l'élève du secondaire, il sera essentiellement lié à la pratique de la chimie : travaux pratiques et résolution de problèmes étant insuffisamment générateurs de plaisir auprès de l'élève non passionné d'emblée, l'enseignant pourra jouer sur les aspects ludiques et spectaculaires des manipulations (cf. figure 3, page ci-après).

En musique, ce pôle sera lié à l'interprétation puis la composition de morceaux mélodieux, plaisants ou virtuoses. Chez l'étudiant, la pratique de la chimie pourra s'enrichir du plaisir que procure la mise en œuvre de la créativité personnelle.

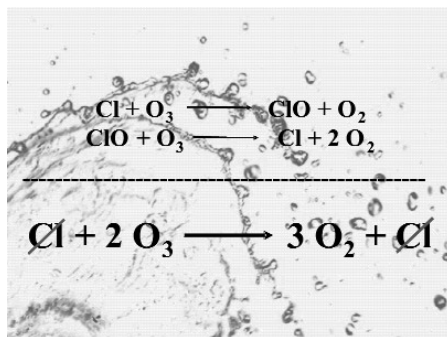


Figure 2 : Cycle catalytique extrêmement simplifié de la destruction de l'ozone.

(1) Lors d'un cours intitulé *Éducation à l'environnement* donné devant des étudiants de l'Université de Genève, futurs enseignants du primaire.

(2) Est-il si évident que la formule « H₂O » indique que la molécule d'eau est composée de deux atomes d'hydrogène et d'un atome d'oxygène et non pas de « 1H + 2O » ?



Figure 3 : Une expérience spectaculaire « classique », la combustion du potassium dans l'eau.

Photographies : S. QUERBES et Les Atomes Crochus pour Lancôme International.

Pour le futur citoyen non-chimiste, au-delà du souvenir d'une chimie plaisante et amusante, cette compréhension constituera sans nul doute une condition absolue pour être capable de s'en faire une image objective et juste.

Reste toutefois à savoir si le plaisir de jouer d'un instrument parvient toujours à compenser la peine que procurera le déchiffrement du livret et, avant cela même, celle qu'aura vaine l'apprentissage des clefs de l'écriture musicale.

1.3. L'intérêt (la mélomanie)

Toutefois, restreindre au seul plaisir les motivations à s'investir dans une discipline serait très réducteur. Très vite, l'apprenti musicien trouve un intérêt personnel à jouer de son instrument et à travailler son solfège. En un mot, il devient *mélomane*.

Si elle ne porte pas nécessairement de nom particulier, cette mélomanie existe sans doute dans toutes les disciplines et s'apparente dans chaque cas à l'intérêt que trouve l'élève à acquérir la culture du domaine. Cet intérêt constitue le troisième des pôles fondamentaux qui interviendront *in fine* sur l'image de la discipline.

Dans le domaine de la chimie, la mélomanie de l'élève le conduit dans des salles de conférences et à des lectures complémentaires d'ouvrages de vulgarisation. À travers les liens qu'il tisse entre ses connaissances théoriques et leurs applications, entre la chimie et les autres disciplines, entre sa propre vie et ce qu'on lui demande d'apprendre, il commence à donner du sens à cette science dont il entrevoit pourtant encore si peu la portée. Il comprend peu à peu comment sont nés les lois et les concepts auxquels il s'initie et apprend que les effets pervers des progrès de la chimie ont des remèdes eux-mêmes issus de la chimie.

Nul doute que cet élève idéal, même s'il ne devient pas chimiste, saura toute sa vie se faire une opinion lors des débats de société qui mettent en cause la chimie, et trouver la juste voie entre scientisme et désinformation « antichimie ».

1.4. La dynamique personnelle (la vocation)

Dès lors, cet élève choisira-t-il ses études universitaires dans le domaine de la chimie ? Et s'il choisit la chimie, quelle en sera la raison ?

C'est ici qu'intervient le quatrième pôle : celui qui pourrait être nommé la « dynamique personnelle » de l'élève. Il ne s'agit plus uniquement de plaisir ou de mélomanie, mais bien de *concordance* entre la discipline tout entière et ce que l'individu entend faire de sa vie ; d'adéquation entre ses aspirations, ses valeurs, ses ambitions, ses capacités de travail et ce que peut lui offrir la chimie. En d'autres termes, le mélomane ne fera de la musique son métier que si le jour du choix de son orientation, il se sera découvert une âme du musicien, c'est-à-dire une véritable *vocation* pour la musique (cf. figure 4).



Figure 4 : Naissance d'une mélomanie...

Photographie : S. QUERBES et Les Atomes Crochus pour Lancôme International.

Pour quelles raisons l'étudiant brillant évoqué ci-dessus pourra-t-il par suite se sentir l'âme d'un chimiste ? Elles sont multiples et d'origines variées : pratiques (durée des études, mode de vie) et financières (perspectives de salaire), mais souvent également affectives (besoin de contribuer aux progrès de la connaissance, recherche de l'absolu que procure la création de molécules encore inexistantes, désir de s'investir dans un domaine ouvrant des perspectives dans la régulation de grands problèmes sociaux et environnementaux).

Peut-être la désaffection pour les études de science en général, et de chimie en particulier, pourrait-elle par suite être interprétée en termes de non-adéquation avec les dynamiques personnelles actuelles des bacheliers ? Cette piste mériterait très certainement d'être creusée...

2. GESTION DES PÔLES, IMAGE ET DÉSAFFECTION

Nous venons de le voir : sans solfège, pas de bon musicien ; sans plaisir, pas d'investissement durable ; sans mélomanie et culture de la discipline, pas d'intérêt pour le domaine ; sans adéquation avec la dynamique personnelle, pas de vocation...

2.1. Un équilibre indispensable

Du point de vue de l'enseignement dispensé, cela se traduit par la nécessité d'un juste équilibre entre les attentions portées par le système éducatif à chacun de ces

pôles⁽³⁾ (cf. figure 5). N'insister que sur le solfège, c'est faire de la chimie une discipline théorique codée et rébarbative. La présenter uniquement sous ses aspects ludiques et spectaculaires, c'est risquer de lui donner une image de science spectacle désincarnée et magique. Ne pas tenter de développer une véritable culture de la chimie, de lui donner du sens, c'est inciter les élèves à garder d'elle le souvenir d'une matière sans intérêt. Enfin, ne pas tenir compte des aspirations et des valeurs des élèves, c'est la condamner à ne proposer que des métiers inaccessibles ou « faits pour les autres ».

Tout d'abord, au niveau de l'image qui restera au futur ancien élève non-chimiste, l'équilibre à trouver se situe essentiellement entre les trois premiers pôles. Sous cet angle, le désir de notre communauté de relier la chimie au quotidien, d'en montrer les bienfaits, est louable et très légitime... mais insuffisant. À double titre d'ailleurs. Car d'une part, c'est oublier de mentionner la difficulté du solfège et, d'autre part, c'est masquer les effets pervers du progrès technologique liés au développement de la chimie⁽⁴⁾.

Autrement dit, rendre la chimie attrayante sans chercher simultanément à faciliter les apprentissages fondamentaux et à développer un regard critique sur le monde, c'est préparer l'élève à de sérieuses désillusions lorsque, appâté par les feux de la chimie spectaculaire, il s'apercevra d'une part de l'impossibilité d'éviter les austères règles de stéréochimie ou l'ardue thermodynamique chimique, et d'autre part il apprendra par le biais des médias qu'entre dopage, drogue, catastrophes industrielles ou environnementales et armes chimiques... la chimie peut aussi tuer.



Figure 5 : Un juste équilibre entre effort, émerveillement, sens et intérêts personnels.
Photographie : N. SENE et Les Atomes Crochus.

- (3) Une lacune subsiste toutefois dans cette structure quadrupolaire de l'appréhension des disciplines. Et la question est si importante qu'elle pourrait sans conteste constituer un cinquième pôle : celui de l'évaluation en classe des compétences acquises. En toute circonstance en effet, il nous faudra nous rappeler combien une évaluation mal adaptée peut littéralement briser la motivation d'un élève à apprendre.
- (4) On entend souvent parler de la nécessité de « donner une image positive de la chimie ». Une image ne s'impose pas de l'extérieur, si ce n'est dans les régimes autoritaires ; elle se construit individuellement de l'intérieur, en toute connaissance de cause et en toute responsabilité. Ne pas éluder les faits qui nous déplaisent ou qui sont « reprochés à la chimie » nous permet à la fois, à nous chimistes, de nous en tenir informés, de corriger les erreurs dont ils font éventuellement l'objet et surtout, de rester crédibles.

Au-delà de la question de l'image, pour susciter des vocations, encore faudra-t-il tenir compte des aspirations des élèves, de leurs valeurs, de leurs dynamiques personnelles. Là encore, la séduction est insuffisante pour former, professionnaliser, orienter vers les études scientifiques. Attirer les bacheliers à la chimie, c'est avant tout essayer de les comprendre, puis tenter de leur montrer qu'elle a un rôle à jouer dans leur avenir et dans celui du monde.

2.2. Le rôle de l'école et de la communauté des chimistes

Faciliter les apprentissages fondamentaux, susciter le plaisir d'apprendre, aider à développer un regard critique sur le monde, éveiller des vocations... Ce sont bien là, idéalement, les rôles qui devraient être ceux de l'école et des enseignements qu'elle dispense, mais on devrait en outre pouvoir compter sur l'éducation scientifique informelle (musées, CCSTI, associations, médias, implication des communautés scientifiques elles-mêmes...) pour seconder l'école, si ce n'est au niveau des apprentissages fondamentaux, au moins au niveau des trois autres pôles. Qu'en est-il réellement ?

Pour simplifier, on peut considérer deux grandes tendances durant ces vingt dernières années : partant d'un enseignement essentiellement centré sur le solfège, la chimie à l'école s'est peu à peu agrémentée de liens de plus en plus nombreux avec la vie quotidienne. Jusque dans les années 1990 en effet, presque à l'égale des mathématiques, elle faisait figure de discipline théorique, abstraite et codée. Puis l'approche est devenue inductive ; les programmes ont commencé à fonder les connaissances théoriques de la chimie sur l'expérimentation, et l'expérimentation sur le quotidien des citoyens que les élèves allaient devenir.

Bien entendu, ces choix ne sont jamais faits uniquement sur des critères uniquement pédagogiques ou didactiques, et toutes les décisions concernant les orientations de l'éducation doivent également tenir compte de critères sociaux (carte scolaire), économiques (désaffection pour les sciences) et politiques (égalité des chances), voire idéologiques. C'est ce qui rend les débats si complexes et les solutions si insatisfaisantes, quelles qu'elles soient, tant la considération de ces différents critères peut conduire à des solutions contradictoires. Ainsi, la conception des programmes scolaires et des parcours d'apprentissages et le choix entre méthodes inductives et déductives, par exemple, ont pu un temps être soumis à des interrogations sur les rôles de l'école plutôt que sur les efficacités pédagogiques respectives des approches théoriques et expérimentales. Former de futurs chercheurs et ingénieurs ne passe pas, en effet, par les mêmes choix de contenus et de méthodes que préparer tous les citoyens à acquérir une culture scientifique minimale.

Quoi qu'il en soit, sur les quatre pôles fondamentaux évoqués plus haut, on peut considérer que deux d'entre eux sont désormais pris en compte et que depuis peu, un troisième commence même à être considéré : celui du plaisir. Pour rendre la chimie attractive, on se rend compte de l'intérêt des expériences ludiques et spectaculaires, des rencontres d'enseignants ont lieu pour échanger les dernières trouvailles et on fait de plus en plus appel à la vulgarisation de la chimie qui, elle, a plus d'un tour dans son sac pour amuser et émerveiller.

2.3. Préserver le fragile équilibre

Ne resterait-il simplement plus qu'à mieux prendre en considération les aspirations profondes des élèves pour les aider à trouver leur vocation de chimiste ? Pas si sûr, car bien des dérives sont possibles : axer davantage les enseignements sur le plaisir de la pratique et de la démonstration ne doit pas être confondu avec l'abandon du solfège ; ou plutôt, ce n'est pas par la diminution de la pénibilité des apprentissages fondamentaux que la dimension « plaisir » doit être développée. Au contraire, elle doit l'être par ailleurs, pour compenser la peine et l'effort, voire à partir de la peine et de l'effort... un enseignement trop (et uniquement) séducteur de la chimie ne saurait nous permettre d'atteindre nos objectifs, car il masquerait les vraies difficultés qui, inmanquablement, resurgiraient tôt ou tard sur la route de l'élève.

CONCLUSION

Entre ces quatre pôles fondamentaux, l'équilibre est donc difficile à atteindre, mais également délicat à préserver. Pour ce faire, bien des voies s'offrent à nous et nombre d'entre elles ont déjà été décrites⁽⁵⁾. Pour notre part, nous pensons que les outils et méthodes de la vulgarisation scientifique constituent une mine inépuisable pour enrichir l'enseignement de la chimie, tout comme l'intégration des apprentissages scientifiques dans des perspectives plus larges et plus systémiques, telles que les débats nature-sciences-technologies-société, sur le modèle de ce que les musées de science commencent à développer.

En particulier, s'il est déraisonnable de vouloir éliminer le solfège de nos enseignements, du moins doit-il être possible d'en faciliter l'apprentissage. Car en l'occurrence, ce que nous pourrions tout de même reprocher aux programmes scolaires (et la remarque est valable pour toutes les disciplines), c'est d'avoir été conçus par de brillants enseignants... c'est-à-dire d'anciens brillants élèves, passionnés par leur discipline, parfaitement adaptés au système scolaire, dont les cadres de références ne sont jamais véritablement entrés en conflit avec les enseignements qui leur ont été dispensés et qui, à ce titre, n'ont jamais vraiment eu de « problème de solfège ». Parmi les solutions possibles, citons le développement des « modèles pédagogiques », des « approches phénoménologiques », la valorisation de l'effort et du travail personnel, le développement de méthodes d'évaluation non sommatives et non dévastatrices des motivations...

Plus généralement, construire et préserver une image juste de la chimie nécessitera de la rendre incontournable pour l'élève futur citoyen ; de faire de son apprentissage un passage obligé pour comprendre notre société et ses rapports avec la chimie. Comment ?

(5) Pour davantage d'exemples, voir l'article de PELLAUD, F. *Des expériences réussies*, dans le numéro spécial 280-281 de l'*Actualité Chimique*, novembre-décembre 2004 : *Le chimiste et le profane : partager, dialoguer, communiquer, vulgariser, enseigner...* pages 69-78. Consulter également le site des *Atomes Crochus*, <http://www.atomes-crochus.org>, riche de maints exemples de médiation de la chimie sous toutes ses formes, dans une optique respectueuse des quatre pôles décrits plus haut.

En l'impliquant personnellement dans ses apprentissages, en lui montrant que pour répondre à ses interrogations fondamentales, il a besoin d'une culture scientifique et, en l'occurrence, chimique. Alors, il acceptera le solfège. Car l'enfant, pour pouvoir enfin marcher, accepte de tomber quelques fois.

Richard-Emmanuel EASTES

Professeur agrégé de sciences physiques

Département d'études cognitives - École normale supérieure - Paris V^e

Chercheur au Laboratoire de didactique et d'épistémologie des sciences

Faculté de psychologie et des sciences de l'éducation

Genève (Suisse)

Membre du bureau de la Commission Chimie & société

Maison de la chimie - Paris VII^e

Président de l'Association Les Atomes Crochus

Paris V^e

