

Communication de la chimie

L'alphabet de la chimie (2/2)

Dans notre dernière chronique*, nous dissertions sur la classification périodique, proposant que l'élément chimique soit dissocié du corps pur simple et qu'il soit considéré davantage comme une catégorie, une classe d'objets, que comme un objet concret. Nous concluons en suggérant que ce positionnement permettait de résoudre plusieurs difficultés conceptuelles, notamment sur les plans pédagogique et communicationnel. Nous nous proposons ce mois-ci de le vérifier. Comment enseigner la structure de la matière à un enfant, ou la remémorer à un adulte qui aurait tout oublié de ses leçons de chimie ? La démarche habituelle peut être qualifiée de « réductionniste » (le « tout » est compris comme la réunion d'entités élémentaires) : héritée des travaux des physiciens du XX^e siècle, elle consiste à partir de la description de la structure de l'atome, lequel est capable de se lier à ses congénères de diverses manières pour constituer les molécules, elles-mêmes constitutives de la matière visible et palpable, du moins lorsqu'elles s'y trouvent en quantité suffisante. Cette approche pédagogique *bottom-up* est peu remise en question, tant elle semble naturelle. Elle l'est pourtant si peu qu'on commence seulement, en ce début de XXI^e siècle, à l'adopter en synthèse, dans le domaine des nanotechnologies, en concevant des objets moléculaires par l'assemblage contrôlé d'atomes.

En effet, s'il y a bien une manière d'appréhender la matière qui n'est pas commune au quotidien, c'est celle qui passe par la (re)connaissance de ses entités microscopiques. Dès le plus jeune âge, c'est une matière macroscopique qu'il est donné à l'enfant de rencontrer ; il s'y blottit lorsqu'elle est chaude et rassurante, apprend à s'en méfier lorsqu'il s'y heurte ou s'y brûle, l'ingère et l'excrète, comprend que la quantité de celle qui le constitue s'accroît... Le rapport le plus intuitif à la matière se fait par le biais de la *substance*, et pas de l'*atome* ou de la *molécule*.

De même à ses tous premiers âges, au début de l'apprentissage du langage, l'enfant commence-t-il par percevoir des mélodies continues, des sons enchaînés qu'il n'apprend que peu à peu à décomposer en phonèmes, ce qui lui permettra plus tard d'entrer dans la lecture et l'écriture. Son approche du langage est elle aussi globale et « macroscopique » : il l'appréhende en y étant simplement exposé, et il ne viendrait à l'idée de personne d'apprendre à parler à son enfant en lui inculquant d'abord les lettres de l'alphabet.

Atomes ? Lettres ? Creusons un peu

la comparaison pour voir où elle nous mène... L'atome pourrait-il être à la matière ce que la lettre est au langage ? Dans ce cas, si l'atome est une lettre pour la matière, alors l'alphabet de cette dernière ne compte pas 26 éléments, mais un peu plus d'une centaine.

Éléments ? La lettre de l'alphabet nommée « A » n'est pas un objet mais une catégorie, un concept qui englobe tout un ensemble d'objets tels que ceux qui sont représentés dans la *figure* (ci-dessous). Tous partagent un minimum de caractéristiques communes, dont le nombre de segments et d'intersections, qui les font reconnaître comme faisant partie de la famille des « A », mais aussi les règles qui régissent leur usage et leurs possibilités d'interaction avec les autres représentants des lettres de l'alphabet. Par extension, on nomme également ces représentants des lettres : une étape que ne franchit pas le chimiste, qui distingue, comme nous l'avons vu dans notre dernière chronique (et du moins en français), l'atome et l'élément qu'il représente.

Ainsi en va-t-il également des « éléments chimiques », qui englobent tout un ensemble d'objets qui partagent un minimum de caractéristiques communes, telles que le numéro atomique et les règles qui régissent leurs interactions avec les autres atomes. Cette comparaison fait par suite de la classification périodique « l'alphabet de la chimie », et des molécules, les mots avec lesquels s'écrit son langage (universel). Les règles dites *de l'octet* ou *des 18 électrons* en constituent les règles orthographiques qui, comme toutes les règles, souffrent leurs petites exceptions, alors que des associations particulières d'atomes conduisent à des « fonctions chimiques » aux propriétés inédites, tout comme le « A », le « I » et le « M » s'associent pour former la terminaison du mot « faim ».

Les interactions supramoléculaires permettent alors de constituer les phrases avec lesquelles s'écrit le vivant, où se répètent des propositions et expressions courantes. Les liaisons hydrogène et les interactions de van der Waals en constituent la syntaxe, et les règles de la réactivité chimique les règles de grammaire : de même que le participe passé ne s'accorde pas n'importe comment avec le verbe avoir, les molécules impliquées dans une réaction électrocyclique ne

s'associent pas dans n'importe quelle configuration. Et voilà Woodward et Hoffmann élevés au rang de grammairiens, à leur plus grande surprise...

Dès lors, si les alchimistes tentaient vainement de transformer les « P » en « A », ce dont seuls sont capables les physiciens nucléaires qui ont accès aux plaques d'imprimerie (ou plutôt, de nos jours, aux logiciels de définition des polices de caractères), que devient le rôle des chimistes en général ?

Il est indubitablement double : en premier lieu, ce sont les chimistes qui observent la matière pour ce qu'elle est et en font émerger les régularités, les comportements ; ils décryptent son langage et ses extraordinaires arrangements. Ils décrivent, définissent et classent. À ces différents égards, ils endossent la noble tâche des académiciens lorsqu'ils bâtissent les dictionnaires.

Mais cette compréhension leur donne surtout le pouvoir de créer du neuf, d'assembler les lettres de manières inédites, de manipuler les règles pour inventer de nouvelles phrases, ouvrir de nouveaux possibles et fournir de nouveaux espoirs. Comme le poète crée les vers qui soignent l'âme, le chimiste synthétise les molécules qui guérissent le corps. Comme l'écrivain réinvente le monde, le chimiste en fabrique de nouveaux qui changent le cours de notre existence.

Mais lorsqu'il s'agit d'apprentissage, c'est bien par le récit que l'enfant entre dans la lecture ; c'est par le sens de l'histoire qu'on lui lit qu'il se découvre l'envie de lire lui-même, puis d'écrire. Son entrée dans le monde littéraire est macroscopique. Il nous semble fondamental qu'il en soit de même pour la chimie. Aussi, plutôt que de partir de l'atome pour « reconstruire » la matière, osons partir de la substance, introduire le concept de « pureté » par lequel il sera possible de descendre aux molécules, les *mots* de la matière. Dès cet instant, l'enfant n'aura qu'une envie : comprendre comment ces mots sont écrits, jouer avec leurs lettres, répéter ceux qu'il connaît, en inventer de nouveaux. Et peut-être, devenir chimiste.

Richard-Emmanuel Eastes,

le 25 novembre 2010

*Retrouvez l'intégralité de ces chroniques sur le blog *Parlez-vous chimie ?* (www.parlezvouschimie.org).



Différentes représentations de la lettre « A ».

Brain drain ou brain gain ?

Tous les quatre ou cinq ans, à l'occasion d'un rapport ou d'une déclaration médiatisée, le thème de la fuite des cerveaux revient périodiquement. Une étude de l'Institut Montaigne d'octobre 2010 relance le débat. Son auteur, Ioanna Kohler (French-American Foundation, New York), donne le ton dans son intitulé : « Gone for good » (parti pour de bon).

Quels en sont les principaux chiffres et principales conclusions ?

- La France, avec 1,3 % de chercheurs expatriés aux États-Unis, est relativement loin du Royaume-Uni (3 %) et même de l'Italie (2,5 %). Mais la part des chercheurs parmi les émigrants français est passée en trente ans de 8 à 27 %.

- Si on peut se féliciter de la mobilité des jeunes Français qui s'expatrient aux « States », soit dans le cadre de la préparation d'un PhD, soit pour un stage post-doctoral (qui s'est généralisé), on peut regretter qu'une partie y reste, la facilité d'y décrocher un job leur paraissant plus facile que dans l'hexagone.

- Plus grave d'après l'auteur : l'aspect qualitatif, puisqu'il montre que ce sont les économistes, les biologistes et les mathématiciens qui sont les plus concernés, et que les diplômés de Normale Sup et de l'X lognont de plus en plus vers les établissements nord-américains.

Quels en sont les motifs ?

- La lenteur administrative dans les procédures de recrutement en France, élément rétrograde pour le retour (vrai pour la fonction publique, moins pour le privé).

- Le manque d'informations des jeunes chercheurs expatriés ou étrangers sur les possibilités qui leur sont maintenant offertes.

- Un manque de valorisation du PhD (doctorat) par rapport au diplôme d'ingénieur pour la carrière dans notre pays.

Et pourtant, et pourtant...

Les mesures et dispositifs mis en place dès octobre 2008 par la ministre Valérie Pécresse répondent largement à ces questions et produisent déjà leurs effets :

- Revalorisation de la carrière des jeunes chercheurs avec une augmentation de 12 à 25 % des salaires d'embauche des maîtres de conférences et prise en compte du doctorat en tant qu'expérience professionnelle ;

- Chaires communes université-organisme de recherche, avec décharge d'enseignement et prime pour la recherche (PES) ;

- Le programme « retour post-doc » de l'ANR, qui a permis en 2009 de doter

25 chercheurs sur 97 concurrents de sommes comprises entre 200 et 700 k€ sur trois ans pour les aider à leur retour (56 % des États-Unis) à démarrer un programme et une équipe de recherche. C'est près de 140 candidats qui ont soumis leur dossier en 2010.

Par ailleurs, les bureaux CNRS et Inserm avec les services scientifiques de l'Ambassade de France à Washington font valoir que le site mis en place depuis 2006⁽¹⁾ et la lettre électronique hebdomadaire « Fil de Marianne » touchent plus de 1 800 compatriotes. Ils informent régulièrement la communauté des jeunes Français des offres d'emploi, des modalités des concours et des mesures incitatives, qui s'ajoutent aux rencontres entre scientifiques expatriés, cafés des sciences, organisés par l'Ambassade.

Comme on le voit, le paysage est moins peint de couleurs catastrophiques qu'il pouvait y paraître et les dispositions effectives depuis 2009 prendront usage avec le temps. Elles s'ajoutent à la LRU qui devrait permettre aux universités d'utiliser l'autonomie de la gestion de la masse salariale pour sortir de la grille des salaires et proposer des rémunérations plus compétitives à des chercheurs d'excellence. Il est vrai qu'il y a encore du chemin à faire, si on en juge par la grogne des « vieux » maîtres de conférences devant les avantages consentis à leurs jeunes confrères, les remous provoqués par la prime d'excellence scientifique et la timidité toute prudente des présidents d'universités à proposer ces sur-salaires qui rompent avec les tabous de la fonction publique (aisément transgressés dans d'autres Ministères)

Et quid des autres pays ?

Le Royaume-Uni est habitué à ce « brain strain » atlantique vers et depuis les États-Unis ou le Canada, qui correspond à une longue tradition anglo-saxonne d'échange et de mobilité entre nations de même langue. Il est vrai aussi qu'avec le « high education act » de 2006 et les décisions drastiques du budget britannique de 2010, le doctorant, et même l'étudiant anglais, est déjà surendetté avant la fin de ses études !

La Chine, qui s'est éveillée, a fait la constatation qu'en trente ans, sur plus d'un million d'étudiants partis à l'étranger, seuls 26 % étaient rentrés au pays, et a donc resserré les boulons. En 2007, les ministères concernés ont publié un règlement qui oblige les étudiants chinois boursiers à rentrer au pays à la fin de leur cursus et à consacrer au moins deux ans

à servir la patrie ; sinon ils doivent rembourser leur scolarité et sont susceptibles d'une amende, le contrat signé instituant les parents comme caution. Avec la croissance économique, c'est environ 100 000 étudiants par an qui partent hors des frontières, la France en accueille en ce moment environ 25 000 dont un rapport récent du Ministère nous apprendait qu'ils n'étaient pas parmi les meilleurs, attirés par le faible coût des études et fuyant les difficultés du Gao Kao, concours d'entrée à l'université. Cependant, le retour des « haigui »⁽²⁾ après la traversée des mers vers l'Amérique ou l'Europe est fortement encouragé par des parcs industriels dédiés, des emplois spécifiques, des dotations financières... qui attirent les meilleurs talents.

Pour les pays du Maghreb, la situation est bien plus critique. L'exemple de l'Algérie, où plus de 3 000 chercheurs permanents ont quitté le pays en cinq ans, montre que le statut de l'enseignement supérieur et de la recherche ne répond pas aux attentes des jeunes Algériens diplômés qui fuient vers l'Europe. La situation de l'emploi, les difficultés professionnelles et sociales font qu'entre 1994 et 2006, près de 72 000 d'entre eux ont émigré vers la France ; sait-on par exemple que plus de 1 100 médecins algériens y exercent ? Le phénomène n'est pas seulement méditerranéen mais est commun à toute l'Afrique, où la fuite des cadres oblige les nations de ce continent à engager des spécialistes étrangers avec une dépense de plusieurs milliards de dollars dont elles se passeraient bien.

Quel avenir nous menace en France ? Passer de la 5^e place en recherche à la énième avec la montée des pays en émergence 20 à 25 fois plus peuplés que nous ? Mobilité de nos post-docs vers la Chine ou l'Inde plutôt que vers les États-Unis ? Une culture des chercheurs de retour au pays basée de plus en plus sur la performance individuelle et le montage de projets personnels au détriment de l'esprit d'équipe et de dévouement au service d'un institut ?

Les nouvelles dispositions et la mise en marche des universités ou PRES « autonomes » prendront une ou deux décennies avant qu'on en fasse les bilans ; espérons que la recherche et la chimie françaises s'en trouveront dopées.

Jean-Claude Bernier,
le 24 novembre 2010

(1) www.france-science.org

(2) Tortues de mer, mais aussi mot employé familièrement en Chine pour désigner ceux qui retournent au pays.