

# Comment utiliser des textes historiques pour travailler la démarche de modélisation en chimie ?

Alain Rabier

<b>Résumé</b>	L'analyse d'extraits de textes historiques originaux permet de sensibiliser les étudiants à la démarche de modélisation en chimie. Cette approche présente un double intérêt : introduire des connaissances culturelles disciplinaires permettant de mieux comprendre comment certains concepts ont été élaborés, et poser quelques fondements épistémologiques concernant la notion de modèle scientifique.
<b>Mots-clés</b>	<b>Démarche de modélisation, textes historiques originaux, université, Lémery, Newton, Hartsoeker.</b>
<b>Abstract</b>	<b>Using historic texts to approach the modeling in chemistry</b> The analysis of extracts of original historic texts allows making students sensitive in the thought processes of modeling in chemistry. This approach presents a double interest: to develop disciplinary cultural knowledge allowing understanding better how certain concepts have been developed, and to put some epistemological foundations concerning the notion of scientific model.
<b>Keywords</b>	<b>Modelling approach, historic texts, university, Lemery, Newton, Hartsoeker.</b>

Faire découvrir la méthodologie scientifique au travers des textes historiques est une activité proposée depuis plusieurs années à divers publics de l'Académie de Toulouse : étudiants de 3<sup>e</sup> année de licence physique-chimie, professeurs stagiaires (certifiés et agrégés) de physique-chimie... Cet article décrit plus particulièrement la démarche de modélisation en chimie qui est travaillée avec ces publics en s'appuyant sur la construction du concept d'acide à partir de textes de Nicolas Lémery, Isaac Newton et Nicolas Hartsoeker (voir encadré).

L'utilisation de textes historiques à des fins didactiques pour introduire ou développer la structure d'un modèle et la démarche de modélisation en chimie doit essayer d'éviter un certain nombre de « pièges » :

- le jugement rétroactif à l'aune de nos connaissances actuelles ;
- le contresens possible sur le vocabulaire de l'époque que l'on veut traduire en langage actuel ;
- le présupposé de la progression linéaire des connaissances scientifiques.

La grille de lecture proposée aux étudiants s'appuie sur la définition d'un modèle donnée par Robardet et Guillaud [1], pour lesquels un modèle est un « *outil rationnel construit au moyen d'un langage en vue de permettre l'étude d'une réalité empirique locale parfaitement circonscrite à un ensemble de phénomènes déterminé.* » Il se compose des éléments suivants :

- **des objets expérimentaux** : protocoles, réactifs utilisés, caractéristiques et propriétés des produits formés, observations de toutes sortes... ;
- **des relations entre objets expérimentaux** : internes au champ expérimental, qui viennent de l'analyse faite de l'expérience (tel acide agit sur tel métal) ;
- **des objets théoriques** : pures constructions de l'esprit qui ne relèvent pas d'une réalité observable (particules pointues de Lémery) ;

**Nicolas Lémery** (1645-1715), né à Rouen, apprenti apothicaire puis élève à Paris de C. Glaser, chimiste du jardin du Roi, devient pharmacien apothicaire en 1672. Il donne dans son laboratoire des cours privés de chimie qui rencontrent un énorme succès. Son *Cours de Chymie*, publié en 1675, sera traduit dans la plupart des langues européennes et réédité de nombreuses fois.



**Nicolas Hartsoeker** (1656-1725), né à Gouda au Pays-Bas, est à la fois astronome, biologiste, physicien et chimiste. Contemporain de Huygens avec qui il collabore notamment à l'amélioration du microscope, il publie en 1706 *Conjectures physiques*, puis en 1708, la *Suite des conjectures physiques*. En biologie, il soutient une théorie selon laquelle l'embryon est préformé dans le spermatozoïde (animalculisme).

**Isaac Newton** (1642-1727), né à Woolsthorpe en Angleterre, est philosophe, mathématicien, physicien, alchimiste, astronome et théologien. En 1687, il publie les *Philosophiæ Naturalis Principia Mathematica*, ouvrage dans lequel il montre que le mouvement des corps célestes peut être mathématisé et donc prévu grâce au concept d'attraction universelle, conçu comme une action à distance (en opposition aux actions de contact du mécanisme cartésien). Fort du succès de cette nouvelle méthode, Newton cherche à étendre son champ d'application à l'ensemble des phénomènes de la nature, comme l'électricité, le magnétisme ou encore la chimie. Cela fait l'objet de l'ouvrage *Optiks*, publié en 1704, dans lequel figure la question XXXI consacrée aux phénomènes chimiques. Newton y suggère que le fait chimique pourrait être prédit de la même manière que le mouvement des corps célestes si l'on était capable de connaître l'expression mathématique de l'affinité, conçue comme une force d'attraction.

- **des relations entre objets théoriques** ;
- **des relations entre le champ expérimental et le champ théorique** : elles permettent au modèle de devenir opératoire, c'est-à-dire permettant d'interpréter mais aussi de prédire.

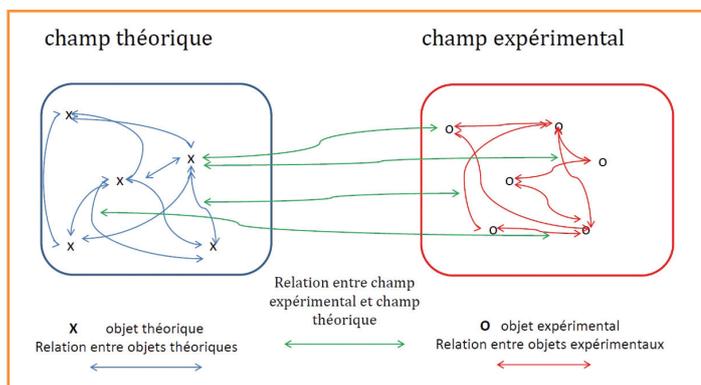


Figure 1 - « Grille de lecture » des textes étudiés.

Les relations entre ces divers éléments sont représentées à la figure 1.

La thématique retenue étant « les premières modélisations des concepts d'acide et de base », les étudiants travaillent sur des textes des trois ouvrages suivants :

- *Cours de chymie*, Nicolas Lémery (1645-1715), 1675 [2] ;

- *Optiks, Question XXXI*, Isaac Newton (1642-1727), 1704 [3] ;  
 - *Conjectures physiques, 7<sup>e</sup> discours*, Nicolas Hartsoeker (1656-1725), 1706 [4].

Les notions d'acides et de bases sont étudiées depuis le collège et le modèle de Brønsted-Lowry est connu des étudiants et des professeurs stagiaires. Il est d'abord proposé une présentation rapide de l'évolution historique de ces concepts afin de contextualiser les travaux des scientifiques dont ils vont étudier les textes. La grille d'analyse de la structure d'un modèle est présentée et explicitée à partir d'un exemple.

Les étudiants travaillent ensuite sur des extraits choisis des ouvrages cités afin d'en extraire les différents éléments (voir tableau).

La comparaison des deux modèles permet de réaliser qu'à la même époque, des mêmes observations expérimentales pouvaient être conceptualisées de manière fort différente. Pour Lémery, l'approche est plutôt analogique. Pour Newton, c'est la loi de la gravitation universelle, valable pour tous les phénomènes, qui guide sa démarche, même si pour l'interprétation des phénomènes chimiques il admet la nécessité d'introduire des forces répulsives.

Éléments du modèle	Lémery <i>Cours de chymie</i> 1675	Newton <i>Question XXXI (Optiks)</i> 1704
<b>Objets expérimentaux</b>	vinaigre, eaux-fortes, eau régale, alcalis...	eau, huile de vitriol, esprit de vitriol, sel de tartre, limaille de fer...
<b>Relations entre les objets expérimentaux</b>	[...] un acide pénètre et dissout bien un mixte qu'un autre ne peut pas raréfier : ainsi le vinaigre s'empreint du plomb que les eaux-fortes ne peuvent dissoudre ; l'eau forte dissout le mercure, et le vinaigre ne peut le pénétrer	[...] l'Esprit de Vitriol versé sur de la limaille de fer, la dissout avec ébullition & avec une grande chaleur
<b>Objets théoriques</b>	[...] des particules de sel pointues lesquelles sont en agitation [...] pointes plus ou moins aiguës des différentes sortes d'acides [...] l'alcali est une matière composée de parties roides et cassantes, dont les pores sont figurés	[...] Dieu forma la matière en particules solides, massives, dures, impénétrables [...] ces particules primitives sont solides, elles sont incomparablement plus dures qu'aucun des corps poreux qui en sont composés [...] elles ne s'usent ni ne se rompent jamais, rien n'étant capable, selon le cours de ordinaire de la Nature, de diviser en plusieurs parties ce qui a été fait originairement un
<b>Relations entre les objets théoriques</b>	[...] c'est aussi cette différence en subtilité de pointes qui fait qu'un acide pénètre et dissout bien un mixte [...] les pointes acides y étant entrées [dans les pores], elles brisent et écartent tout ce qui s'oppose à leur mouvement	[...] les particules s'attirent mutuellement par une force qui dans le contact immédiat est extrêmement puissante [la force] les fait se précipiter sur les particules des corps [les particules des acides] circulent à travers les particules des corps, si elles sont de nature métallique ou pierreuse & adhèrent à elles très étroitement et de tout côté
<b>Relations entre le champ expérimental et le champ théorique</b>	[...] il fait des picotements sur la langue semblables, ou fort approchant, à ceux qu'on recevrait de quelque matière taillée en pointes très fines [...] les acides trouvant plus ou moins de résistance, ils font une plus forte ou une plus faible effervescence [...] non seulement tous les sels se cristallisent en pointes [...] ces cristaux sont composés de pointes différentes en longueur et en grosseur les unes des autres, et il faut attribuer cette diversité aux pointes plus ou moins aiguës des différentes sortes d'acides [...] l'acide rompt ses pointes, en sorte, principalement, dans les alcalis bien compactes, que quand on veut le retirer, il a perdu presque toute son acidité	[...] par leur force attractive aussi qui les fait se précipiter sur les particules des corps, elles remuent le fluide et excitent la chaleur [...] elles secouent si fortement quelques particules qu'elles envoient dans l'air et génèrent des bulles : c'est la raison des dissolutions et des fermentations violentes [...] quand les particules acides sont appliquées sur la langue ou sur quelque partie du corps sensible, elles quittent la terre subtile avec laquelle elles étaient avant, elles se précipitent et dissocient ses parties et causent une sensation douloureuse [...] Et lorsque l'Eau Forte, ou l'Esprit de Vitriol versé sur de la limaille de fer, la dissout avec ébullition & avec une grande chaleur : n'est-ce pas un mouvement violent des parties de l'Eau Forte, ou de l'Esprit de Vitriol qui produit cette chaleur et cette ébullition ? Ce mouvement ne prouve-t-il pas que les parties acides de la Liqueur se jettent avec violence sur les parties du Métal, & entrent par force dans ses pores jusqu'à ce qu'elles aient pénétré entre les particules extérieures du Métal & le reste de la masse dont il est composé

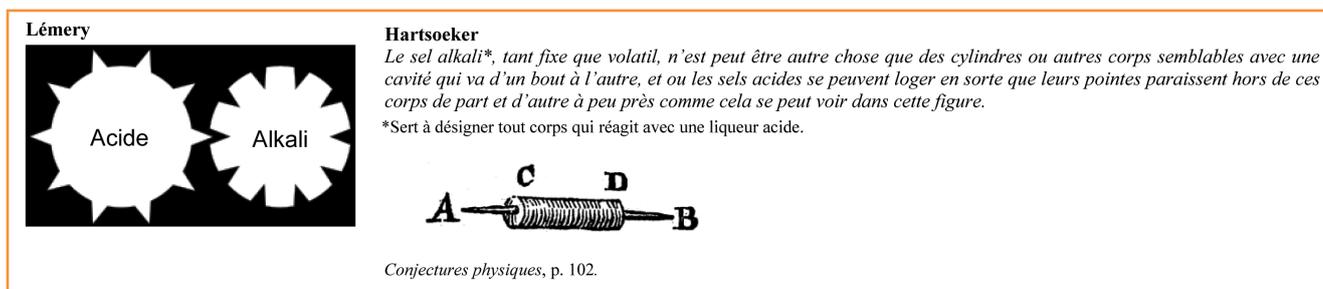


Figure 2 - Modèles « image » des acides et des alkalis selon Lémery et Hartsoeker.

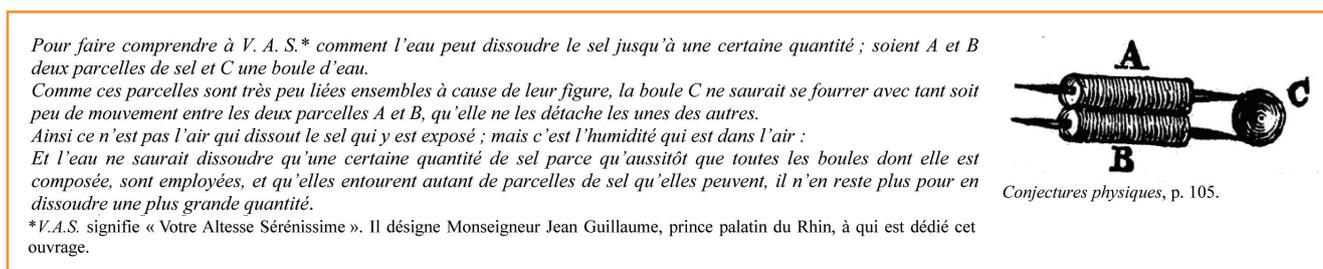


Figure 3 - Interprétation des phénomènes de solubilité et de saturation par Hartsoeker.

L'étude ultérieure d'un extrait de l'ouvrage de Hartsoeker permet d'illustrer la modification du modèle de Lémery afin d'étendre son domaine de validité.

Nicolas Hartsoeker sait que certains sels neutres composés à partir d'acide peuvent se décomposer et restituer un acide. Le modèle qu'il va alors proposer constitue une modification de l'imagerie tout en gardant le principe « acide = corps pointu » (figure 2). Modification que Bensaude-Vincent et Stengers expriment ainsi : « Les pointes de l'acide ne s'usent plus ou ne se cassent plus, elles rentrent dans l'alkali comme des épées dans des fourreaux, dont elles aussi peuvent ressortir. La composition masque donc l'acidité mais ne la détruit pas » [5].

Avec son modèle, Hartsoeker peut aussi donner une interprétation des phénomènes de solubilité et de saturation pour les solutions aqueuses (figure 3).

Ce travail se déroule sur deux séances. La première, de type cours magistral et d'une durée d'une heure, sert à présenter l'évolution historique des concepts d'acide et de base ainsi que la structure du modèle et sa grille d'analyse. La seconde est conçue comme une séance de travaux dirigés (TD) qui commence par un travail individuel (lecture des textes), se poursuit par un travail de groupe (3 ou 4 étudiants) sur l'analyse des textes proposés à l'aide de la grille de lecture présentée, et se termine par une mise en commun qui permet de comparer les deux outils d'interprétation au niveau des hypothèses prises en compte et des limites de validité.

Au cours de cette activité, les étudiants prennent conscience que le développement de la science qu'est la chimie n'est pas que décrire la réalité, mais a pour finalité d'élaborer des modèles permettant d'interpréter et de prévoir au mieux cette réalité. « Les chercheurs mettent au point des théories et construisent de modèles pour être capable de dire : **tout se passe comme si** et non **tout se passe ainsi**. »

[6]... et aussi de prévoir que ça se passera ainsi !

## Références

- [1] Robardet G., Guillaud J.-C., *Éléments de didactique des sciences physiques*, PUF, 1997.
- [2] Lémery N., *Cours de chymie contenant la manière de faire les opérations qui sont en usage dans la médecine, par une méthode facile, Nouvelle édition, revue, corrigée Par M. Baron*, 1757, p. 17-20, consulté sur Gallica le 16/11/2016, <http://gallica.bnf.fr/ark:/12148/bpt6k918604.r=%C3%A9mery?rk=21459;2>
- [3] Newton I., *Optique de Newton. Tome 2, traduction nouvelle, faite par M\*\*\* sur la dernière édition originale, ornée de vingt-une planches, & approuvée par l'Académie royale des sciences ; dédiée au Roi, par M. Beauzée, éditeur de cet ouvrage, l'un des quarante de l'Académie françoise ; de l'Académie della Crusca ; des Académies royales de Rouen, de Metz, & d'Arras ; professeur émérite de l'École royale militaire, & secrétaire-interprète de monseigneur comte d'Artois. Tome premier. [-Second]., 1787*, Question XXXI, consulté sur Gallica le 16/11/2016, <http://catalogue.bnf.fr/ark:/12148/cb310125953>
- [4] Hartsoeker N., *Conjectures physiques*, 1706, p. 101-118, consulté sur Gallica le 16/11/2016, <http://gallica.bnf.fr/ark:/12148/bpt6k949279>
- [5] Bensaude-Vincent B., Stengers I., *Histoire de la chimie*, Éd. La Découverte, 1995.
- [6] Scheidecker-Chevallier M., Laporte G., *La démarche de modélisation en chimie*, Ellipses, 1999.



### Alain Rabier

est enseignant en master MEEF Physique Chimie à l'École supérieure du professorat et de l'éducation (ESPE) Toulouse Midi-Pyrénées\*.

\* ESPE Toulouse Midi Pyrénées, Site de Toulouse Ranguel, 118 route de Narbonne, F-31078 Toulouse Cedex 4.  
Courriel : alain.rabier@univ-tlse2.fr