



Enseignement du modèle de Lewis de la liaison de covalence en classe de seconde : pratiques déclarées des enseignants et difficultés des élèves

Christine Ducamp, Alain Rabier

► To cite this version:

Christine Ducamp, Alain Rabier. Enseignement du modèle de Lewis de la liaison de covalence en classe de seconde : pratiques déclarées des enseignants et difficultés des élèves. actes des 7^{ième} rencontres scientifiques de l'ARDIST, Mar 2012, Bordeaux, France. pp.133-139. <hal-01905346>

HAL Id: hal-01905346

<https://hal.science/hal-01905346v1>

Submitted on 10 Mar 2019

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



HAL Authorization

Enseignement du modèle de Lewis de la liaison de covalence en classe de seconde : pratiques déclarées des enseignants et difficultés des élèves.

Christine **DUCAMP**

Ecole Nationale de Formation Agronomique
2 rte de Narbonne-BP87-31326 Castanet cedex

christine.ducamp@educagri.fr

Alain **RABIER**

GRIDIFE IUFM Midi-Pyrénées
118 rte de Narbonne-31078 Toulouse cedex 04

alain.rabier@toulouse.iufm.fr

Mots clés : modèle de Lewis, liaison covalente, enseignement secondaire, transposition interne

Résumé

L'enseignement de la liaison covalente fait encore très largement appel à la théorie de Lewis aussi bien au niveau secondaire qu'au niveau du premier cycle universitaire. L'établissement des structures de Lewis de molécules n'est pas sans poser de nombreux problèmes à tous les niveaux d'enseignement. Après un bref aperçu des difficultés de son enseignement depuis quelques années, nous aborderons les pratiques déclarées d'enseignement concernant la formation de molécules à l'aide du modèle de Lewis de la liaison covalence en classe de seconde (programme 2000) ainsi que les éventuelles difficultés des élèves dans ce mode apprentissage. En conclusion, nous évoquerons la place de cet enseignement dans les programmes en vigueur depuis la rentrée 2010.

Introduction

Dans la partie de l'enseignement fondamental de chimie en classe de seconde (rentrée 2000) intitulée « constitution de la matière », on trouve entre autres contenus « application aux molécules à l'aide du modèle de Lewis de la liaison covalente ». Le document d'accompagnement de ce programme détaille et préconise une nouvelle méthode d'enseignement n'utilisant plus le schéma de Lewis des atomes isolés mais permettant d'obtenir directement le schéma de Lewis de la molécule. Comment un enseignant prend-t-il en compte les injonctions institutionnelles relatives à l'enseignement de la méthode de Lewis ? Peut-on évaluer l'influence de ce nouvel enseignement sur l'apprentissage des élèves ?

Notre recherche s'est appuyée sur les pratiques déclarées de 29 enseignants. Un autre

questionnaire a été proposé à 365 élèves de seconde après enseignement du modèle de Lewis de la liaison covalente.

Cadre théorique

Les programmes d'enseignement sont le résultat d'un ensemble de transformations (nommées transposition didactique) effectuées sur les savoirs de référence afin de les rendre enseignables. On distingue deux niveaux majeurs de la transposition didactique : la transposition externe qui caractérise d'abord le passage d'un savoir produit dans le domaine de la recherche (le savoir savant) au savoir à enseigner proposé dans les programmes, puis la transposition interne relative au savoir réellement enseigné par l'enseignant et au savoir appris par les élèves. Dans cette recherche, nous nous sommes intéressés à la transposition interne.

Depuis plus de 30 ans, de nombreuses études notamment américaines et anglo-saxonnes (Perterson & Tréagust, 1989, JCE ; Taber, 1998, IJSE) ont mis en évidence les difficultés que rencontrent les élèves et les étudiants pour établir et justifier les structures moléculaires de composés. Il apparaît qu'un nombre limité de conceptions erronées sont à l'origine de ces obstacles. Plutôt que d'utiliser la règle de l'Octet comme guide pour identifier les espèces stables, ces étudiants perçoivent que les liaisons se forment pour satisfaire la règle de l'Octet c'est-à-dire « *pour leur donner une couche de valence remplie* », « *pour obtenir la configuration d'un gaz rare et être stable* » ou « *pour former une couche externe complète* ».

Selon William R. Robinson (1998), il n'est pas concevable d'abandonner la règle de l'Octet et ses applications comme méthode heuristique. Mais lors de son utilisation, il faudrait être certain que nos étudiants comprennent que la règle de l'Octet n'est seulement qu'un outil pour reconnaître les édifices stables et que ce ne n'est pas le remplissage des couches qui produit les liaisons mais que celles-ci résultent d'autres actions et que le remplissage des couches n'en est qu'une conséquence.

Question de recherche et méthodologies

Notre cadre théorique utilise le concept de transposition didactique de Chevallard (1991). Nous aborderons la transposition interne (c'est la mise en texte du savoir à enseigner par l'enseignant) à travers un questionnaire qui nous permettra d'apercevoir les pratiques déclarées des enseignants face à un nouveau mode d'apprentissage. Puis à partir d'un autre questionnaire pour les élèves, nous aurons une approche didactique du savoir enseigné au savoir appris. Pour construire ces deux questionnaires, nous sommes partis des études sur la mise en évidence des difficultés que rencontrent les élèves et les étudiants pour établir et justifier les structures moléculaires de composés (cf paragraphe précédent).

Cette étude concerne la partie II (constitution de la matière) de l'enseignement fondamental de la chimie en classe de seconde (programme 2000). Le deuxième objectif de cette partie est intitulé « de l'atome aux édifices chimiques ». Le contenu 2-1 « règle du Duet et de l'Octet » doit comporter « application aux molécules à l'aide du modèle de Lewis de la liaison covalente. Répartition de Lewis de quelques molécules. Dénombrement des doublets d'électrons liants et non liants. » Donner la représentation de Lewis de quelques molécules

simples : H_2 , Cl_2 , HCl , CH_4 , NH_3 , H_2O , C_2H_6 , O_2 , N_2 , C_2H_4 , CO_2 ». Dans les commentaires relatifs à cette partie de programme, l'enseignant fait la distinction entre les électrons engagés dans les liaisons covalentes (doublets liants) et les électrons non engagés dans ces liaisons (doublets non liants). Les représentations de Lewis des molécules présentent les doublets liants et non liants sous forme de tirets. Les entités n'obéissant pas à la règle de l'Octet, comme certains oxydes d'azote par exemple, ne sont pas traitées. Elles peuvent cependant être évoquées pour sensibiliser les élèves aux limites d'un modèle (modèle de Lewis en l'occurrence). Pour établir la représentation d'une molécule, on procède par exploration systématique : les électrons des couches externes des atomes présents dans la molécule sont dénombrés, puis associés en doublets ; les doublets sont ensuite répartis entre les atomes (doublets liants) ou autour des atomes (doublets non liants) de façon à satisfaire les règles du "Duet" et de l'Octet. Les élèves explorent donc plusieurs représentations de Lewis dont ils ne conservent que celles obéissant aux règles.

La différence entre l'ancienne méthode qui passait par le schéma de Lewis des atomes pour déterminer la molécule et cette nouvelle façon de procéder est détaillée dans le document d'accompagnement.

Le but de notre recherche est de :

- rendre compte de la manière dont les enseignants déclarent gérer les injonctions institutionnelles relatives à l'enseignement du modèle de Lewis ;
- mettre en évidence les difficultés rencontrées par les élèves de seconde scientifique dans ce domaine.

Questionnaires enseignants

En mars 2008, le questionnaire a été proposé à 29 professeurs (21 du Ministère de l'Agriculture et 8 de l'Éducation Nationale) qui enseignent dans des établissements publics dépendant soit de l'Éducation Nationale (6) soit du Ministère de l'Agriculture (21). Leur ancienneté varie de 1 à 37 ans.

Questionnaires élèves

Le questionnaire a été proposé à 365 élèves d'établissements publics de l'Enseignement Agricole et de l'Éducation Nationale. Le recueil des données s'est déroulé en 2008-2009. L'enseignement relatif à l'apprentissage du modèle de Lewis de la liaison covalente en classe de seconde a été traité par les enseignants dans un délai variant de 2 à 6 mois avant la passation de ce questionnaire.

Résultats et discussion

Analyse des questionnaires enseignants

Le questionnaire était intitulé : questionnaire relatif à l'enseignement du modèle de Lewis de la liaison covalente en classe de seconde. La période d'enseignement de cette partie se situe entre novembre et mars de l'année scolaire avec une forte proportion en janvier. La durée de cet enseignement hors évaluation varie d'une demi-heure à quatre semaines. Nous vous proposons l'analyse sur trois questions de ce questionnaire.

Les réponses à la question « Décrivez la méthode que vous présentez pour enseigner le modèle de Lewis de la liaison de covalence en classe de seconde », ont été classées en trois groupes :

- méthode 1: pratiquée par 56% des enseignants : celle du document d'accompagnement ;
- méthode 2 : pratiquée par 28% des enseignants : méthode que nous avons intitulée « hybride » (par exemple i)détermination de la structure électronique des différents atomes de la molécule et de leur valence ii) former ou vérifier les liaisons covalentes à partir des valences (en commençant par la plus élevée) iii) vérification de la règle du Duet et de l'Octet et ajustement avec les doublets non liants).
- méthode 3 : pratiquée par 16% des enseignants: méthode « ancienne » c'est à dire en passant par le modèle de Lewis des atomes comme c'était enseigné dans les programmes avant la réforme de 2000.

Nous pouvons constater que seulement la moitié des enseignants interrogés suivent le programme en vigueur depuis 8 ans. 11 enseignants sur 30 (soit 37%) utilisent le document d'accompagnement au programme comme supports de préparations à leur enseignement.

Nous avons noté que les enseignants qui utilisent la méthode 3 ont tous plus de 10 ans d'ancienneté. Un enseignant résume dans ces propos la nécessité d'avoir imaginé une méthode « hybride » entre le nouveau modèle et l'ancien : « *ma « nouvelle méthode », compromis entre les deux, fait travailler l'élève sur l'atome sans représentation puis on globalise pour donner le résultat* ».

A la question : « Quelles sont les molécules que vous utilisez i) pour présenter la méthode ii) pour mettre en œuvre cette méthode dans votre cours iii) pour les exercices iiiii) pour l'évaluation ? ». Les résultats sont rassemblés dans le tableau ci-dessous avec la codification suivante : nous avons différencié les molécules utilisées pour la présentation de la méthode (P), pour le cours (C), pour les exercices (X), pour l'évaluation (E) et n'avons comptabilisé que les quatre premières.

	%	molécules	%	molécules	%	molécules	%	molécules
P	79	H ₂	68	H ₂ O	45	O ₂	52	HCl
C	86	NH ₃	86	CH ₄	66	H ₂ O	59	N ₂
X	55	C ₂ H ₄	41	C ₂ H ₆ O	31	C ₂ H ₂	38	C ₂ H ₆
E	28	H ₂ O ₂	28	COCl ₂	24	C ₂ H ₄	17	PH ₃

Tableau 1 : les quatre premières molécules utilisées dans la présentation de la méthode, dans les cours, dans les exercices, dans l'évaluation.

Par rapport aux préconisations du programme, « *Donner la représentation de Lewis de quelques molécules simples : H₂, Cl₂, HCl, CH₄, NH₃, H₂O, C₂H₆, O₂, N₂, C₂H₄, CO₂.* », les molécules Cl₂ et CO₂ ne sont pas du tout mentionnées dans le tableau.

Nous constatons dans le tableau que pour les exercices, deux des molécules les plus citées ne sont pas préconisées dans le programme et pour l'évaluation, il y en a trois : il y a donc plus d'innovation/originalité dans les exercices et l'évaluation que dans la présentation et dans le cours. Ce qui peut être compréhensible dans le cas de nouvelles notions à aborder, on stabilise

la notion en apprentissage dans la première partie de la séquence en s'appuyant sur les préconisations du programme.

Cette nouvelle manière d'aborder cette partie de programme ne fait pas un consensus auprès des enseignants consultés. Nous les avons regroupés en trois catégories :

- ceux qui utilisent la méthode et pour lesquels ils estiment que les élèves n'ont pas de difficultés ;
- ceux qui utilisent la méthode mais qui estiment que les élèves rencontrent des difficultés ;
- ceux qui mixent la nouvelle et l'ancienne méthode par nécessité de compréhension pour les élèves :

A la question « Pouvez-vous lister les avantages et les inconvénients de ce modèle par rapport au modèle relatif aux atomes (anciennement enseigné) ? », les avantages sont peu nombreux et résumés comme i) étant très mécanique ce qui rassure les élèves ii) le tableau et les mathématiques ne posent en général pas de problème dans une classe scientifique. Les inconvénients sont récurrents : i) un peu longue donc certains élèves auraient tendance à faire le tableau sans comprendre ii) confusion entre le nombre de doublet pour chaque atome et le nombre total de doublet de la molécule iii) difficile et aléatoire contrairement à l'ancienne méthode qui était simple, rapide et concrète : les électrons sont mis en communs pour former une liaison.

En conclusion de cette partie, les enseignants, majoritairement, ne suivent pas les recommandations pédagogiques par rapport à l'enseignement du modèle de Lewis de la liaison de covalence. Ils estiment que cette nouvelle méthode est fastidieuse, mécanique puisque l'élève doit remplir un tableau sans forcément comprendre le sens chimique. Néanmoins, les enseignants font preuve d'originalité, d'innovation en inventant leur propre méthode qui est un mixte entre la nouvelle et l'ancienne et en abordant des molécules qui ne sont pas mentionnées dans le programme.

Analyse des questionnaires élèves

Des données communes aux différents exercices ont été formulées en tête du questionnaire comme suit :

Atomes	H	C	N	O	F	Si	S	Cl
Répartition élect	(K) ¹	(K) ² (L) ⁴	(K) ² (L) ⁵	(K) ² (L) ⁶	(K) ² (L) ⁷	(K) ² (L) ⁸ (M) ⁴	(K) ² (L) ⁸ (M) ⁶	(K) ² (L) ⁸ (M) ⁷

Le questionnaire comportait 3 exercices. Nous ne détaillerons ici que le premier.

Exercice 1:

Il avait pour but de tester l'application de la règle de l'Octet et du Duet dans le cas de molécules ne comportant que des liaisons simples (HF), que des liaisons multiples (CO₂) ainsi que des molécules comportant des liaisons simples et des liaisons multiples (HCN, H₂CO).

Donner la représentation de Lewis des molécules suivantes. Dans chaque cas, justifier votre réponse. Dans le cas de molécules non diatomiques, l'atome central est en gras.

Molécules	Représentation de Lewis	Justification
HF		

HCN		
CO ₂		
H ₂ CO		

L'analyse des réponses fait apparaître que quelque soit la classe considérée, on retrouve toujours dans cet ordre de bonnes réponses : HF > CO₂ > H₂CO > HCN

Une minorité n'a pas positionné l'atome en gras au centre de la molécule ou bien ont dupliqué certain atome donc ils ont formé des liaisons supplémentaires.

	HF			HCN			CO ₂			HCHO		
	F	V	PDR	F	V	PDR	F	V	PDR	F	V	PDR
% réponses	36	59	5	61	33	8	45	49	6	54	38	8

Tableau 2 : Répartition des réponses pour l'exercice 1
(F : faux ; V : vrai ; PDR : pas de réponses)

En moyenne, 6% d'élèves n'ont pas répondu à l'une des questions de cet exercice.

HF (59% BR) et CO₂ (49% BR) sont des molécules « classiques » qui sont souvent vus en exemples en cours.

Nous pouvons constater qu'environ 20% des élèves qui ont répondu juste lors de ces deux molécules précédentes ne donnent pas de justifications. Pour ces élèves, décrire la molécule c'est déjà une justification.

HCHO (38% BR) et HCN (33% BR) sont des molécules qui sont souvent abordées lors des exercices. Les erreurs sont dues au non-respect de la règle de l'Octet de l'atome de C et de N.

	HF				HCN				CO ₂				HCHO			
	J	D	E	P	J	D	E	P	J	D	E	P	J	D	E	P
	JE	F	S	R	JE	F	S	R	JE	F	S	R	JE	F	S	R
J U S T																
%	21	9	42	19	7	8	42	7	1	8	43	15	0	7	40	11

Tableau 3 : répartition des réponses exactes
(JE : justification exacte ; JF : justification fausse ; DES : dessin ; PDR : pas de réponses)

Sur l'ensemble de ces quatre molécules, le taux de justification exact sur les réponses justes est constant et vaut 22%. Nous avons considéré qu'une justification était considérée comme juste quand les règles de l'Octet ou du Duet étaient mentionnées. La description des doublets liants et non liants de chaque atome n'implique pas une justification juste. Par contre, nous avons pointé les élèves qui ont une justification fausse mais une description de la molécule (ou des atomes) justes avec les doublets liants et non liants.

La référence aux règles de l'Octet et du Duet n'est faite que dans un petit nombre de cas.

Or ces règles sont préconisées dans cette même partie de programme 2-1 et dans les connaissances et savoir-faire exigibles, nous trouvons: « *Connaître les règles du "Duet" et de l'Octet et savoir les appliquer pour rendre compte des charges des ions monoatomiques existants dans la nature.* »

Le faible taux de réussite à cet exercice essentiellement pour HCN et HCHO tend à montrer que les difficultés des élèves de seconde rencontrent toujours des difficultés pour établir les structures de Lewis de composés moléculaires relativement simples. L'application de la règle

de l'Octet (Duet) comme méthode heuristique ne semble pas en place si on se réfère au faible nombre de fois où il y est fait référence.

Une étude plus détaillée des données n'a pas pu mettre en évidence une corrélation entre la qualité des résultats obtenus par les élèves et la méthode déclarée par l'enseignant.

Conclusion

Malgré un effort important d'explicitation de la méthode à utiliser de la part des concepteurs du programme de seconde de 1999, notre étude confirme les difficultés rencontrées par les élèves dans ce domaine.

Dans les nouveaux curriculums de seconde (rentrée 2010) et du cycle S, le modèle de Lewis n'apparaît qu'en classe de première. Les seules compétences attendues à ce niveau sont :

- *Interpréter la représentation de Lewis de quelques molécules simples*
- *Mettre en relation la formule de Lewis et la géométrie de quelques molécules simples.*

On constate que les savoir-faire du programme de la classe de seconde (2000) ne font plus partie des compétences à acquérir au niveau du lycée. Elles sont reportées au niveau du premier cycle universitaire.

En classe de première S (rentrée 2011), la représentation de Lewis de molécules simples est donnée aux élèves. Elle ne leur sert plus qu'à trouver la géométrie de ces molécules. Même si cette formule de Lewis est à justifier à l'aide des règles du Duet et de l'Octet, il ne leur est en aucun cas demandé d'établir la dite formule. Les savoirs pour écrire la formule de Lewis d'une molécule et ceux pour proposer une ou plusieurs formules de Lewis à partir d'une formule brute ne sont plus à acquérir par les élèves dans ce nouveau programme. Ce modèle devient un « outil » permettant d'approcher la géométrie des molécules simples car il n'est plus construit par les élèves. Peut-on expliquer ce changement ? Il est difficile d'interpréter cette évolution des programmes car aucune justification n'a été fournie par les concepteurs. On peut cependant postuler que la prise en compte des difficultés rencontrées par les élèves dans ce domaine et que la difficulté des enseignants pour opérer le changement didactique de cette partie de programme a largement contribué à cette modification concernant l'enseignement de la liaison covalente.

References

Peterson R.F., Treagust D.F. Grade-12 students' misconceptions of covalent bonding, *Journal of Chemical Education*, **1989**, 66 (6) , p.459.

Taber K.S., An alternative conceptual framework from chemistry education, *International Journal of Science Education*, **1998**, 20, p.597.

William R.Robinson., An alternative framework for chemical bonding, *Journal of Chemical Education* 1998, 75(9) pp 1074-1075.

Aide à la mise en œuvre du nouveau programme de chimie pour la classe terminale scientifique Ministère de l'Éducation nationale Paris : CNDP, 2002 (document d'accompagnement)

Bulletin officiel spécial n°9 du 30 septembre 2010 Programme d'enseignement spécifique de physique-chimie en classe de première de la série scientifique
<http://www.education.gouv.fr/cid53327/mene1019556a.html>

Programme de physique-chimie, enseignement commun, seconde générale et technologique arrêté du 8 avril 2008 - BO spécial n°4 du 29 avril 2010
<http://www.education.gouv.fr/cid51321/mene1007262a.html>

Programmes de la classe de seconde générale et technologique applicables à la rentrée de l'année scolaire 1999-2000 et à la rentrée de l'année scolaire 2000-2001
<http://www.education.gouv.fr/bo/1999/hs6/default.htm>