

# L'atome au travers de manuels scolaires, en France et en Grèce

KONSTANTINOS GRIVOPOULOS

Aix-Marseille Université  
ENS Lyon, ADEF EA 4671, 13248, Marseille  
France  
konstantinos.grivopoulos@etu.univ-amu.fr

## RÉSUMÉ

*Le manuel scolaire occupe une place polysémique dans les processus mésogénétique et topogénétique impliqués dans la relation didactique. Cet article propose une grille d'analyse de manuels destinés notamment à l'enseignement scientifique, à des fins didactiques. Puis, pour évaluer son caractère heuristique, nous examinons trois manuels de physique-chimie en vigueur en France et en Grèce et confrontons les résultats obtenus, à l'égard du thème d'atome. En effet, plusieurs perspectives de recherche comparatistes apparaissent : écologie didactique concernant un thème du savoir enseigné, des pratiques enseignantes, des rapports entre sciences physicochimiques et société, etc.*

## MOTS-CLÉS

*Transposition didactique, enseignement scientifique, analyse de manuels, atome*

## ABSTRACT

*The textbook has a polysemic place in the mésogénétique and topogénétique processes involved in the teaching relationship. This paper proposes an analytical textbook of science education. We compare three textbooks in physics and chemistry, two French and one Greek, addressing the theme of the atom. A number of comparative research perspectives appear: didactic ecology, teaching practices, relationships between physicochemical science and society, etc.*

## KEYWORDS

*Didactic transposition, science teaching, manual analysis, atom*

## INTRODUCTION

Le manuel scolaire constitue un objet de recherche récurrent dans des problématiques relevant de divers champs : sociologie du curriculum, pédagogie, didactique des disciplines, épistémologie des savoirs scolaires. Nous situant en didactique des sciences Physiques et Chimiques, en ce sens que nos démarches sont centrées sur des contenus et objectifs relatifs à un thème précis au sein de la physique-chimie, nous proposons, dans un premier temps, une grille d'analyse de manuels scolaires. Cette grille est inspirée des travaux de Pierre Clément et de ses collaborateurs (Bernard, Clément & Carvalho, 2007) sur le domaine de la biologie, de la santé et de l'environnement. Bien que la grille originale ne soit pas utilisable telle quelle pour une autre discipline, avec quelques

adaptations adéquates elle peut constituer un instrument méthodologique nous permettant de mener des études comparatives entre des manuels scolaires de physique-chimie. En second lieu, nous mettons cette grille à l'épreuve. La comparaison des résultats ainsi obtenus ne prétend pas à l'exhaustivité ni ne permet des généralisations.

Sur le plan méthodologique, nous effectuons une analyse comparative des contenus d'enseignement précis à finalité principalement didactique. L'originalité didactique réside dans la conception de grilles particulières aux contenus analysés, lesquelles peuvent se différencier en fonction de l'objet de savoir visé. La méthode contrastive que nous avons suivie semble être particulièrement heuristique quant à l'étude de manuels scolaires. Le travail se déroule en deux temps : premièrement, nous comparons plusieurs manuels (ici, deux manuels français et un grec) traitant du même thème au même niveau de classe, pour identifier les convergences et divergences éventuelles, notamment par rapport à l'épistémologie scolaire ; secondairement, nous mettons en relation les différences ainsi observées avec les particularités de transposition didactique liées aux manuels examinés. Plus précisément, dans l'enseignement secondaire grec, le thème de l'atome est à la fois assuré par deux disciplines, physique et chimie, séparées à tout point de vue : programmes et objectifs, emploi du temps, manuels, épreuves et évaluations et, parfois, enseignants. Ces disciplines opèrent de façon indépendante l'une à l'autre, même quand les thèmes d'étude sont communs. À ce titre, elles créent « un contexte classique d'enseignement disciplinaire 'compartimenté' » (Hannoun, 2008, p. 111). Au contraire, le système éducatif français adopte une approche globale du monde inerte, par unifier les deux disciplines en une seule, la physique-chimie.

Avant de passer à la description de la grille d'analyse, nous soulignons notre intention dans cette recherche qui consiste à évaluer son caractère heuristique en l'appliquant à trois manuels de physique-chimie, en usage en France et en Grèce.

## GRILLE D'ANALYSE DE MANUELS SCOLAIRES

En liaison avec d'autres ressources éducatives, le manuel scolaire matérialise la mise en texte du savoir à enseigner, au sein de la transposition didactique. En règle générale, un manuel est structuré par des unités d'information apparaissant sous deux modalités : l'une textuelle, l'autre iconique c'est-à-dire relevant de l'ordre de l'image. Ces deux pratiques se prêtent à des analyses à caractère didactique, épistémologique et sociolinguistique. Dans ce qui suit, nous proposons une grille d'analyse de manuels scolaires à usage didactique, que nous appelons « dodécalogue », puisque composée à partir de douze indicateurs (Grivopoulos & Matheron, 2013). Les sept premiers constituent la partie générique de la grille, car applicables à divers types de manuels, quel que soit la discipline concernée et la thématique à étudier. Les autres, composant la partie spécifique, sont relatifs aux thèmes précis que le manuel aborde, qu'il s'agisse de l'atome (notre exemple paradigmatique) ou d'autres savoirs scientifiques et technologiques.

### *Partie générique de la grille*

Cette partie comporte les indicateurs suivants :

1. *Code* : codage alphanumérique du manuel examiné indiquant la discipline concernée, le niveau de classe, le pays d'origine, etc. ;
2. *Éléments d'identification* : le titre et le sous-titre, le(s) auteur(s), l'éditeur et la collection, l'année d'édition et l'année du programme d'enseignement correspondant ;

3. *Position et titres de la section concernée* : repérage de la place exacte du chapitre visé – par rapport aux chapitres en amont et en aval – et citation des titres des paragraphes, sous-paragraphes, etc. l’articulant ;
4. *Part occupée* : rapport « nombre d’unités imagées (cf. point 9) / nombre de pages », autrement dit, la propension des éléments figuratifs sur l’ensemble des pages afférentes au développement du thème visé ;
5. *Reformulés* : repérage des termes-pivots<sup>1</sup>, tout comme des mécanismes des définissants et reformulants mis en œuvre : définitions, synonymes, métaphores, etc. ;
6. *Typologie iconique* : simple dénombrement des différentes modules de schématisation (cf. point 9) ;
7. *Style pédagogique* : indicateur permettant de détecter s’il est question dans le manuel de :
  - a) Extraits explicites du programme et d’autres circulaires fixant les compétences attendues et les objectifs globaux ou spécifiques à atteindre. Si opportun, on peut envisager les documents d’accompagnement des programmes ;
  - b) Rappel de connaissances antérieures et récapitulation du savoir acquis ;
  - c) Fonction heuristique – incitant l’apprenant à s’impliquer à des situations-problèmes – ou seulement illustrative des images ;
  - d) Types d’activités et problèmes ou exercices privilégiés dans le manuel ;
  - e) Approche déductive ou inductive dans le développement du thème ;
  - f) Annexes bibliographiques, sites Web, CD-ROM, logiciels, index, lexique, tableaux (constantes fondamentales en physique-chimie ; nombres trigonométriques en mathématiques, repères chronologiques en histoire-géographie, etc.), guides et rubriques de type « À la découverte de votre manuel », « S’autoévaluer », etc. ;
  - g) Passages à caractère scientifique, culturel, socioéconomique, éthique, etc. susceptibles d’une analyse de contenu et, le cas échéant, pensables sous l’angle des questions socialement vives ou du modèle Connaissances - Valeurs - Pratiques (notamment en sciences de la Vie, cf. Clément, 1998 ; Bernard, Clément et Carvalho, 2007 ; Saab, 2011) visant à établir des liens entre le savoir épistémique et la société ;
  - h) Styles d’écriture adoptés dans les sections dépouillées : éducatif informatif, esthétique, participatif, injonctif, réflexif, persuasif, dogmatique, propagateur, scepticiste.

### ***Partie spécifique de la grille***

Nous poursuivons la numérotation avec les indicateurs spécifiques inhérents au thème envisagé, ici l’atome :

8. *Paradigme épistémologique* : renseignements sur les paradigmes mentionnés – surtout ceux de Dalton, Thomson, Rutherford, Bohr et de mécanique ondulatoire – et leurs succès, insuffisances et échecs, si expressément commentés dans le manuel ;
9. *Schématization privilégiée* : description des différents registres sémiotiques<sup>2</sup> (structurant la partie iconique) que cet indicateur englobe, soit :

<sup>1</sup> Néologismes et autres termes scientifiques (tels que paléozoïque, énergie, acide, électroérosion...) ayant une fonction récurrente dans le développement d’un thème d’enseignement y consacré (cf. Jacobi, 1987 ; Reboul, 1993 ; Mortureux, 1995).

<sup>2</sup> Au sens de R. Duval (1993; 1995).

- a) *modèles* de la structure atomique, de la configuration électronique (couches précises ou non, électrons appariés / célibataires, nuage électronique...), de la couche de valence (recours ou non aux formules de Lewis), modèles d'atome historiques, etc. ; simulations de molécules par des maquettes compactes ou éclatées, etc. ;
  - b) *tableaux* (propriétés des constituants d'atome, symboles et charges d'ions, etc.) ;
  - c) *photos* (portraits de savants et scientifiques, agrégats d'atomes, etc.) ;
  - d) *analogies imagées* (l'atome simulé par le stade de France, etc.) ;
  - e) *figures et schémas* linéaires, arborescents, etc. (classification de la matière, dispositifs d'expériences, etc.) ;
  - f) *accroches et encadrés* autour d'activités expérimentales, d'obstacles épistémologiques, etc. ;
  - g) *animations* des couches, des transitions électroniques, etc. ;
  - h) *diagrammes* (niveaux d'énergie, spectres linéaires, courbe N-Z, etc.) ;
- 10 *Contexte* : informations biographiques, socio-historiques, épistémologiques et culturels engendrant des conversions à propos de la perception du concept d'atome par la communauté scientifique dont il est issu ;
- 11 *Niche écologique*<sup>3</sup> : inventaire d'interrelations entre la théorie atomique et d'autres thèmes ou sujets de savoir transmis à travers le manuel, relatifs à des exégèses de divers phénomènes, modélisations, applications technologiques, tels que liaison chimique, périodicité des propriétés des éléments chimiques, laser, etc. ;
- 12 *Organisation praxéologique*  $t/T, \tau, \theta, \Theta$  : analyse des praxéologies structurées en termes de « praxis » (types de tâches, techniques) et de « logos » (technologie, théorie), selon l'approche anthropologique en didactique, initiée par Chevallard (1992).

Après avoir esquissé la grille d'analyse – dont une version plus opérationnelle apparaît en annexe sous forme de tableau –, nous l'appliquons maintenant à la transposition du thème d'atome effectuée à travers des manuels scolaires, en France et en Grèce.

## ÉLÉMENTS D'ANALYSE COMPARATISTE DE TRANSPOSITION DIDACTIQUE

De manière analogue dans les deux systèmes éducatifs, français et grec, l'atome fait l'objet notamment des programmes des classes de seconde du lycée (grade 10, pour les deux cas). De ce fait, nous allons confronter trois manuels des sciences physiques et chimiques de seconde de l'enseignement général. Nous nous bornons ici à établir la comparaison à la base de cinq indicateurs issus de la grille précédente, soit : titrage de la section concernée ; part occupée ; paradigme épistémologique ; schématisation privilégiée ; organisation praxéologique. Notre corpus comporte deux manuels de physique-chimie français – conformes aux programmes de 2010, parus chez Belin et Hachette – et un manuel de chimie grec, paru en 2001 et utilisé même au cours de l'année 2013-14. Il est à noter que notre choix pour un manuel de chimie est dicté du fait que l'enseignement de l'atome est le plus tôt prescrit, au lycée grec, par les programmes de chimie de seconde et non pas par ceux de physique. L'atome en tant que composant structural de la matière, ses constituants, sa différenciation de la molécule et de l'ion,

<sup>3</sup> Chez Chevallard, la problématique écologique du savoir interroge son arrivée dans l'enseignement, son interrelation avec d'autres objets, aussi, les conditions et contraintes pesant sur son fonctionnement, sa survie ou son obsolescence, etc. (cf. Chevallard, 1988, 1994, 1997 ; Rajoson, 1988).

les notions de numéro atomique et de nombre de masse et l'interprétation microscopique des réactions chimiques se donnent pour objectifs à atteindre au sein de cette discipline. Par conséquent, nous constatons une sorte de parcellisation du savoir, en ce sens que, d'une part, la chimie travaille les objectifs portant sur l'interprétation des liaisons et des réactions chimiques à travers la formule électronique des éléments ; d'autre part, les objectifs en physique (notamment en première) se centrent sur la modélisation atomique et les phénomènes physiques macroscopiques (électricité, magnétisme...) ainsi expliqués.

En outre, contrairement au cas français où plusieurs équipes d'auteurs et plusieurs éditeurs réalisent et commercialisent chacun son propre manuel, en Grèce tous les élèves sont munis du même manuel (au niveau national et par discipline et niveau de classe, il s'en suit) dont les exemplaires sont édités chez « Diophante », organisme relevant du Ministère de l'éducation nationale.

### *Titres de la section concernée*

Pour apprécier le sens porté par cet indicateur, nous citons certains titres compilés depuis les manuels retenus nous informant sur leur contenu scientifique. D'abord, dans les deux manuels français nous lisons tour à tour<sup>4</sup> :

1. Thème 1 « La santé » : De l'atome à l'élément chimique ; Un modèle de l'atome (Constitution ; Représentation symbolique du noyau ; Charge électrique des particules de l'atome ; Neutralité de l'atome ; Le nuage électronique, couches électroniques – structure électronique) ; Les ions monoatomiques (Définition ; Charge d'un ion ; Les composés ioniques ; La mise en évidence d'ions monoatomiques). Thème 3 « L'univers » : Les éléments chimiques ; Caractéristiques de l'atome ; Formation des ions monoatomiques (Règle du duet et règle de l'octet) ;
2. Thème 1 « L'univers » : Description de l'univers, du très petit au très grand ; L'univers, du très petit au très grand ; L'atome ; Quelle est la structure de l'atome ? (Constitution d'un atome ; Le noyau d'un atome ; Les électrons ; Masse d'un atome ; Dimensions des atomes et des noyaux) ; Comment se forment les ions ? (Définitions ; Charge d'un ion) ; Qu'est-ce qu'un élément chimique ? (Notation symbolique d'un atome ; Atomes et ions isotopes ; L'élément chimique) ; Comment se répartissent les électrons d'un atome ou d'un ion ? (Couches électroniques ; Formule électronique) ; Quelles sont les structures électroniques les plus stables ? (Les gaz nobles ; Règles du duet et de l'octet ; Charges des ions monoatomiques).

Dans le manuel de chimie grec on peut recueillir des titres tels que : Concepts de base ; Corpuscules structuraux de la matière – Structure d'atome – Numéro atomique – Nombre de masse – Isotopes (Corpuscules structuraux de la matière ; Atomes – Molécules – Ions ; Structure de l'atome ; Numéro atomique – Nombre de masse – Isotopes) ; Structure électronique des atomes (Un modèle d'atome simple ; Répartition des électrons en couches) ; Généralités autour de la liaison chimique – Facteurs déterminant le comportement chimique de l'atome – Sortes de liaisons chimiques (Qu'est-ce la liaison chimique ? ; Quand et pourquoi se forme-t-elle ? ; Électrons de valence ; Rayon atomique (la dimension de l'atome).

Nous constatons que la configuration électronique dictée par la règle de l'octet est, de manière similaire, traitée dans tous les trois manuels. Ensuite, bien que les ions et les liaisons ioniques se trouvent plus ou moins abordées, il n'en va pas de même à propos des liaisons

<sup>4</sup> Quand un paragraphe se décline en sous-paragraphe, leurs titres sont alors cités entre parenthèses.

covalentes. Les manuels français se contentent de fournir des formules et des maquettes de molécules ( $O_2$ ,  $I_2$ ,  $H_2O$ ...) et de groupes caractéristiques (hydroxyle, carbonyle, etc.), mais sans expliquer le mécanisme de formation des liaisons au niveau atomique. En revanche, le manuel grec, beaucoup plus modeste quant à la qualité technique de ces illustrations, décrit ce mécanisme en mettant en œuvre différents registres sémiotiques : couches externes, formules de Lewis, maquettes éclatées, liaison polaire le nuage étant plus concentré autour de l'élément le plus électro-négatif. Enfin, nous soulignons l'innovation des nouveaux programmes français de seconde qui consiste à organiser la matière « par thèmes qui ne relèvent pas de la discipline mais d'un champ d'application [santé, sport, etc. favorisant] le passage d'une question et/ou interprétation du point de vue de la physique ou de la chimie à une question et/ou interprétation qui vient de la vie quotidienne ou professionnelle et inversement. » (Tiberghien, 2011, p. 197).

### *Part occupée*

Le tableau suivant comporte les éléments quantitatifs définissant cet indicateur. Désormais, dans ce texte, « GR » indique le manuel grec et « FR 1 » et « FR 2 » les deux manuels français (chez Belin et Hachette respectivement).

**TABLEAU 1**  
*Les composantes de l'indicateur « Part occupée »*

	<b>FR1</b>	<b>FR2</b>	<b>GR</b>
Nb de pages consacrées	25	25	34
Nb d'unités imagées / Nb de pages	3,16	3,44	3,56
Nb d'éléments figuratifs	79	86	121

Les valeurs des indicateurs quantitatifs estimant le rapport « nombre d'unités imagées / nombre de pages » renseignent plutôt d'une symétrie entre les deux cas, français et grec. De plus, les auteurs français ont enrichi leurs textes sur l'atome avec un peu moins d'éléments figuratifs (pour les deux manuels examinés) que le nombre des modèles, photos, diagrammes, etc. affichés dans le manuel grec. Compte tenu de la particularité grecque – de distinction entre la physique et la chimie et de disposition de manuels spécifiques à l'une et à l'autre – ces résultats semblent être comparables.

### *Paradigme épistémologique*

Dans le manuel grec sont relatées l'idée de Leucippe et Démocrite de discontinuité de la matière, la théorie atomique de Dalton, ainsi que les élaborations de Rutherford, Bohr et Sommerfeld, très sommairement. Des locutions issues de la mécanique ondulatoire, telles que « nuage électronique » et « probabilité de présence de l'électron », s'y trouvent évoquées, par l'intention des auteurs de donner un aperçu de l'interprétation contemporaine concernant l'atome. S'agissant des manuels français, il y a également recours à la discontinuité de la matière et la perception des atomes chez Démocrite. Autres éléments partagés sont la modélisation de Dalton et celle de Rutherford. Un modèle planétaire, à l'essentiel un hybride du modèle de Bohr, sert à introduire le concept de couche électronique et, au-delà, à fournir les règles de remplissage. En revanche, on

peut repérer une différence importante à propos du concept de nuage électronique. Plus précisément, ce terme a, dans l'un des manuels français, une acception plutôt « classique<sup>5</sup> », car il désigne le cortège électronique reparti en couches. Cependant, l'autre manuel avance l'interprétation quantique que les électrons se caractérisent non plus par d'orbitales définies (couches), mais par la probabilité de leur présence ici ou là autour du noyau, au sein d'un nuage électronique.

Quant aux insuffisances des modèles d'atome historiquement apparus, le manuel grec relate que « la théorie atomique de Dalton, quoique simpliste, sert de support principal pour les calculs stœchiométriques » et que « pour les besoins de ce niveau de classe, le modèle de Bohr [hybride] est bien suffisant. » Par ailleurs, l'un des manuels français remarque que la règle de l'octet<sup>6</sup> « n'est valable que pour un nombre maximal de 18 électrons. » Dans le même esprit, le manuel grec montre cette contrainte (due à l'épistémologie scolaire) par un exercice résolu sur la formule électronique du potassium,  ${}_{19}\text{K}$ . Effectivement, d'après une démarche de transposition portant sur le remplissage des couches, le principe d'Aufbau – incluant le principe d'exclusion de Pauli, la règle de Hund et le principe d'énergie minimale ou, plus communément, règle de Klechkowski – est réduit, pour un usage scolaire tant en France qu'en Grèce, en ladite règle de l'octet.

### ***Schématisation privilégiée***

Nous nous attachons maintenant à circonscrire succinctement le contenu de cet indicateur. Notons que nous n'avons répertorié que certains éléments figuratifs étroitement liés à l'atome, excluant par exemple, le tableau périodique, la radioactivité, etc. En tout cas, l'analyste peut élaborer une carte conceptuelle à partir du concept clé (la cible, en l'occurrence « atome ») le préoccupant, puis fixer un critère de choix tel que le suivant : sélectionner seulement les sujets du conceptogramme ainsi produit, associés à la cible avec un nœud-fils.

#### a) Modèles :

GR : mod. corpusculaires (boules daltoniennes) de  $\text{H}_2$ ,  $\text{O}_2$ ,  $\text{CO}_2$ , etc. ; mod. d'atome avec les protons et neutrons dans le noyau les électrons formant un nuage autour ; mod. de Dalton ; mod. de Rutherford ; mod. planétaire ; périodicité de la structure électronique des éléments de  $Z = 3$  à  $Z = 18$  ; mod. de Bohr et d'orbite précise ; composés ioniques de  $\text{LiF}$  et  $\text{NaCl}$  et illustration du transfert d'électrons ; formules de Lewis pour  $\text{H}_2$ ,  $\text{HCl}$ ,  $\text{NH}_3$ ... ;  
FR 1 : mod. simplifié de l'atome de Li ; sphère atomique, noyau et électrons ; maquettes compactes et éclatées des molécules  $\text{H}_2\text{O}_2$ ,  $\text{CHCl}_3$ ... ;

FR 2 : mod. planétaires en 3D ; structure lacunaire ; mod. de Dalton, Thomson et Rutherford ; interprétation de l'expérience de Rutherford ; structure du noyau atomique ; notation symbolique d'atomes et d'ions ;

#### b) Tableaux :

GR : atomicité de quelques éléments ; masse et charge des corpuscules subatomiques ; les électrons de valence pour certains éléments ;

FR 1 : cations et anions monoatomiques ; symbole, nom et nombre de liaisons formées par les atomes d'H, C, O, N, etc. ; caractéristiques des constituants d'atome ; structure électronique d'éléments des trois premières périodes du tableau périodique ;

<sup>5</sup> Nous employons cet adjectif au sens opposé au « quantique », « ondulatoire ».

<sup>6</sup> Les atomes cherchent à obtenir, lors de leurs liaisons, une structure électronique externe en octet (huit électrons), comme celle des gaz nobles ( ${}^1\text{He}$  en a deux). En effet, chaque couche peut contenir au maximum  $2n^2$  électrons, où  $n = 1, 2, \dots$  désigne l'ordre de la couche (K, L...). Cependant, il s'agit d'une formule simplifiée à courte portée.

FR 2 : charge et masse du proton, neutron et électron ; masse approchée, nombre de masse  $Z$  et numéro atomique  $A$  des atomes d'H, F et Fe ; dimensions d'atome et de noyau ; noms et symboles de certains ions monoatomiques ; numéro atomique  $A$  et formules électroniques des atomes de C, O, Al, etc. ; formules électroniques des éléments des trois premières périodes du tableau périodique ; formules électroniques d'atomes (Na, Al, N, O...) et de leurs cations / anions ;

c) Photos / Portraits :

GR : atomes de Ge vus au microscope à effet tunnel ; buste de Démocrite et l'atome planétaire au recto et verso d'une pièce de monnaie ; Dalton, le fondateur de la th. atomique ; bustes sur deux timbres poste de Rutherford (découverte du noyau) et de Bohr (notion de couche) ; Sommerfeld (notion de sous-couche) ; Schrödinger (th. quantique moderne) ; buste de A. Lavoisier sur un timbre (« 200<sup>e</sup> anniversaire de l'analyse de l'eau, réalisée par Lavoisier ») et citation de la loi de conservation de la masse au cours des réactions chimiques ;

FR 1 : tests de flamme de divers éléments, Na, Li, Ca, etc. ; N. Bohr ; J. Perrin ; A. Avogadro ; scène du film « Les puissances de 10 » illustrant la taille de l'atome ; spectres d'émission et d'absorption d'H, Hg, Na et Ne ;

FR 2 : spectres d'émission et d'absorption d'H, Na, Hg, He ; nébuleuses et origine céleste des atomes ; images de Démocrite, Aristote, Dalton, Thomson, Rutherford et Pauli ; photo de l'écran du logiciel ChemSketch affichant la molécule d'H<sub>2</sub> ; une cuillerée de charbon contient 10<sup>23</sup> atomes ; portrait d'Avogadro ;

d) Analogies :

GR : si lecteur = noyau, les électrons éparpillés à 61Km ; électrons de valence = électrons puissants ; le nombre d'Avogadro  $N_A$  est énorme ;

FR 1 : si noyau = tête d'épingle, alors sphère atomique = stade de France ;

FR 2 : aucune ;

e) Figures / Schémas :

GR : échelle des dimensions du micromonde (de l'ADN aux quarks...) ; unités structurales des éléments (les atomes) et des composés (les molécules) ;

FR 1 : atome de Li selon l'animation « Entité Monoatomique » ;

FR 2 : échelle de dimensions d'objets physiques : du noyau atomique aux galaxies ; cosmogénèse en termes de temps et de température : l'atome apparaît 300 000 ans après le Big Bang ; dispositifs expérimentaux d'observation de spectres ; dispositif de l'expérience de Rutherford ;

f) Accroches / Encadrés :

GR : l'angström (Å), une unité de mesure adéquate pour le rayon atomique, la longueur de la liaison chimique, etc. ; l'atome est infinitésimal ; étymologie du terme « atome » ; l'espace occupé par les électrons définit les dimensions de l'atome ; les interactions entre les électrons déterminent le comportement chimique des atomes ; traits principaux de la théorie atomique de Dalton ; règle de l'octet ; masse atomique relative  $A_r$ ,  $A_r = m_{\text{atome}} / (1/12) m_{\text{at}}^{12\text{C}}$  ; la matière, continue ou discontinue ? ; on a dit de l'atome... ;

FR 1 : atomes, ions et isotopes ; changement d'échelle ; les éléments chimiques de l'Univers ;

FR 2 : l'atome, des philosophes grecs aux scientifiques du XX<sup>e</sup> siècle ; l'expérience décisive de Rutherford ; dénombrer des grains de riz ou des atomes ; l'Univers, du très petit au très grand ; connaître les constituants d'un atome ; définir un ion monoatomique.

En règle générale, le manuel grec nécessite une analyse micro-écologique (au sens chevallardien) plus étendue, puisque développant davantage d'éléments de savoir particuliers. Au contraire, les manuels français semblent être plus attractifs à la lecture, voire rapprochant, dans la forme, des revues de vulgarisation scientifique. Probablement, ils pourraient motiver l'élève et catalyser le fonctionnement du contrat didactique.

### **Organisation praxéologique**

Nous postulons, avec Matheron (2000, p. 52) quant aux mathématiques, qu'une action humaine – dont l'étude de la physique-chimie relève – peut se décrire selon un modèle praxéologique. Pour élucider ce terme, nous empruntons aux propos de Chevallard (2006, p. 4) : « l'analyse de l'activité humaine conduit à dégager des entités minimales, les praxéologies, qu'on peut désigner par la formule  $[T / \tau / \theta / \Theta]$ , parce qu'elles sont faites d'un *type de tâches*  $T$ , d'une *technique*  $\tau$  pour accomplir les tâches du type  $T$  [bloc praxis], d'une *technologie*  $\theta$  qui justifie et rend intelligible la technique  $\tau$ , enfin d'une *théorie*, que l'on note usuellement  $\Theta$  [bloc logos], qui justifie et éclaire la technologie  $\theta$ , et permet même, en nombre de cas, de l'engendrer. » Par conséquent, cet indicateur permet de repérer les organisations praxéologiques intrinsèques à une leçon, une activité ou un exercice qu'un manuel propose. À titre indicatif, autour du type de tâches « établir la formule électronique d'un atome », nous retrouvons assez d'exercices résolus ou pour entraînement dans les trois manuels retenus dans ce travail. Prenons l'exemple précis de la tâche suivante : « Donnez la structure électronique du sodium,  $_{11}\text{Na}$  ». En effet, la technique  $\tau$  consiste à :

- placer 2 électrons à la première couche, K ;
- faire la soustraction  $11 - 2 = 9$ , puis placer 8 électrons à la deuxième couche, L ;
- faire la soustraction  $9 - 8 = 1$  et placer ce dernier électron à la couche M, qui sera alors la couche externe de cet atome ;
- écrire la formule électronique dans l'état fondamental de l'atome de Na :  $K^2 L^8 M^1$ .

La technologie  $\theta$  justifiant cette technique ne constitue en fait que la règle de l'octet. Enfin, la théorie  $\Theta$  d'où émane la technologie mise en œuvre s'identifie à la théorie atomique quantique (nombres quantiques, principe d'exclusion de Pauli, etc.).

Évidemment, analyser tous les types de tâches trouvés dans un manuel nécessite un travail long et laborieux. Nous ne pouvons prétendre à l'exhaustivité en la matière dans cet article, où notre but tient à illustrer l'apport de l'indicateur discuté au sein de l'analyse didactique initiée.

## **CONCLUSION**

Le double objectif de ce travail consiste en la présentation d'une grille d'analyse à vocation didactique de manuels scolaires, notamment de l'enseignement scientifique, puis en son application à trois manuels, deux français et un grec, des classes de seconde traitant du thème de l'atome. Cette démarche permet d'évaluer, dans un premier temps, son caractère heuristique. En second lieu, on peut prolonger le travail aux programmes et aux objectifs pédagogiques.

Les résultats obtenus laissent émettre l'hypothèse que les programmes français et grecs, conçus pour ce niveau scolaire, auront dû mettre en évidence des objectifs comparables, compte tenu du nombre important des éléments de connaissance communs, recensés dans les manuels analysés. Il est caractéristique que les trois manuels adoptent un modèle d'atome hybride,

autrement dit un modèle atomique de Bohr simplifié. De plus, nous soulignons l'intention des auteurs, français et grecs, d'avertir le lecteur sur le nouveau regard de la science en la matière qu'est la physique quantique moderne avec le paradigme épistémologique du probabilisme. Même, à un niveau scolaire supérieur (terminale Scientifique), les élèves grecs étudient, toujours en chimie, la notion d'orbitale qui remplace celle de couche électronique. Si cette notion quantique est relatée dans certains manuels français ce n'est qu'au niveau de seconde, puisque l'atome n'est plus abordé par les programmes de terminale français.

Cependant, savoir si ce choix didactique a un certain succès nécessite une autre recherche didactique à partir des contrats didactiques mis en place dans un nombre de différents cours où exercent de différents professeurs qui assurent de différents processus topogénétiques. Dans cette perspective, une observation didactique des classes suivie d'une analyse en termes de mésogénèse et topogénèse peut être envisagée. Plus spécifiquement, la mésogénèse « incite à identifier le contenu épistémique précis des transactions didactiques » (Sensevy & Mercier, 2007, p. 32) entre le professeur et les élèves. La topogénèse « incite à identifier comment le contenu épistémique de la transaction est effectivement réparti entre les transactants. » (ibidem, p. 32).

S'il existe des différenciations parmi les manuels examinés, celles-ci sont à rechercher parmi d'autres déterminants (curricula, noosphère, pratiques enseignantes, etc.) impliqués dans les processus de transposition didactique mis en œuvre dans les deux systèmes éducatifs, français et grec. D'après une particularité remarquable, les auteurs français procèdent à une organisation innovante de la matière à enseigner. Il serait donc légitime de poser la question : cette approche peut-elle favoriser l'établissement de rapports entre sciences physicochimiques et société, chez les élèves ?

La question du manuel scolaire demeure toujours un champ à explorer. Des recherches similaires peuvent être menées pour contribuer à affiner la grille d'analyse proposée, afin de faire émerger notamment des phénomènes de transposition didactique de savoirs scientifiques et technologiques traités par les manuels et autres supports pédagogiques.

## RÉFÉRENCES

- Bernard, S., Clément, P. & Carvalho, G. (2007). Méthodologie pour une analyse didactique des manuels scolaires, et sa mise en œuvre sur un exemple. In M. Lebrun (Éd.), *Le manuel scolaire d'ici et d'ailleurs, d'hier à demain* (pp. 24-45). Montréal, Québec: Presses de l'Université du Québec.
- Chevallard, Y. (1988). Esquisses d'une théorie formelle du didactique. Retrieved from [http://yves.chevallard.free.fr/spip/spip/article.php3?id\\_article=101](http://yves.chevallard.free.fr/spip/spip/article.php3?id_article=101).
- Chevallard, Y. (1992). Concepts fondamentaux de la didactique : perspectives apportées par une approche anthropologique. *Recherches en Didactique des Mathématiques*, 19, 77-124.
- Chevallard, Y. (1994). Les processus de transposition didactique et leur théorisation. In G. Aarsac, Y. Chevallard, J.-L. Martinand & A. Tiberghien, (Éds.), *La transposition didactique à l'épreuve* (pp. 135-180). Grenoble, France: La Pensée sauvage.
- Chevallard, Y. (1997). Les savoirs enseignés et leur forme scolaire de transmission : un point de vue didactique. *Skholé*, 7, 45-64.
- Chevallard, Y. (2006). La théorie anthropologique des faits didactiques devant l'enseignement de l'altérité culturelle et linguistique. Le point de vue d'un *outsider*. Retrieved from [http://yves.chevallard.free.fr/spip/spip/article.php3?id\\_article=70](http://yves.chevallard.free.fr/spip/spip/article.php3?id_article=70).

- Clément, P. (1998). La biologie et sa didactique. Dix ans de recherches. *Aster*, 27, 57-93.
- Duval, R. (1993). Registres de représentation sémiotique et fonctionnement cognitif de la pensée. *Annales de Didactique et de Sciences Cognitives de l'IREM de Strasbourg*, 5, 37-65.
- Duval, R. (1995). *Sémiosis et la pensée humaine. Registres sémiotiques et apprentissages intellectuels*. Berne: Peter Lang.
- Grivopoulos, K., & Matheron, Y. (2013). L'enseignement de l'atome vu par la physique-chimie en France et, par la physique et la chimie en Grèce. In *Congrès AREF 2013*. Retrieved from <http://www.aref2013.univ-montp2.fr/cod6/?q=content/390-1%E2%80%99enseignement-de-1%E2%80%99atome-vu-par-la-physique-chimie-en-france-et-par-la-physique-et-la-0>.
- Hannoun, P. (2008). La mécanique vue par les sciences de l'ingénieur et la physique. Des ancrages théoriques communs, des éclairages différents ; le cas du frottement. Dans A. Hasni & J. Lebeaume (Dir.), *Interdisciplinarité et enseignement scientifique et technologique* (p. 111-129). Lyon: INRP & Sherbrooke (Québec): Éditions du CRP.
- Jacobi, D. (1987). *Textes et images de la vulgarisation scientifique*. Berne: Peter Lang.
- Matheron, Y. (2000). Analyser les praxéologies. Quelques exemples d'organisations mathématiques. *Petit X*, 54, 51-78.
- Mortureux, M.-F. (1995). Les vocabulaires scientifiques et techniques. *Les carnets du Cediscor*, 3, 13-25.
- Rajoson, L. (1988). *L'analyse écologique des conditions et des contraintes dans l'étude des phénomènes de transposition didactique : trois études de cas*. Thèse de Doctorat, France, Université d'Aix-Marseille.
- Reboul, S. (1993). Scientificité et didacticité. Y a-t-il des traces de discours primaires dans les textes de presse ? *Les carnets du Cediscor*, 1, 95-108.
- Sensevy, G., & Mercier, A. (2007). *Agir ensemble. L'action didactique conjointe du professeur et des élèves*. Rennes: Presses Universitaires de Rennes.
- Tiberghien, A. (2011). Conception et analyse de ressources d'enseignement : le cas des démarches d'investigation. In M. Grangeat, (Éd.), *Les démarches d'investigation dans l'enseignement scientifique. Pratiques de classe, travail collectif enseignant, acquisitions des élèves* (pp. 185-212). Lyon, France: École Normale Supérieure.

## MANUELS SCOLAIRES TRAITÉS

- Barde, M., Barde, N., Besnard, V., Bigorre, M., Daini, É., Daini-d'Incan, M., de Flaugergues, M., Giacino, M., Lescure, N., Poudens, B., & Tarride, I. (2010). *Physique-Chimie*. Paris: Hachette.
- Bataille, X., Bazot, C., Beauvineau, E., Berthelot, S., Dormieux, J.-L., Gentilhomme, S., Hoarau, C., Lambert, D., Le Floc'h, M., Minc, F., Parisi, J.-M., Ray, C., Simon, R., & Wilm, A. (2010). *Physique-Chimie*. Paris: Belin.
- Liodakis, S., Gakis, D., Theodoropoulos, D., Theodoropoulos, P., & Kallis, A. (2001). *Chimie*. Athènes: OEDB.

## ANNEXE

La grille d'analyse sous forme de tableau et sa mise en œuvre sur les trois manuels retenus<sup>7</sup>

		Manuel FR1	Manuel FR2	Manuel GR
	<i>Indicateurs génériques</i>			
1	Code			
2	Éléments d'identification			
3	Position et titres de la section concernée	1. Règle de l'octet ; 2. Liaison ionique		
		3. Organisation innovante de la matière	3. Organisation innovante de la matière	3. Organisation traditionnelle ; 4. Liaison covalente
4	Part occupée	3,16	3,44	3,56
5	Reformulés			
6	Typologie iconique	27 modèles ; 23 tableaux ; 17 photos/portraits ; 3 diagrammes ; 1 analogie ; 1 figure ; 8 encadrés	20 modèles ; 24 tableaux ; 18 photos/portraits ; 3 diagrammes ; 3 schémas ; 3 figures ; 15 encadrés	33 modèles ; 10 tableaux ; 28 photos/portraits ; 3 diagrammes ; 3 analogies ; 5 schémas ; 6 encadrés ; 33 accroches
7	Style pédagogique			
	<i>Indicateurs spécifiques</i>			
8	Paradigme épistémologique	1. Discontinuité de la matière et l'atome de Démocrite ; 2. Modèle de Dalton et modèles planétaires de Rutherford et de Bohr ; 3. Atome à usage scolaire : un modèle de Bohr hybride		
		4. L'interprétation du probabilisme	4. Nuage électronique d'une acception « classique »	4. L'interprétation du probabilisme
9	Schématisation privilégiée	<b>Modèles :</b> sphère atomique, noyau et électrons ; noyau avec des protons et neutrons colorés ; modèle imagé de l'ion iodure ; cristal de NaCl ; maquettes	<b>Modèles :</b> mod. planétaires en 3D ; structure lacunaire ; mod. de Dalton 1805, de Thomson 1904 et de Rutherford 1911 ; interprétation de	<b>Modèles :</b> mod. corpusculaires éclatés de H <sub>2</sub> , O <sub>2</sub> , CO <sub>2</sub> , C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> OH ; cristal de NaCl coloré ; mod. d'atome avec des protons et neutrons dans le noyau, les électrons étant autour, sous forme de nuage ;

<sup>7</sup> Les points de convergence entre les trois manuels considérés sont relatés dans les cellules fusionnées.

		<p>compactes et éclatées de molécules ; formule développée de l'aspirine, de l'éthanal, de l'acide acétique, etc. ; mod. moléculaire éclaté de peroxyde d'H ; formule développée du cycle benzénique ; multi-présentation de la même molécule ; boîte de modèle moléculaire ; mod. moléculaires de l'acide urique, du glucose et du cholestérol ; masse molaire at. indiquée à propos des éléments Au et Cl du tb pér. ; <math>\text{CaCl}_2</math> solide et solution aqueuse au plan microscopique ; conservation de la quantité de matière lors d'une dilution ; représentation de la molécule de taxol ; formules semi-développées des molécules d'acide salicylique et d'anhydrite acétique avec les liaisons rompues et créées lors d'une transformation ch. ; maquette éclatée colorée et formule brute de la molécule d'acide acétique ; mod. moléculaire de l'équation <math>\text{CH}_4 + \text{O}_2</math> ; mod. moléculaires éclatés de constituants alimentaires ; agitation thermique des particules ; polymérisation d'acide lactique ; mod. moléculaires éclatés de styrène et de l'acide niflumique.</p> <p><b>Tableaux :</b> formules d'ions et leur action biologique ; formules d'ions et couleurs en</p>	<p>l'expérience de Rutherford ; structure du noyau atomique ; notation symbolique des atomes et des ions ; modèles moléculaires colorés compacts et éclatés ; mod. moléculaire de la réaction chimique.</p> <p><b>Tableaux :</b> charge et masse du proton, neutron et électron ; masse approchée, Z et A des atomes d'H, de F et de Fe ; dimensions d'atome et de noyau ; noms et symboles de certains ions monoatomiques ; densité d'ions dans les eaux minérales ; noms, symboles et numéro Z d'éléments usuels ; tableau de Mendeleïev de 1869 ; des minéraux terrestres, leurs formules et les ions contenus ; numéro Z et formules électroniques des atomes de C, O, Al, Si, He, Ne, Ar ; num. Z et formules électroniques d'atomes et d'ions ; formules électroniques des éléments des trois premières périodes du tb pér. ; extrait du tb pér. ; formules électroniques des atomes Na, Mg, Al et de leurs cations ; formules électroniques des atomes N, O, F et de leurs anions ; charge des ions à partir de la classification pér. ; nombre d'atomes d'H, C, N, O dans certaines molécules ; symboles colorés d'atomes usuels ; constitution, formule et mod. moléculaire de certaines molécules ;</p>	<p>mod. moléculaires des 3 états de l'eau ; mod. corpusculaire des 3 états de la matière ordinaire ; mod. moléculaire de la combustion <math>\text{H}_2 + \text{O}_2 \rightarrow \text{H}_2\text{O}</math> ; dissolution de sucre et de NaCl dans l'eau ; un des premiers mod. atomiques : le mod. de Rutherford ; mod. corpusculaires du cristal de Na, du gaz <math>\text{Cl}_2</math> et du cristal de NaCl ; modèle atomique planétaire ; mod. at. de Dalton ; périodicité de la configuration él. des éléments de Z = 3 à Z = 18 ; mod. atomique de Rutherford : masse du noyau <math>\approx</math> masse d'atome et mouvement indéterminé des <math>e^-</math> ; mod. atomique de Bohr : idée de couche et des orbites précises ; représentation virtuelle des couches ou croûtes ; définition du rayon atomique ; les rayons at. des halogènes, en pm ; composés ioniques de LiF et de NaCl et illustration du transfert d'<math>e^-</math> ; lors de la formation du NaCl l'énergie du système baisse ; mod. éclaté de la maille de NaCl ; strates dans le cristal de NaCl ; liaison covalente entre deux atomes d'H et bilan énergétique ; liaison covalente polaire ; formules de Lewis quant à la formation de <math>\text{H}_2</math>, HCl, <math>\text{NH}_3</math>... ; mod. éclatés de composés moléculaires, tels <math>\text{H}_2\text{O}</math>, <math>\text{NH}_3</math>, <math>\text{CO}_2</math>... ; configuration élect. suivant le mod. de Bohr, dans la molécule de <math>\text{NH}_3</math> ; cristaux de graphite et de diamant (éléments cristallographiques) ; maquette de la molécule de base de l'aspirine ; mod. moléculaires des réactions ch. <math>\text{P}_4 + \text{Cl}_2</math>, <math>\text{CH}_4 + \text{O}_2</math>, <math>\text{NO} + \text{Cl}_2</math> ; mod. moléculaire de la réaction ch. <math>\text{NO} + \text{Cl}_2</math> au cas des collisions efficaces ou non efficaces ; mod. corpusculaire illustrant la pression d'un gaz ; décompositions nucléaires de <math>^{239}\text{Pu}</math> et <math>^{14}\text{C}</math> ; fission induite de <math>^{235}\text{U}</math>.</p>
--	--	--	---	--

		<p>solution avec photos ; noms et symboles de quelques éléments ; cations et anions monoatomiques ; extrait du tb périodique ; formule développée, nom, propriétés et utilisation de I<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O, HClO, etc. ; symbole, nom et nb de liaisons formées par les atomes d'H, de C, d'O, d'N, etc. ; types de formules et leurs limites de la représentation des molécules ; noms, formules et exemples de quelques groupes caractéristique en chimie organique ; tb de proportionnalité entre n et N et entre n et m ; abondance d'éléments suivie par le numéro at. dans l'univers et dans la lithosphère ; extrait du tb pér. de Mendeleïev ; caractéristiques des constituants d'atome ; structure électronique d'éléments des trois premières lignes du tb pér. ; symbole, nom et applications pour les alcalins, les halogènes et les gaz nobles ; ions monoatomiques.</p> <p><b>Photos/Portraits :</b> scintigraphie de la thyroïde et isotope de l'iode ; tissus osseux ; tests de flamme de divers éléments, Na, Li, Ca, etc. ; N. Bohr ; cristal macroscopique de la chlorure de sodium ; J. Perrin ; extrait d'un rapport d'analyses médicales ; la docteur travaille sur un fichier d'analyses de sang ; A. Avogadro ; scène du film « Les puissances de 10 » illustrant la taille de</p>	<p>formule brute de molécules et mod. moléculaires éclatés et compacts ; masse par mol d'atomes des isotopes du Cu ; principaux groupes caractéristiques en chimie organique ; composition de l'air inspiré et expiré.</p> <p><b>Photos/portraits :</b> spectres d'émission et d'absorption d'H, Na, Hg, He ; nébuleuses et origine céleste des atomes ; images de Démocrite, d'Aristote, de Dalton, de Thomson, de Rutherford et de Pauli ; les colonnes de Bryce Canyon [USA] contenant du C, O, Al et Si ; photo de l'écran du logiciel ChemSketch avec la molécule d'H<sub>2</sub> ; une cuillerée de charbon contenant 10<sup>23</sup> atomes ; portrait d'A. Avogadro.</p> <p><b>Diagrammes :</b> diagrammes circulaires de l'abondance d'H et d'He dans l'atmosphère du Soleil ; pourcentage massique d'éléments constituant la Terre.</p> <p><b>Schémas :</b> échelle de dimensions d'objets physiques à partir du noyau atomique jusqu'aux galaxies ; cosmogénèse en termes de temps et de température.</p> <p><b>Figures :</b> dispositifs expérimentaux d'observation de spectres ; dispositif de l'expérience de Rutherford.</p> <p><b>Encadrés :</b> rubrique « Activités » : 1) « Description de l'Univers » ; 2)</p>	<p><b>Tableaux :</b> atomicité de quelques éléments ; masse et charge des corpuscules subatomiques ; plafond d'énergie (en eV et en J/mol) et état stable pour la molécule, l'atome, le noyau et les quarks ; répartition des e<sup>-</sup> en couches des éléments de Z=1 à Z=20 ; tableau périodique contemporain ; les e<sup>-</sup> de valence de certains éléments dans le tb pér. ; certains ions mono- et polyatomiques ; nombres d'oxydation pour les principaux métaux et non métaux ; temps de demi-vie de certains isotopes ; effets de la radioactivité sur la santé en fonction de la dose, en rem.</p> <p><b>Photos/Portraits :</b> atomes de Ge (dont les couleurs sont artificiels) vus au microscope à effet tunnel STM ; buste de Démocrite et l'atome planétaire sur les deux faces d'une pièce de drachme ; Dalton, le fondateur de la th. atomique ; bustes sur deux timbres poste de Rutherford (découverte du noyau) et de Bohr (notion de couche) ; Sommerfeld (notion de sous-couche) ; Schrödinger (th. quantique moderne) ; le prix Nobel 1965 R. Feynman ; P. Atkins (PU, Univ. d'Oxford) ; les prix Nobel de Chimie W. Kohn et J.A. Pope ; bustes, sur deux timbres, de Démocrite et du prix Nobel 1922 N. Bohr (« Atom Teori »), avec son commentaire de l'évolution de la physique au 20<sup>e</sup> sc. ; le chimiste britannique Newlands, avec les reproches à propos de ses travaux ; le chimiste allemand Meyer qui a découvert le rapport entre le volume at. et la masse at. relative ; Mendeleïev : photo et buste sur un timbre poste ; S. Arrhenius dans son laboratoire ; buste de A. Lavoisier sur un timbre (« 200<sup>e</sup> anniversaire de l'analyse de l'eau, réalisée par</p>
--	--	---	---	---

		<p>l'atome ; spectres d'émission et d'absorption d'H, de Hg, Na et Ne ; D. Mendeleïev ; classification pér. affichée sur un bus.</p> <p><b>Diagrammes :</b> diagrammes circulaires de l'abondance de H et de He dans la photosphère et au cœur du Soleil ; abondance de certains éléments dans la croûte terrestre.</p> <p><b>Analogies :</b> sphère atomique = stade de France, noyau = tête d'épingle.</p> <p><b>Figures :</b> atome de Li selon l'animation « Entité Monoatomique ».</p> <p><b>Encadrés :</b> rubrique « Activité expérimentale » : 1) « Atomes, ions et isotopes » ; 2) « Changement d'échelle » ; rubrique « Activité d'investigation » : « Mise en évidence d'ions dans les médicaments » ; rubrique « Compétence expérimentale » : « Analyse qualitative » ; rubrique « Activité découverte » : « Les représentations des molécules » ; rubrique « Activité documentaire » 1) « Analyse de sang » ; 2) « Les éléments chimiques de l'Univers » ; 3) « La naissance du tableau périodique ».</p>	<p>« L'atome, des philosophes grecs aux scientifiques du XX<sup>e</sup> siècle » ; 3) « L'expérience décisive de Rutherford » ; 4) « La Classification périodique des éléments » ; 5) « La visualisation des molécules » ; 6) « Dénombrer des grains de riz ou des atomes » ; rubrique « Savoir. Retenir l'essentiel » : 1) « L'Univers, du très petit au très grand » ; 2) « Connaître les constituants d'un atome » ; 3) « Définir un ion monoatomique » ; 4) « Définir un élément chimique » ; 5) « Décrire une molécule » ; 6) Représenter des formules développées et semi-développées » ; rubrique « Pour en savoir plus » : « La grande histoire de l'Univers : du Big Bang à la naissance de la vie... » ; rubrique « Savoir. Analyser, résoudre et rédiger » : 1) « Les composés ioniques » ; 2) « Déterminer la charge d'un ion ».</p>	<p>Lavoisier ») et citation de la loi de conservation de la masse au cours des réactions ch. ; buste d'Avogadro sur un timbre italien ; portrait d'Avogadro légendé par des informations biographiques ; caricatures de Dalton et Avogadro méditant sur les atomes et les molécules ; la ville d'Hiroshima, après l'explosion nucléaire ; champignon nucléaire ; bombe atomique ; photos de Rutherford et Soddy avec un dialogue sur la transmutation du Ra (source : Scientific American, 1966) ; le prix Nobel en 1903 H. Becquerel ; le double prix Nobel de Chimie M. Curie ; Pierre, Marie et la petite Irène Curie ; compteur Geiger-Muller ; radiodation des manuscrits de la mer Morte et de l'homme d'Yunxian ; imagerie médicale grâce aux radioisotopes.</p> <p><b>Diagrammes :</b> abondance des éléments (en camembert) dans la croûte terrestre et dans le corps humain ; sens d'augmentation du rayon atomique dans le tb périodique ; loi exponentielle de décroissance radioactive.</p> <p><b>Analogies :</b> si lecteur = noyau, les e<sup>-</sup> sont éparpillés à 61Km ; électrons de valence = e<sup>-</sup> puissants ; le nombre d'Avogadro N<sub>A</sub> est énorme.</p> <p><b>Schémas :</b> division de la matière jusqu'aux éléments ; échelle de dimensions du micromonde (de l'ADN aux quarks... ?) ; unités structurales des éléments (les atomes) et des composés (les molécules) ; pouvoir de pénétration du rayonnement nucléaire (α, β, γ) ; principe du compteur Geiger-Muller.</p> <p><b>Encadrés :</b> rubriques « Est-ce que tu connais que... » : 1) « La matière, continue ou discontinue ? » ; 2) « Les hommes qui ont marqué la Chimie » ; 3) « L'origine du</p>
--	--	--	--	--

			<p>terme de mole » ; 4) « Le problème des dégâts nucléaires » ; On a dit de l'atome ; la chronique du bombardement d'Hiroshima avec un témoignage.</p> <p><b>Accroches :</b> atome et grain de sable ; l'angström (Å), une mesure adéquate du rayon atomique, de la longueur de la liaison ch., etc. ; une molécule de sucre pèse <math>5,7 \cdot 10^{-22}</math> gr ; recours aux modèles corpusculaires avec des atomes sphériques et (artificiellement) colorés ; l'atome est infinitésimal ; étymologie du terme « atome » ; masse d'atome = <math>m_p + m_n</math> ; l'espace occupé par les électrons définit les dimensions d'atome ; les interactions entre les <math>e^-</math> déterminent le comportement chimique des atomes ; nucléons s'appellent les protons et neutrons ; le plasma est constitué par des électrons, ions, atomes et molécules ; commentaire autour de l'architecture moléculaire, par C.A. Coulson ; bilan énergétique lors de la formation de la liaison ionique dans le NaCl ; caractéristiques principales de la th. atomique de Dalton ; définition de la liaison ch. ; électrons de valences, les <math>e^-</math> « forts » pour la formation des liaisons ; règle de l'octet ; électropositivité / électronégativité ; liaison mi-polaire ; entre les atomes des non métaux s'établissent des liaisons covalentes ; les ions, porteurs de courant dans les électrolytes ; la th. atomique de Dalton constitue la base des calculs stœchiométriques ; masse atomique relative <math>A_r</math>, <math>A_r = m_{\text{atome}} / (1/12) m_{\text{at}}^{12}\text{C}</math> ; diverses définitions d'un amu depuis le 19<sup>e</sup> sc. ; masse moléculaire relative <math>M_r = m_{\text{molécule}} / (1/12) m_{\text{at}}^{12}\text{C}</math> ; spectromètre de masse pour l'étude des isotopes ; le terme</p>
--	--	--	--

				générique « mol » a remplacé ceux d'« at-gr » et « ion-gr » ; Avogadro éprouve, à partir de son hypothèse, la différence entre atomes et molécules ; phénomène de fluorescence ; âge de la Terre à partir de l'isotope $^{236}\text{U}$ ; rayonnement ionisant ; le curie comme unité de radioactivité ; radiodation à partir du $^{14}\text{C}$ , $^{238}\text{U}$ , $^{232}\text{Th}$ .
10	Contexte			
11	Niche écologique			
12	Organisation praxéologique	Cf. corps du texte.		