

La démarche de modélisation en sciences: le tableau périodique comme exemple

Louise Guilbert
Mathieu Gagnon
Mohamed Righi

PISTES, Université Laval
www.pistes.org

42e Congrès de l'APSQ
Gatineau, octobre 2007

Tableau périodique de Chimios

3) Bleu marine 10 g/mol 1,00 g/cm³		12) Vert foncé 12 g/mol 1,20 g/cm³	5) Jaune foncé 13 g/mol 1,25 g/cm³		8) Orange foncé 15 g/mol 1,35 g/cm³			2) Rouge brique 18 g/mol 1,40 g/cm³	13) Violet foncé 18 g/mol 1,50 g/cm³
10) Bleu ciel 20 g/mol 2,00 g/cm³			1) Jaune or 23 g/mol 2,24 g/cm³		7) Orange 25 g/mol 2,34 g/cm³				6) Violet moyen 28 g/mol 2,53 g/cm³
		4) Vert clair 32 g/mol 3,19 g/cm³	11) Jaune citron 33 g/mol 3,23 g/cm³						9) Violet clair 38 g/mol 3,51 g/cm³

Questions A (environ 15 minutes)

1. Quel paramètre permet d'établir les colonnes du tableau périodique de CHIMIOS ?

La couleur

2. Quels paramètres permettent d'établir les rangées de ce tableau ?

La masse molaire atomique et la masse volumique

3. Vérifier la périodicité de chacun des paramètres. Comment expliquer que les éléments 2 et 13 ont la même masse molaire atomique ?

Erreur expérimentale ou une exception à la règle

4. Déterminer à quel endroit de votre tableau périodique se trouverait un élément ayant les caractéristiques suivantes : **vert moyen, masse molaire atomique de 22 g/mol et une masse volumique de 2,20 g/cm³.**

Voir le tableau réponse (3^e colonne)

5. Quelle est la couleur possible d'un élément de masse molaire atomique de 17 g/mol et de masse volumique de 1,38 g/cm³?

Orange rouge foncé

6. Si, un jour, quelqu'un découvrait un nouvel élément solide de couleur turquoise (vert-bleu), où pourrait-il être placé dans cette classification périodique ? Ce nouvel élément permettrait-il de prévoir l'existence d'autres nouveaux éléments ?

Entre la colonne 1 et 3 (entre les éléments 3 et 12)

Oui, Turquoise foncé, moyen et pâle ; 11 g/mol, 1,10 g/cm³ etc.

Tableau périodique de Chimios

3) Bleu marine	Turquoise	12) Vert foncé	5) Jaune foncé		8) Orange foncé		Orange rouge foncé	2) Rouge brique	13) Violet foncé
10 g/mol	11 g/mol	12 g/mol	13 g/mol		15 g/mol		17 g/mol	18 g/mol	18 g/mol
1,00 g/cm³	1,10 g/cm³	1,20 g/cm³	1,25 g/cm³		1,35 g/cm³		1,38 g/cm³	1,40 g/cm³	1,50 g/cm³
10) Bleu ciel	Turquoise	X) Vert moyen	1) Jaune or		7) Orange				6) Violet moyen
20 g/mol	21 g/mol	22 g/mol	23 g/mol		25 g/mol				28 g/mol
2,00 g/cm³	2,10 g/cm³	2,20 g/cm³	2,24 g/cm³		2,34 g/cm³				2,53 g/cm³
	Turquoise	4) Vert clair	11) Jaune citron						9) Violet clair
	31 g/mol	32 g/mol	33 g/mol						38 g/mol
	3,10 g/cm³	3,19 g/cm³	3,23 g/cm³						3,51 g/cm³

Règles : La couleur foncée passe vers le pâle du haut vers le bas.

La **masse molaire atomique** ET la **masse volumique** augmentent de 2 à 3 fois de haut en bas et légèrement de gauche à droite.

Questions B (environ 20 minutes)

1. Quels sont les points communs entre ce tableau et celui de Mendeleïev ?

Classification en fonction de la périodicité des propriétés, capacité à prédire les propriétés de nouveaux éléments ou à découvrir de nouveaux éléments, regroupements en familles et en périodes

2. À quoi pourrait servir ce type de tableau de classification ?

Prédiction des propriétés de nouveaux éléments

Découverte de nouveaux éléments

Vérification d'erreurs ou d'exceptions (anomalies) dans les résultats expérimentaux

3. Est-ce que Mendeleïev en est venu à construire tout seul son tableau ? Sur quoi s'est-il basé ?

Les idées de ses collègues

Les résultats expérimentaux de ses collègues

4. Comment Mendeleïev a-t-il pu faire des prédictions à partir des espaces vides retrouvés dans son tableau ?

En ordonnant les éléments chimiques selon les propriétés connues et en essayant de combler les vides ou données manquantes par la logique et l'expérimentation

Questions B (environ 20 minutes) - suite

5. Faut-il être un génie pour élaborer un tableau périodique ? Quels sont les «ingrédients» pour faire une découverte ?

Travail d'équipe, l'expérimentation, la créativité, la logique, la minutie, la patience, etc.

6. Vous connaissez un peu les étapes et le contexte qui ont mené Mendeleïev à proposer ce tableau. Comparer ce que vous avez fait à ce qui est arrivé dans l'histoire.

Travail d'équipe, avoir de nouvelles idées, les vérifier, essais et erreurs, la patience, se servir des résultats expérimentaux, la logique, etc.

7. À partir de ce que vous avez fait, comment selon vous se construisent de nouveaux modèles ou se font les découvertes en science?

Travail d'équipe, l'expérimentation, la créativité, la logique, la minutie, la patience, etc.

Buts de l'activité:

- Déconstruire des mythes, comme:
 - Le tableau périodique est l'œuvre d'une seule personne.
 - Le tableau périodique a été découvert et non construit.
 - Seul un génie pouvait construire le tableau périodique.
- Permettre de vivre en groupe certaines étapes d'une démarche de modélisation.
- Faire réfléchir les élèves sur les ressemblances entre leur démarche de modélisation et la construction historique du tableau périodique.
- Faire «découvrir» aux élèves les propriétés et l'utilité d'un tableau périodique.

Une démarche de modélisation: définition

- La démarche de modélisation consiste à construire une représentation destinée à concrétiser une situation abstraite, difficilement accessible ou carrément invisible. Le modèle élaboré peut prendre diverses formes: texte, dessin, formule mathématique, équation chimique, programme informatique ou maquette. Il doit posséder certaines caractéristiques, entre autres celles de faciliter la compréhension de la réalité, d'expliquer certaines propriétés de ce qu'il vise à représenter et de prédire de nouveaux phénomènes observables. (MELS, programme 2e cycle, p.30)

Quelques difficultés vécues par les élèves (1):

- Les élèves tentent spontanément de reproduire le tableau périodique «officiel» (Mendeleïev) sans utiliser leur logique.
- Certains élèves utilisent le numéro de découverte des éléments comme un critère fiable pour les classer, tandis que d'autres mettent totalement de côté la couleur comme critère, car il est vu comme étant moins «scientifique» que la masse molaire ou la masse volumique.
- Certains élèves les ordonnent par couleurs de l'arc-en-ciel.
- La grande majorité des élèves les placent du plus petit au plus grand, mais sans laisser d'espaces vides.
- Après un certain temps, les élèves reconnaissent une certaine régularité dans les propriétés. Ils comprennent alors le concept de périodicité.

Quelques difficultés vécues par les élèves (2):

- Par des questions sur d'éventuels nouveaux éléments, les élèves voient la nécessité de laisser des espaces vides, entre autres pour respecter la périodicité.
- En répondant aux questions, les élèves comprennent que le tableau périodique sert à classer des éléments, à chercher la présence de nouveaux éléments et à prédire les propriétés de nouveaux éléments.
- Les élèves ont de la difficulté à accepter que les scientifiques peuvent faire des erreurs expérimentales. Ils essaient de justifier les deux masses molaires identiques en fouillant dans leurs connaissances antérieures (ex: ils parlent d'isotope).
- Certains élèves ont classé les éléments du plus grand au plus petit (selon la masse). Ils ont été fort étonnés lorsqu'on leur a dit que le tableau était aussi valable et fonctionnel que la modélisation faite par nous. En science, plusieurs modèles peuvent être viables.

Modes de raisonnement dans leur modélisation

- Utilisation de critères, d'hypothèses, de connaissances antérieures, de ressources du milieu, de vérifications empiriques, d'écoute active et d'autocorrections permettant la recherche de consensus.
- Diverses compétences prévues au programme sont donc mises en oeuvre:
 - Compétence 1: chercher des réponses ou des solutions à un problème scientifique.
 - Compétence 3: communiquer à l'aide du langage scientifique.
 - Compétences transversales: résoudre des problèmes, exercer son jugement critique, se donner des méthodes de travail efficaces, coopérer.

Modes de raisonnement dans leur modélisation

- ① Contenus et concepts touchés par l'activité:
 - ① Périodicité des propriétés des éléments du tableau.
 - ① Utilité du tableau quant aux prédictions et à la découverte de nouveaux éléments.
 - ① La place de la logique, du questionnement, de la collaboration et de la créativité dans les différents processus de construction des savoirs scientifiques.
 - ① Le rôle du travail des autres scientifiques dans la construction des modèles.

Le caractère construit ou non des modèles scientifiques

- Les élèves ont montré clairement qu'ils voyaient clairement dans ce processus une forme de traitement des informations qui touche de près à l'idée de construction des modèles scientifiques.
- «J' pense que techniquement, le tableau périodique n'existait pas à quelque part, y a fallu qu'ils le créent.» (E15, ligne 451)
- Les chercheurs «[...] partent de ce qu'ils ont. Ils construisent une idée qui se tient, si ça se tient ben y font des expériences pis... L'idée qui se tient est correcte jusqu'au jour où tu trouves un contre-exemple.» (E12, ligne 347)

Autres PISTES à explorer

- Revenir de manière attentive avec les élèves sur les démarches de résolution qu'ils ont mis en route.
- Faire une comparaison systématique de l'évolution du tableau périodique dans l'histoire en insistant sur les modifications, les «lacunes» et les erreurs expérimentales qu'ils comportaient.
- Buts:
 - Faire réfléchir sur le degré de fiabilité des modèles, mais aussi sur leur utilité dans un contexte donné.
 - Faire comprendre le processus de construction des modèles.