

# PROGRAMME DE SCIENCES DU SECONDAIRE



Ministère de l'Éducation et de l'Apprentissage continu  
Division des programmes en français

## CHIMIE 621M

Dernière révision : février 2022



## Avant-propos

Ce programme d'études s'adresse à tous les intervenants en éducation qui œuvrent, de près ou de loin, au niveau des sciences de la onzième année. Il précise les résultats d'apprentissage en chimie que les élèves des écoles françaises de l'Île-du-Prince-Édouard devraient avoir atteints à la fin du cours CHI521.

S'inspirant des normes du **Cadre commun des résultats d'apprentissage en science de la nature (M à 12)**, défini en vertu du **Protocole pancanadien pour la collaboration en matière de programmes scolaires**, ainsi que du programme d'étude du **ministère de l'Éducation et de l'Apprentissage continu de l'Île-du-Prince-Édouard (division anglaise)**, ce programme d'études a été conçu en vue de bien préparer les élèves à poursuivre leurs apprentissages en sciences du niveau secondaire.

*Dans le but d'alléger le texte, les termes de genre masculin sont utilisés pour désigner les femmes et les hommes.*



## Remerciements

Le ministère de l'Éducation et de l'Apprentissage continu tient à remercier les personnes qui ont apporté leur expertise à l'élaboration de ce document.

- Les spécialistes suivantes, qui œuvrent au sein du ministère de l'Éducation et de l'Apprentissage continu :

**Jaclyn Reid**

Leader des programmes en  
français de sciences et de  
mathématiques au secondaire

**Jonathan Hayes**

Leader des programmes en  
anglais de sciences au  
secondaire

- Un merci tout particulier aux enseignants qui ont participé à l'élaboration, à la mise à l'essai et à la mise en œuvre de ce nouveau programme :

**Cassidy Arseneault**

École Pierre-Chiasson

**Mylène Duguay**

École-sur-Mer

**Marcel Caissie**

École Évangéline

**Eric Arseneault**

École François-Buote

**Lucie Landry-Sonier**

École-sur-Mer

**Jocelyn Plourde**

École La-Belle-Cloche

Enfin, le Ministère tient à remercier toutes les autres personnes qui ont contribué à la création et à la révision de ce document.



# Table des matières

<b>Introduction</b>	
<b>Avant-propos</b> .....	i
<b>Remerciements</b> .....	iii
<b>A – Contexte et fondement</b> .....	1
<b>Orientations de l'éducation publique</b> .....	3
Vision, mandat et valeurs .....	3
Buts .....	4
Les résultats d'apprentissage .....	5
Les compétences transdisciplinaires .....	6
Les indicateurs de réalisation .....	11
Travailler avec les résultats d'apprentissage spécifiques .....	12
L'évaluation .....	14
Engagement des élèves dans le processus d'évaluation .....	15
La pédagogie à l'école de langue française (PELF) .....	17
Sensibilisation à la diversité .....	19
La différenciation .....	21
<b>L'orientation de l'enseignement des sciences</b> .....	22
Apprentissage et enseignement des sciences .....	22
Les trois démarches de la culture scientifique .....	23
Domaine affectif .....	23
Des buts pour les élèves .....	24
Le processus de la résolution de problèmes STIAM .....	24
<b>Les composantes pédagogiques du programme</b> .....	27
Présentation du programme .....	27
Les thèmes .....	28
Le rôle des parents .....	33
Le choix de carrières .....	33
<b>B – Résultats d'apprentissage et indicateurs de réalisation</b> .....	35
<b>C – Plan d'enseignement</b> .....	54
<b>Thème 1 La chimie quantique:</b> .....	56
Notion A : La modélisation atomique .....	57
Notion B : La modélisation moléculaire .....	59
Notion C : La polarité .....	61
<b>Thème 2 La thermochimie:</b> .....	63
Notion A : La thermochimie .....	64
Notion B : Les variations thermiques dans les transformations physiques .....	66
Notion C : Les variations thermiques dans les transformations chimiques .....	68

<b>Thème 3 L'équilibre chimique:</b> .....	70
Notion A : La vitesse de réaction .....	71
Notion B : L'équilibre chimique .....	73
Notion C : Appliquer le concept d'équilibre aux solutions aqueuses .....	75
<b>Thème 4 Les acides et les bases :</b> .....	77
Notion A : La classification des acides et des bases.....	78
Notion B : Le concept d'équilibre acidobasique .....	80
Notion C : Évaluer l'équilibre acidobasique.....	82
<b>Thème 5 Les connaissances procédurales:</b> .....	84
Notion A : La sécurité au laboratoire .....	85
Notion B : La collecte et l'analyse des données .....	87
Notion C : L'incertitude .....	89
Notion D : L'argumentation .....	92
Notion E : Les enquêtes scientifiques .....	94
<b>D - Annexes:</b> .....	96
Annexe A : Exemple d'un plan d'enseignement.....	97
Annexe B : Tableau de spécifications .....	98
Annexe C : La démarche scientifique.....	99
Annexe D : Le modèle d'enquête .....	101
Annexe E : Les stratégies de littératie qui soutiennent l'apprentissage des sciences ....	102
Annexe F : Références .....	103



**-A-**

## **Contexte et fondement**



## ORIENTATIONS DE L'ÉDUCATION PUBLIQUE À L'Î. -P.-É.

### Vision

La vision représente les plus hautes aspirations de notre organisation quant à l'impact de notre travail sur la société. La vision du ministère de l'Éducation et de l'Apprentissage continu est :

**Un système d'éducation et de développement préscolaire qui permet à tous les élèves et enfants de prospérer, de réussir et de se réaliser pleinement en tant que citoyen à part entière.**

### Mandat

Le mandat exprime notre rôle en tant qu'organisation au sein du ministère de l'Éducation et de l'Apprentissage continu. En plus du travail qui s'effectue au sein du ministère, nous collaborons avec des individus, des groupes et des organisations de l'extérieur du ministère pour la réussite des enfants et des élèves. Le mandat du ministère de l'Éducation et de l'apprentissage continu est :

**Fournir du leadership, des directives, des ressources et des services pour l'éducation et le développement de la petite enfance.**

### Valeurs

Nos valeurs guident la façon dont les membres du personnel du ministère de l'Éducation et de l'Apprentissage continu travaillent les uns avec les autres, avec des partenaires externes et avec les personnes que nous servons. Nos valeurs comprennent :

**Reddition de comptes** - Le ministère de l'Éducation et de l'Apprentissage continu est responsable du travail qu'il accomplit et de ses répercussions sur la réussite des enfants et des élèves.

**Excellence** - Le ministère de l'Éducation et de l'Apprentissage continu devrait offrir le meilleur niveau de service aux personnes qui ont recours à ses services.

**Apprentissage** – L'appréciation de l'apprentissage et la croyance qu'il est le fondement de la croissance et de la réussite.

**Respect** - Respecter chaque personne et le rôle qu'elle joue à l'appui de l'éducation et de l'apprentissage continu.

**Buts**

Les buts du ministère de l'Éducation et de l'Apprentissage continu sont les facteurs critiques de succès à la réalisation de la vision du ministère d'un système d'éducation, de développement préscolaire et de la culture qui permet à tous les enfants et les élèves d'acquérir les compétences nécessaires pour prospérer, s'épanouir et réussir en tant que citoyens à part entière. Les objectifs du Ministère sont les enjeux qui doivent être relevés avec succès afin de répondre aux buts du ministère.

**1. Prestation de services et de ressources de haute qualité pour la réussite des enfants et des élèves**

- Offrir des services et des ressources pour améliorer le rendement
- Offrir des services et des ressources pour soutenir le mieux-être des enfants et des élèves
- Offrir des services et des ressources pour appuyer les éducateurs
- Élaborer des programmes de haute qualité
- Élaborer et administrer des évaluations communes provinciales de grande qualité

**2. Pratiques efficaces de communication et de collaboration**

- Communiquer et collaborer efficacement au sein du ministère
- Communiquer et collaborer efficacement avec les partenaires et avec le public

**3. Amélioration de l'efficacité organisationnelle et de la responsabilisation au sein du Ministère et avec les partenaires extérieurs**

- Élaborer et mettre en œuvre un cadre de responsabilisation
- Gérer efficacement les ressources du ministère
- Soutenir le personnel du ministère

## COMPOSANTES PÉDAGOGIQUES

### Les résultats d'apprentissage<sup>1</sup>

L'orientation de l'enseignement se cristallise autour de la notion de **résultat d'apprentissage**.

Les **résultats d'apprentissage** définissent ce que l'élève est censé savoir et pouvoir faire à la fin de son niveau scolaire ou au terme de ses études secondaires. À ce titre, tous les résultats d'apprentissage d'un programme d'études doivent être atteints.

Les résultats d'apprentissage spécifiques sont précisés à chaque niveau scolaire, de la maternelle à la 12<sup>e</sup> année.

Le programme d'études est divisé en **quatre** types de résultats d'apprentissage :

Les compétences transdisciplinaires (CT)	Les résultats d'apprentissage généraux (RAG)	Les résultats d'apprentissage spécifiques (RAS)	Les indicateurs de réalisation
Ils énoncent les apprentissages que l'on retrouve dans toutes les matières et qui sont attendus de tous les élèves à la fin de leurs études secondaires.	Ils décrivent les attentes générales communes à chaque niveau, de la maternelle à la 12 <sup>e</sup> année, dans chaque domaine.	Il s'agit d'énoncés précis décrivant les habiletés spécifiques, les connaissances et la compréhension que les élèves devraient avoir acquises à la fin de chaque niveau scolaire.	Exemples de façons dont les élèves pourraient avoir à faire la preuve de l'atteinte d'un résultat d'apprentissage donné.

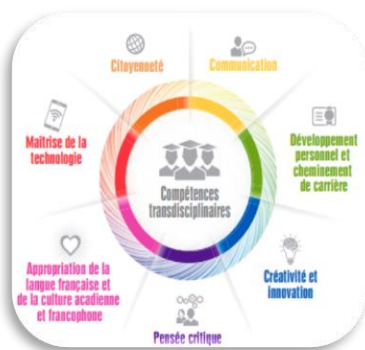
La gradation du niveau de difficulté des résultats d'apprentissage spécifiques d'une année à l'autre permettra à l'élève de bâtir progressivement ses connaissances, ses habiletés, ses stratégies et ses attitudes.

Pour que l'élève puisse atteindre un résultat spécifique à un niveau donné, il faut qu'au cours des années antérieures et subséquentes les habiletés, les connaissances, les stratégies et les attitudes fassent l'objet d'un enseignement et d'un réinvestissement graduels et continus.

La présentation des résultats d'apprentissage par année, qui est conforme à la structure établie dans ce document, ne constitue pas une séquence d'enseignement suggérée. On s'attend à ce que les enseignants définissent eux-mêmes l'ordre dans lequel les résultats d'apprentissage seront abordés. Bien que certains résultats d'apprentissage doivent être atteints avant d'autres, une grande souplesse existe en matière d'organisation du programme.

<sup>1</sup>Adapté de la Nouvelle-Écosse. Programme de français M-8, p. 3-4.

## Les compétences transdisciplinaires<sup>2</sup>



Les compétences transdisciplinaires définissent l'ensemble interdépendant d'attitudes, d'habiletés et de connaissances que les apprenants doivent posséder pour participer activement à l'apprentissage continu et réussir les transitions vie-travail. Elles s'appliquent à toutes les disciplines. Les programmes et les cours, décrits au moyen de résultats d'apprentissage généraux et spécifiques, fournissent le contexte dans lequel ces compétences seront développées au fil des ans.

Les compétences transdisciplinaires sont un cadre pour l'élaboration des programmes et des cours. Le développement prévu dans ce cadre fait en sorte que les résultats d'apprentissage s'alignent avec les compétences et donne des occasions d'apprentissage interdisciplinaires.

*Les compétences transdisciplinaires suivantes forment le profil de formation des finissants de langue française au Canada atlantique*



## Appropriation de la langue française et de la culture acadienne et francophone

Les élèves devraient reconnaître la contribution historique et contemporaine du peuple acadien et Canadiens francophones à notre société. Ils s'approprient des référents culturels qui leur permettent développer leur propre identité. Ils sont compétents et autonomes face à la langue et s'expriment en français ainsi que par leur culture, dans le respect et la valorisation de la diversité qui les entoure. Ils sont conscients des forces et des défis liés au vécu en milieu minoritaire et peuvent ainsi faire des choix linguistiques sociaux quotidiens éclairés qui les incitent à s'engager auprès de leur communauté ou à l'échelle locale, nationale et mondiale. Ils contribuent ainsi à la vitalité et à la durabilité de leur communauté et de la francophonie canadienne.

Les élèves devraient être en mesure :

- de vivre des rapports positifs face à la langue française;
- de s'exprimer couramment à l'oral et à l'écrit en français, en plus de manifester le goût de communiquer dans cette langue;
- d'accéder à de l'information en français provenant de divers médias et de la traiter;
- de développer des sentiments de compétence, d'autonomie et d'appartenance par rapport à la langue française;
- de s'approprier des éléments de la culture acadienne et francophone ancestrale et contemporaine par l'intermédiaire de repères culturels et d'interactions avec les membres de la communauté acadienne et francophone;
- d'être créateurs de culture acadienne et francophone;
- de participer activement à la vie de leur communauté acadienne et francophone et de s'y engager;
- d'exercer un esprit critique face à la réalité qui les entoure et aux rapports de force particuliers vécus en milieu minoritaire.



## Citoyenneté

Les élèves devraient contribuer à la qualité et à la durabilité de leur environnement, de leur communauté et de la société. Ils analysent des enjeux culturels, économiques, environnementaux, politiques et sociaux, et prennent des décisions éclairées, font preuve d'esprit d'analyse, résolvent des problèmes et agissent en tant que personnes responsables dans un contexte local, national et mondial.

Les élèves devraient être en mesure :

- de reconnaître les principes et les actions des citoyens dans une société juste, pluraliste et démocratique;
- de démontrer la disposition et les habiletés nécessaires à une citoyenneté efficace;
- d'analyser et de prendre en considération les conséquences possibles des décisions prises, des jugements portés et des solutions adoptées;
- de reconnaître l'influence de la société sur leur vie, leurs choix et ceux des citoyens en général;
- de reconnaître l'influence de leurs choix quotidiens sur les autres, et ce, à l'échelle locale, nationale et mondiale;
- de faire des choix éclairés et responsables, visant la justice et l'équité pour tous et la pérennité de la planète;
- de connaître les institutions à l'échelle locale, nationale et mondiale;
- de participer à des activités civiques qui appuient la diversité et la cohésion sociales et culturelles;
- de participer à la vie de leur communauté et de s'y engager afin d'en assurer la vitalité et la durabilité;
- de faire valoir leurs droits et d'assumer leurs responsabilités;
- d'être ouvert d'esprit afin de promouvoir et protéger les droits humains et l'équité;
- de saisir la complexité et l'interdépendance des facteurs en analysant des enjeux;
- de se prononcer sur des situations qui constituent des débats de société et d'y porter un regard critique et autonome;
- de démontrer une compréhension du développement durable;
- d'apprécier leur identité et leur patrimoine culturel et la contribution des différentes cultures à la société;
- d'imaginer des possibilités d'action et de les mettre en œuvre.

---

<sup>2</sup> Tiré du document CAMEF. *Le cadre des compétences transdisciplinaires*. 2015.



## Communication

Les élèves devraient pouvoir faire des interprétations et s'exprimer efficacement à l'aide de divers médias. Ils participent à un dialogue critique, écoutent, lisent, regardent et créent à des fins d'information, d'enrichissement et de plaisir.

Les élèves devraient être en mesure :

- d'écouter et d'interagir de façon consciente et respectueuse dans des contextes officiels et informels;
- de participer à un dialogue constructif et critique;
- de comprendre des pensées, des idées et des émotions présentées par de multiples formes de médias, de les interpréter et d'y réagir;
- d'exprimer des idées, de l'information, des apprentissages, des perceptions et des sentiments par diverses formes de médias en tenant compte de la situation de communication;
- d'évaluer l'efficacité de la communication et de faire une réflexion critique sur le but visé, le public et le choix du média;
- d'analyser les répercussions des technologies de l'information et des communications sur l'équité sociale;
- de démontrer un niveau de compétence de l'autre langue officielle du Canada.



## Créativité et innovation

Les élèves devraient se montrer ouverts aux nouvelles expériences, participer à des processus créatifs, faire des liens imprévus et générer des idées, des techniques et des produits nouveaux. Ils apprécient l'expression esthétique ainsi que le travail créatif et novateur des autres.

Les élèves devraient être en mesure :

- de recueillir des renseignements à l'aide de tous les sens afin d'imaginer, de créer et d'innover;
- de développer et d'appliquer leur créativité pour communiquer des idées, des perceptions et des sentiments;
- de prendre des risques réfléchis, d'accepter la critique, de réfléchir et d'apprendre par essais et erreurs;
- de penser de façon divergente et d'assumer la complexité et l'ambiguïté;
- de reconnaître que les processus de création sont essentiels à l'innovation;
- d'utiliser des techniques de création pour générer des innovations;
- de collaborer afin de créer et d'innover;
- de faire une réflexion critique sur les travaux et les processus de création et d'innovation;
- d'apprécier la contribution de la créativité et de l'innovation au bien-être social et économique.





## Développement personnel et cheminement de carrière

Les élèves devraient analyser et évaluer des éléments de preuve, des arguments et des idées à l'aide de divers types de raisonnement afin de se renseigner, de prendre des décisions et de résoudre des problèmes. Ils se livrent à une réflexion critique sur les processus cognitifs.

Les élèves devraient être en mesure :

- de faire des liens entre l'apprentissage, d'une part, et le développement personnel et le cheminement de carrière, d'autre part;
- de démontrer des comportements qui contribuent à leur bien-être et à celui des autres;
- de bâtir des relations personnelles et professionnelles saines;
- de se connaître comme personne et comme élève et d'utiliser les stratégies qui leur correspondent le mieux afin de se sentir autonome et compétent dans leur vie personnelle et leur cheminement de carrière;
- d'acquérir des habiletés et des habitudes propices à leur bien-être physique, spirituel, mental et émotif;
- d'élaborer des stratégies pour gérer l'équilibre entre leur vie professionnelle et personnelle;
- de créer et de mettre en œuvre un plan personnel, d'études, de carrière et financier pour réussir les transitions et atteindre leurs objectifs d'études et de carrière;
- de montrer qu'ils sont prêts à apprendre et à travailler d'une manière individuelle, coopérative et collaborative dans divers milieux dynamiques et en évolution;
- de montrer qu'ils ont la capacité à répondre et à s'adapter efficacement à des situations nouvelles (résilience).



## Maîtrise de la technologie

Les élèves devraient utiliser et appliquer la technologie afin de collaborer, de communiquer, de créer, d'innover et de résoudre des problèmes tout en adoptant les comportements d'un citoyen numérique actif et éclairé.

Les élèves devraient être en mesure :

- de reconnaître que la technologie englobe une gamme d'outils et de contextes d'apprentissage;
- d'utiliser la technologie et d'interagir avec elle afin de créer de nouvelles connaissances;
- d'appliquer la technologie numérique afin de recueillir, de filtrer, d'organiser, d'évaluer, d'utiliser, d'adapter, de créer et d'échanger de l'information;
- de choisir et d'utiliser la technologie pour créer et innover, et pour communiquer, collaborer et s'ouvrir sur le monde;
- d'analyser l'influence de la technologie sur la société et son évolution, et l'influence de la société sur la technologie et son évolution;
- d'adopter, d'adapter et d'appliquer la technologie de façon efficace et productive;
- d'utiliser la technologie de manière sécuritaire, en toute légalité et de façon responsable;
- d'utiliser diverses technologies pour réseauter avec d'autres francophones et contribuer à la vitalité et à la pérennité de leur communauté et de la francophonie canadienne.



## Pensée critique

Les élèves devraient analyser et évaluer des éléments de preuve, des arguments et des idées à l'aide de divers types de raisonnement afin de se renseigner, de prendre des décisions et de résoudre des problèmes. Ils se livrent à une réflexion critique sur les processus cognitifs.

Les élèves devraient être en mesure :

- d'utiliser des aptitudes à la pensée critique pour se renseigner, prendre des décisions et résoudre des problèmes;
- de reconnaître le caractère réfléchi de la pensée critique;
- de faire preuve de curiosité, de créativité, de flexibilité, de persévérance, d'ouverture d'esprit, d'équité, de tolérance à l'ambiguïté et de retenue de jugement, et de poser des questions efficaces qui appuient la recherche de renseignements, la prise de décisions et la résolution de problèmes;
- d'acquérir, d'interpréter et de synthétiser les renseignements pertinents et fiables de diverses sources;
- d'analyser et d'évaluer des éléments de preuve, des arguments et des idées;
- de travailler de façon individuelle et collaborative pour utiliser divers types de raisonnement et diverses stratégies, tirer des conclusions, prendre des décisions et résoudre des problèmes à partir d'éléments de preuve;
- de faire une réflexion critique sur les processus de pensée utilisés et de reconnaître des hypothèses;
- de communiquer efficacement des idées, des conclusions, des décisions et des solutions;
- d'apprécier les idées et les contributions des autres qui ont des points de vue divers; de remettre en question ce qui influence leur vie afin de faire des choix linguistiques, culturels et sociaux éclairés.

**Les indicateurs de réalisation<sup>3</sup>**

Les **indicateurs de réalisation** sont des exemples de façons dont les élèves peuvent prouver l'atteinte d'un résultat d'apprentissage.

En d'autres mots les indicateurs de réalisation fournis dans un programme d'études à l'égard d'un résultat d'apprentissage donné :

- ❖ **ne constituent pas une liste de contrôle ou de priorités applicable aux activités pédagogiques ou aux éléments d'évaluation obligatoires;**
- ❖ précisent l'intention du résultat d'apprentissage;
- ❖ situent le résultat d'apprentissage dans un contexte de connaissance et d'habileté;
- ❖ définissent le niveau et la nature des connaissances recherchées pour le résultat d'apprentissage.

Au moment de planifier leur cours, les enseignants doivent bien connaître l'ensemble des indicateurs de réalisation de manière à bien comprendre le résultat d'apprentissage. Ils peuvent aussi élaborer leurs propres indicateurs pour satisfaire aux besoins des élèves. Ces indicateurs doivent respecter le résultat d'apprentissage.

Exemple provenant du programme d'études de mathématiques 8<sup>e</sup> année :

RAG : L'élève pourra recueillir, présenter et analyser des données afin de résoudre des problèmes.

RAS : SP1 – Critiquer les façons dont les données sont présentées.

Indicateurs de réalisation :

<sup>3</sup> Tiré du programme d'études de la Saskatchewan, *La mise à jour des programmes expliquée – Comprendre les résultats d'apprentissage*. 2010.

## Travailler avec les RAS

L'élaboration des RAS est basée sur la taxonomie de Bloom. Celle-ci:

- ❖ apporte un langage commun à la conception des attentes d'apprentissage qui facilite la communication entre professionnels;
- ❖ assure l'harmonisation entre l'enseignement, l'apprentissage et l'évaluation;
- ❖ permet d'établir un continuum dans l'acquisition de connaissances et dans le développement d'habiletés cognitives de plus en plus complexes.

Dimension des processus cognitifs					
Mémorisation (plus bas niveau de savoir)	Compréhension	Application	Analyse	Évaluation	Création (plus haut niveau de savoir)
<i>Faire appel aux connaissances antérieures.</i>	<i>Déterminer le sens de messages oraux, écrits ou graphiques.</i>	<i>Suivre une procédure pour exécuter une tâche.</i>	<i>Désassembler un tout et déterminer comment ses éléments sont liés les uns aux autres.</i>	<i>Porter un jugement en utilisant des critères et des normes.</i>	<i>Assembler des éléments pour en faire un tout cohérent ou fonctionnel selon un nouveau modèle ou une nouvelle structure.</i>
verbes comme :  arranger, définir, dupliquer, étiqueter, faire une liste, mémoriser, nommer, ordonner, identifier, relier, rappeler, répéter, reproduire	verbes comme :  classifier, décrire, discuter, expliquer, exprimer, identifier, indiquer, situer, reconnaitre, rapporter, reformuler, réviser, choisir, traduire	verbes comme :  appliquer, choisir, démontrer, employer, illustrer, interpréter, pratiquer, planifier, schématiser, résoudre, utiliser, écrire	verbes comme :  analyser, estimer, calculer, catégoriser, comparer, contraster, critiquer, différencier, discriminer, distinguer, examiner, expérimenter, questionner, tester, cerner	verbes comme :  arranger, argumenter, évaluer, rattacher, choisir, comparer, justifier, estimer, juger, prédire, chiffrer, élaguer, sélectionner, supporter	verbes comme :  arranger, assembler, collecter, composer, construire, créer, concevoir, développer, formuler, gérer, organiser, planifier, préparer, proposer, installer, écrire

Taxonomie révisée de Bloom (Anderson et Krathwohl, 2011, pp. 67-68)

En plus, les résultats d'apprentissage cherchent à amener les élèves à acquérir un ensemble de connaissances **factuelles**, **conceptuelles**, **procédurales** et **métacognitives**. La dimension des connaissances ajoutée au tableau de spécifications indique le genre d'information ciblé.

Afin de mieux comprendre un RAS, il est important de comprendre comment l'apprentissage est représentatif de la **dimension des processus cognitifs** et de la **dimension des connaissances**.

\* À l'Île-du-Prince-Édouard, on regroupe les 6 dimensions des processus cognitifs de Bloom en 3 niveaux.

Dimension des connaissances	Dimension des processus cognitifs		
	NIVEAU 1 Mémoriser et comprendre	NIVEAU 2 Appliquer et analyser	NIVEAU 3 Évaluer et créer
<b>Factuelles</b> (faits, termes, détails, ou éléments essentiels)	<b>TE1</b> Décrire les caractéristiques générales de l'hydrosphère.	<b>UV4</b> Décrire les modes de reproduction chez les animaux et les végétaux.	
<b>Conceptuelles</b> (principes, généralisations, théories, modèles)		<b>UT2</b> Analyser les types de mouvements d'un objet technique ainsi que les effets des forces agissants à l'intérieur de celui-ci.	
<b>Procédurales</b> (méthodes d'enquête, habiletés, techniques, stratégies)		<b>UM3</b> Séparer des mélanges en employant une variété de techniques.	<b>UT5</b> Évaluer un prototype ou un objet technique à l'aide du cahier des charges.
<b>Métacognitives</b> (conscience de sa réflexion et de ses processus propres)			

L'exemple des RAS ci-dessus provient du programme d'études de Sciences 7 (2016).

### *Les deux dimensions essentielles de l'apprentissage*

Dans le tableau de spécifications, les verbes utilisés dans la formulation des RAS déterminent ainsi la dimension des processus cognitifs tandis que les noms situent les RAS dans la dimension des connaissances.

Dans ce contexte, l'enseignant est amené à équilibrer sa planification et son évaluation en utilisant les tableaux de spécifications incluse dans chaque programme d'études.

L'évaluation fait partie intégrante du processus d'apprentissage et d'instruction. Son but principal est d'améliorer et de guider le

**L'évaluation**

processus d'apprentissage. Le ministère croit que le rôle de l'évaluation est avant tout de rehausser la qualité de l'enseignement et d'améliorer l'apprentissage des élèves.

L'évaluation doit être planifiée en fonction de ses buts. L'évaluation au service de l'apprentissage, l'évaluation en tant qu'apprentissage et l'évaluation de l'apprentissage ont chacune un rôle à jouer dans le soutien et l'amélioration de l'apprentissage des élèves. La partie la plus importante de l'évaluation est la façon dont on interprète et on utilise les renseignements recueillis pour le but visé.

***L'évaluation vise divers buts :******L'évaluation au service de l'apprentissage (diagnostique)***

L'évaluation au service de l'apprentissage recueille des données sur l'apprentissage dans le but de guider l'instruction, l'évaluation et la communication des progrès et des résultats obtenus. Elle met en relief ce que les élèves savent, sont en mesure de faire et d'explicitier par rapport au programme d'études.

***L'évaluation en tant qu'apprentissage (formative)***

Cette évaluation permet aux élèves de prendre conscience de leurs méthodes d'apprentissage (métacognition), et d'en profiter pour ajuster et faire progresser leurs apprentissages en assumant une responsabilité accrue à leur égard.

***L'évaluation de l'apprentissage (sommativ)***

L'évaluation de l'apprentissage est faite à la fin de la période désignée d'apprentissage. Elle sert, en combinaison avec les données recueillies par l'évaluation au service de l'apprentissage, à déterminer l'apprentissage réalisé.

L'évaluation est intimement liée aux programmes d'études et à l'enseignement. En même temps que les enseignants et les élèves travaillent en vue d'atteindre les résultats d'apprentissage des programmes d'études, l'évaluation joue un rôle essentiel en fournissant des renseignements utiles pour guider l'enseignement, pour aider les élèves à atteindre les prochaines étapes, et pour vérifier les progrès et les réalisations. Pour l'évaluation en classe, les enseignants recourent à toutes sortes de stratégies et d'outils différents, et ils les adaptent de façon à ce qu'ils répondent au but visé et aux besoins individuels des élèves.

L'atteinte des *compétences transdisciplinaires* sera mesurée par l'évaluation au service de l'apprentissage et l'évaluation de l'apprentissage des résultats d'apprentissage élaborés pour chaque cours et programme.

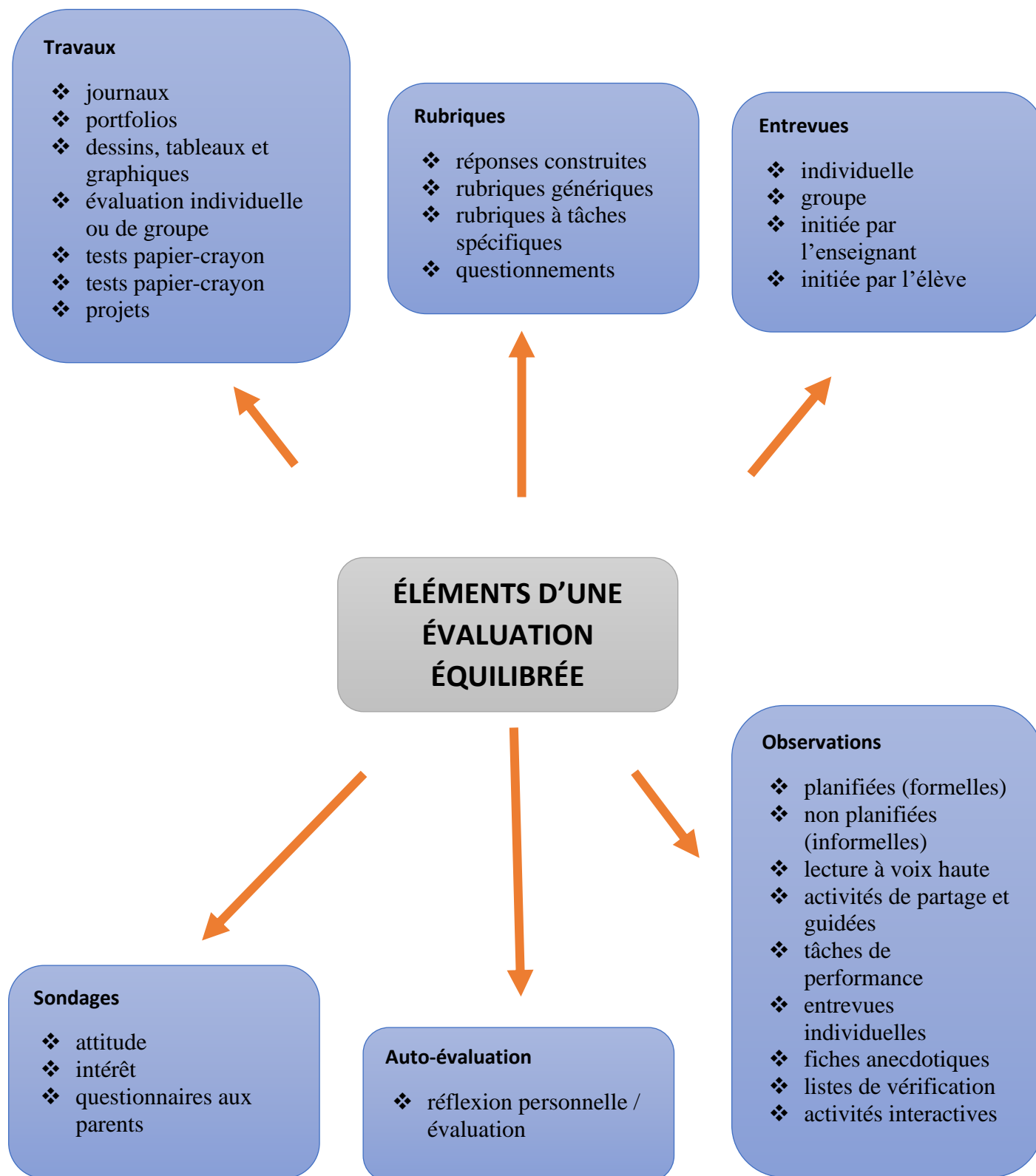
Les recherches et l'expérience démontrent que l'apprentissage de l'élève est meilleur quand :

- ❖ l'enseignement et l'évaluation sont basés sur des buts d'apprentissage clairs;
- ❖ l'enseignement et l'évaluation sont différenciés en fonction des besoins des élèves;
- ❖ les élèves participent au processus d'apprentissage (ils comprennent les buts de l'apprentissage et les critères caractérisant un travail de bonne qualité, reçoivent et mettent à profit les rétroactions descriptives, et travaillent pour ajuster leur performance);
- ❖ l'information recueillie au moyen de l'évaluation est utilisée pour prendre des décisions favorisant l'apprentissage continu;
- ❖ les parents sont bien informés des apprentissages de leur enfant et travaillent avec l'école pour planifier et apporter le soutien nécessaire.

**Engagement des élèves dans le processus d'évaluation**

La participation des élèves au processus d'évaluation peut être réalisée de différentes façons :

- ❖ En s'assurant d'exploiter les intérêts des élèves lors des tâches d'évaluation (p.ex., permettre aux élèves de choisir eux-mêmes des textes lors d'évaluation de compétences en lecture);
- ❖ En présentant aux élèves des occasions de s'autoévaluer;
- ❖ En appliquant le processus de co-construction des critères d'évaluation avec les élèves pour déterminer la qualité d'une habileté ou l'aboutissement de plusieurs habiletés;
- ❖ En utilisant des travaux produits par les élèves (p.ex., copies-types dans un continuum) pour illustrer l'étendue du développement des habiletés;
- ❖ En adoptant un langage positif et transparent pour décrire ce que l'élève est capable de faire peu importe le niveau qu'il atteint (p.ex., « L'élève produit et reconnaît un ensemble de mots et de phrases appris par cœur » au lieu de « L'élève ne peut produire que des énumérations de mots et des énoncés tout faits. »).





**La pédagogie à l'école de langue française (PELF)**

La PELF est un concept adapté au contexte francophone minoritaire et fonde les interventions qu'elle propose sur deux conditions essentielles et sur quatre concepts clés interreliés.

**Conditions essentielles**

Deux conditions sont essentielles pour vivre une pédagogie propre à l'école de langue française. Ce sont ces conditions qui serviront de canevas pour intégrer les quatre concepts clés de la PELF.

Les **relations interpersonnelles** saines : *Le climat de la salle de classe doit témoigner de saines relations interpersonnelles entre le personnel enseignant et les élèves.*

Le **partage de l'influence** sur les apprentissages : *Les élèves et le personnel enseignant ont une influence partagée sur le déroulement des apprentissages et ont un sentiment d'autonomie dans les tâches qu'ils effectuent.*

**Concepts clés**

Quatre concepts permettent au personnel enseignant et aux élèves de vivre une pédagogie qui tient compte de la réalité d'un contexte minoritaire. Ces concepts sont interreliés et complémentaires.

**L'actualisation** : *Les élèves et le personnel enseignant enrichissent leur bagage linguistique et culturel par une exploration commune de la francophonie dans une perspective contemporaine et actuelle.*

**La conscientisation** : *Les élèves et le personnel enseignant prennent conscience des enjeux de la francophonie et agissent sur leurs réalités.*

**La dynamisation** : *Les élèves et le personnel enseignant stimulent leur confiance langagière et culturelle, et leur motivation à s'engager dans la francophonie.*

**La sensification** : *Les élèves et le personnel enseignant vivent des apprentissages contextualisés qui donnent du sens à ce qu'ils vivent par rapport à la francophonie.*



Lorsque le personnel enseignant en contexte francophone minoritaire instaure un climat de classe basé sur les conditions essentielles de la PELF et applique les concepts clés de cette pédagogie, les élèves ont la chance de développer une relation saine avec la langue française et avec la communauté francophone. Ils ont le goût de prendre leur place dans cette communauté et, par un questionnement critique qui mène à l'action, ils sont motivés à assumer leur parcours dans la francophonie en toute autonomie.

De plus, lorsque le personnel enseignant applique les rudiments de la PELF dans sa classe, l'élève comprend que l'enseignement tient compte de sa perspective et lui offre l'occasion de bien saisir les enjeux sociaux reliés à la langue française et à sa diversité culturelle. L'élève est stimulé par le constat qu'il est tout à fait possible de développer son identité linguistique et culturelle et d'appuyer le développement de la francophonie de façon actuelle et moderne.

L'élève qui évolue dans une classe où la PELF est mise en pratique, construit son bagage linguistique et culturel en toute conscience de la diversité d'identités, d'accents et de référents culturels. Il apprend à connaître le monde en s'y négociant une place. Une telle expérience à l'école de langue française forme l'élève à s'engager comme citoyen responsable. Elle valorise l'élève dans son identité, nourrit son estime personnelle et l'appui dans sa réussite scolaire.

## **Sensibilisation à la diversité<sup>4</sup>**

La diversité est définie comme étant la présence d'une vaste gamme de qualités humaines et d'attributs dans un groupe, une organisation ou une société. Les dimensions de la diversité ont notamment trait à l'ascendance, à la culture, à l'origine ethnique, à l'identité sexuelle et à l'expression de l'identité sexuelle, à la langue, aux capacités physiques ou intellectuelles, à la race, à la religion, au sexe, à l'orientation sexuelle et au statut socioéconomique.

Un climat scolaire (milieu et relation d'apprentissage dans une école) est dit positif lorsque tous les membres de la communauté scolaire se sentent dans un milieu sécuritaire, inclusif et tolérant. De plus, ses membres ont le rôle de promouvoir des comportements et des interactions positives. Les principes de l'équité et de l'éducation inclusive sont intégrés dans un milieu d'apprentissage dans le but de contribuer à un climat scolaire positif et à une culture de respect mutuel.

De nombreux facteurs influent sur le développement scolaire et sociale de chaque enfant et les enseignants ont la responsabilité de valoriser l'identité de chacun dans leur pédagogie (planification, tâches, stratégies, évaluation, choix de mots) et d'assurer sa réussite. Au sein de cette communauté, élèves et enseignants, conscients de cette diversité, peuvent comprendre et s'exprimer sur des points de vue et des expériences variés et teintés de leurs traditions, de leurs valeurs, de leurs croyances et de leur individualité.

Voici quelques autres facteurs auxquels il est important de porter attention :

## **L'identité bilingue**

Pour l'élève à l'école de langue française, la langue française est à la fois un outil d'apprentissage, un mode d'interaction et un véhicule riche de culture.

Grâce à leur relation avec la langue française, les gens qui la parlent et les cultures francophones qu'il rencontre, l'élève prend conscience de l'apport culturel et linguistique de cette langue d'apprentissage à son développement personnel, académique et social. Grâce à ce processus, il reconnaît que la langue et la culture sont une valeur ajoutée à sa vie.

Au fur et à mesure que son identité se développe tout le long de sa vie, l'élève, au fil de ses apprentissages, découvre l'importance grandissante de la langue française sur son avenir. Ceci l'entraîne à modifier ses comportements, et à agir, à penser et à s'exprimer en fonction des idées et des perspectives divergentes qu'il développe.

---

<sup>4</sup> Les informations contenues dans cette section sont issues du document de l'Ontario intitulé Équité et éducation inclusive dans les écoles de l'Ontario, 2014.

Cette prise de conscience l'oblige à faire appel à des stratégies métacognitives et socioaffectives pour comprendre comment l'apprentissage de la langue française influence et transforme son identité. L'élève, se donnant le droit à l'exploration et à la prise de risques, s'engage dans cette transformation et trouve ainsi sa place unique dans le monde.

**La diversité culturelle**

L'ensemble des idées, des croyances, des valeurs, des connaissances, des langues et des mœurs d'un groupe de personnes qui ont un certain patrimoine historique en commun.

**La disparité sociale**

L'écart qui existe entre catégories sociales ou entre régions et qui crée une situation de déséquilibre.

**Les croyances et la religion**

La croyance est définie comme « un système reconnu et une confession de foi, comprenant à la fois des convictions et des observances ou un culte », qui est « sincère » et qui inclut les systèmes de croyance non-déistes. Les personnes qui n'appartiennent à aucune communauté religieuse ou qui ne pratiquent aucune religion spécifique sont également protégées.

**Le milieu familial**

L'environnement ou l'espace où évoluent les membres de la famille directe (père, mère, frère, sœur) et dans certain cas, la famille étendue (beaux-parents, belle-sœur, beau-frère, grands-parents habitant sous le même toit).

**L'orientation et l'identité sexuelle**

Le fait qu'une personne soit attirée sexuellement par une personne du même sexe, de l'autre sexe ou des deux sexes. L'identité sexuelle est la façon dont les personnes expriment leur identité sexuelle aux autres. L'expression de l'identité sexuelle d'une personne est souvent fondée sur un concept social du genre, qui découle soit de stéréotypes masculins, soit de stéréotypes féminins. Toutefois, certaines personnes, qui se perçoivent comme n'étant ni homme ni femme, mais une combinaison des deux genres, ou encore comme n'ayant pas de genre, choisissent d'exprimer leur identité au moyen de différents modèles de genres, unissant des formes d'expression masculines et féminines.

**Les besoins particuliers (physiques, émotionnelles)**

Les élèves à besoins particuliers (physiques ou émotionnels) regroupent une grande variété d'élèves qui rencontrent, de manière générale, des défis autres que la majorité des enfants du même âge quand ils sont dans une situation particulière ou qu'ils souffrent d'un handicap qui les empêche ou les gêne dans leurs apprentissages.<sup>5</sup>

---

<sup>5</sup> [http://www.cndp.fr/crdp-reims/fileadmin/documents/cddp10/Y\\_Kerjean\\_inclusion/Animation\\_BEP.pdf](http://www.cndp.fr/crdp-reims/fileadmin/documents/cddp10/Y_Kerjean_inclusion/Animation_BEP.pdf)

**La différenciation**

Puisque tous les apprenants ne progressent pas à la même vitesse, apprennent en même temps, possèdent le même répertoire de comportements ou les mêmes motivations pour atteindre les mêmes buts, les enseignants doivent être préparés aux exigences de classes hétérogènes et adapter les contextes d'apprentissage de manière à offrir du soutien et des défis à tous les élèves. Ils doivent utiliser avec souplesse le continuum des énoncés des RAS de manière à planifier des expériences d'apprentissage visant le succès de chacun des élèves. Pour ce faire, l'enseignant fait appel à un enseignement explicite s'appuyant sur des stratégies efficaces variées, ainsi que sur l'utilisation de ressources diversifiées pertinentes aux élèves, au contenu et au contexte. L'utilisation de pratiques d'évaluation diversifiées offre également aux élèves des moyens multiples et variés de démontrer leurs réalisations et de réussir.

Pour reconnaître et valoriser la diversité chez les élèves, les enseignants doivent envisager des façons :

- ❖ de donner l'exemple par des attitudes, des actions et un langage inclusif qui appuient tous les apprenants;
- ❖ d'établir un climat et de proposer des expériences d'apprentissage affirmant la dignité et la valeur de tous les apprenants de la classe;
- ❖ d'adapter l'organisation de la classe, les stratégies d'enseignement, les stratégies d'évaluation, le temps et les ressources d'apprentissage aux besoins des apprenants et de mettre à profit leurs points forts;
- ❖ de donner aux apprenants des occasions de travailler dans divers contextes d'apprentissage, y compris les regroupements de personnes aux aptitudes variées;
- ❖ de relever la diversité des styles d'apprentissage des élèves et d'y réagir;
- ❖ de mettre à profit les niveaux individuels de connaissances, de compétences et d'aptitudes des élèves;
- ❖ de concevoir des tâches d'apprentissage et d'évaluation qui misent sur les forces des apprenants;
- ❖ de veiller à ce que les apprenants utilisent leurs forces comme moyen de s'attaquer à leurs difficultés;
- ❖ d'utiliser les forces et les aptitudes des élèves pour stimuler et soutenir leur apprentissage;
- ❖ d'offrir des pistes d'apprentissage variées;
- ❖ de souligner la réussite des tâches d'apprentissage que les apprenants estimaient trop difficiles pour eux.

## L'ORIENTATION DE L'ENSEIGNEMENT DES SCIENCES

### **Apprentissage et enseignement des sciences**

Ce que les élèves apprennent est fondamentalement relié à leur manière d'apprendre. L'objectif d'une culture scientifique pour tous nécessite de repenser l'organisation de la classe, la communication et les stratégies d'enseignement. L'enseignant est un animateur-formateur dont voici les tâches principales :

- créer dans la classe un milieu propice à l'apprentissage et à l'enseignement des sciences;
- concevoir des expériences d'apprentissage efficaces qui aident les élèves à atteindre les résultats visés;
- stimuler et guider la discussion en classe de manière à soutenir l'apprentissage;
- découvrir les motivations, les intérêts, les capacités et les styles d'apprentissage des élèves et s'en inspirer pour améliorer l'apprentissage et l'enseignement;
- mesurer l'apprentissage des élèves, les tâches et les activités scientifiques et le milieu d'apprentissage en vue d'appuyer ses décisions en matière d'enseignement;
- puiser des stratégies d'enseignement dans un vaste répertoire.

Un apprentissage et un enseignement efficaces des sciences ont lieu dans une variété de situations. Les contextes et les stratégies d'enseignement doivent créer un environnement qui reflète une vision active et constructive du processus d'apprentissage. L'apprentissage se produit lorsqu'une personne donne un sens à de nouveaux renseignements et assimile ces renseignements, ce qui donne lieu à un nouveau savoir.

Faire naître une culture scientifique chez les élèves est fonction du genre de tâches qu'ils exécutent, du discours auquel ils participent et des contextes dans lesquels les activités ont lieu. En outre, de tels facteurs ont une incidence sur les dispositions des élèves pour les sciences. Par conséquent, pour créer une culture scientifique, il faut prêter attention à tous les aspects du programme d'études.

Les expériences d'apprentissage en sciences doivent être variées et donner aux élèves l'occasion de travailler seuls et en groupe et de discuter entre eux et avec l'enseignant. Il faut offrir des activités pratiques et théoriques qui permettent aux élèves de construire mentalement les phénomènes étudiés et d'évaluer les explications qu'on en donne. Les recherches et les évaluations des données permettent aux élèves de saisir la nature des sciences ainsi que la nature et l'étendue du savoir scientifique.

**Les trois démarches de la culture scientifique**

On considère qu'une personne a acquis une culture scientifique lorsqu'elle connaît les trois démarches de la culture scientifique et peut s'en servir. Ces trois démarches sont la recherche scientifique, la résolution de problèmes et la prise de décisions.

***Recherche scientifique :***

La recherche scientifique consiste à poser des questions et à chercher à expliquer les phénomènes. On s'entend généralement pour dire qu'il n'existe pas de « méthode scientifique », mais l'élève doit tout de même posséder certaines habiletés pour participer à l'activité scientifique. Certaines habiletés sont essentielles pour évoluer dans le domaine scientifique, notamment la formulation de questions, l'observation, la déduction, la prévision, la mesure, la formulation d'hypothèses, la classification, la conception d'expériences ainsi que la cueillette, l'analyse et l'interprétation de données. De telles activités permettent à l'élève de comprendre et de pratiquer l'élaboration de théories touchant les sciences et la nature des sciences.

***Résolution de problèmes :***

La deuxième démarche consiste à chercher des solutions à des problèmes humains. Il s'agit de proposer, de créer et d'essayer des prototypes, des produits et des techniques pour trouver la solution optimale à un problème donné.

***Prise de décisions :***

La prise de décisions, la troisième démarche, consiste à déterminer ce que nous, en tant que citoyens, devons faire dans un contexte donné ou en réaction à une situation quelconque. Les situations où il faut prendre une décision ont non seulement une importance en soi, mais elles fournissent souvent un contexte pertinent pour la recherche scientifique et la résolution de problèmes.

**Domaine affectif**

Sur le plan affectif, il est important que les élèves développent une attitude positive envers les matières qui leur sont enseignées, car cela aura un effet profond et marquant sur l'ensemble de leurs apprentissages. Les environnements qui offrent des chances de succès et favorisent le sentiment d'appartenance ainsi que la prise de risques contribuent au maintien de l'attitude positive des élèves et de leur confiance en eux-mêmes. Les élèves qui feront preuve d'une attitude positive envers les sciences seront vraisemblablement motivés et disposés à apprendre, à participer à des activités, à persévérer pour que leurs problèmes ne demeurent pas irrésolus, et à s'engager dans des pratiques réflexives.

Les enseignants, les élèves et les parents doivent comprendre la relation qui existe entre les domaines affectif et intellectuel, et ils doivent s'efforcer de miser sur les aspects affectifs de l'apprentissage qui contribuent au développement d'attitudes positives. Pour réussir, les élèves doivent apprendre à se fixer des objectifs réalisables et à s'autoévaluer au fur et à mesure qu'ils s'efforcent de réaliser ces objectifs.

L'aspiration au succès, à l'autonomie et au sens des responsabilités englobe plusieurs processus à plus ou moins long terme, et elle implique des retours réguliers sur les objectifs personnels fixés et sur l'évaluation de ces mêmes objectifs.

#### **Des buts pour les élèves**

Dans l'enseignement des sciences, les principaux buts sont de préparer les élèves à :

- communiquer et raisonner en termes scientifiques;
- apprécier et valoriser les sciences;
- établir des liens entre les sciences et leur utilisation;
- s'engager dans un processus d'apprentissage pour le reste de leur vie;
- devenir des adultes compétents en sciences et à mettre à profit leur compétence en sciences afin de contribuer à la société.

Les élèves qui ont atteint ces buts vont :

- afficher une attitude positive envers les sciences;
- entreprendre des travaux et des projets de sciences, et persévérer pour les mener à terme;
- contribuer à des discussions sur les sciences;
- faire preuve de curiosité.

#### **Le processus de résolution de problèmes STIAM**

L'acronyme STIAM renvoie aux domaines de la science, de la technologie, de l'ingénierie, des arts et des mathématiques. L'enseignement STIAM est une approche pédagogique ayant comme objectif d'aider les jeunes à se préparer à vivre, à apprendre et à contribuer à leur collectivité dans l'économie et la société de demain<sup>6</sup>, ainsi que de promouvoir la curiosité et de développer la logique et le sens de la collaboration. L'enseignement STIAM permet aux élèves d'intégrer l'apprentissage associé à ces cinq disciplines dans la résolution de problèmes significatifs. La résolution de problèmes est un processus qui implique de nombreuses étapes nécessitant des schémas de pensée flexible.

Le programme STIAM est une approche multidisciplinaire qui vise à favoriser la créativité chez les élèves ainsi qu'une participation importante de leur part dans la réalisation d'une série de projets de groupe, et ce non seulement en touchant aux matières enseignées à l'école, mais aussi en rendant ces projets plus pertinents, plus créatifs, plus intéressants et davantage axés sur la découverte.

---

<sup>6</sup> Tiré du cadre d'apprentissage des STIM de Canada 2067. Parlons Sciences 2017



Pour maximiser l'enseignement STIAM, il n'est pas nécessaire de cibler les cinq domaines en même temps lors d'une activité STIAM. De plus, le problème présenté ne devrait pas avoir une solution évidente ou viser un résultat d'apprentissage spécifique. Le problème devrait être ouvert et conçu de façon à ce que l'apprenant puisse prendre plus qu'un chemin pour trouver la solution. La résilience et la réflexion devraient également être encouragées tout au long du processus.

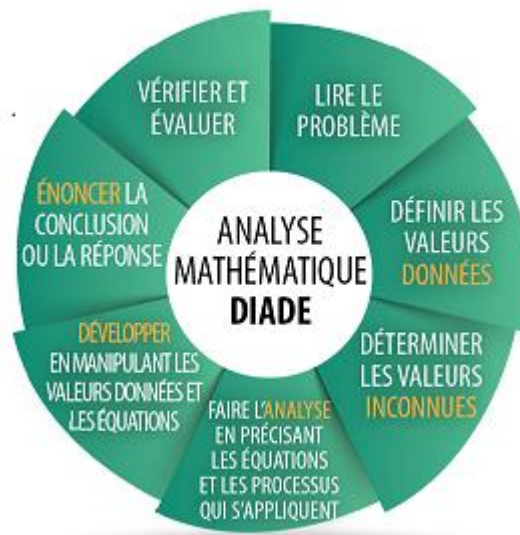
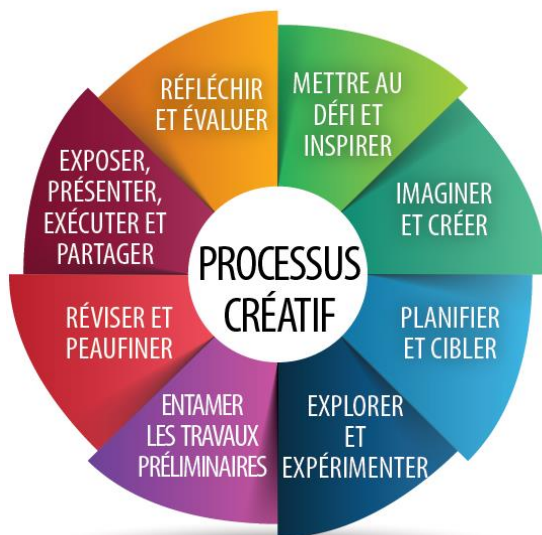
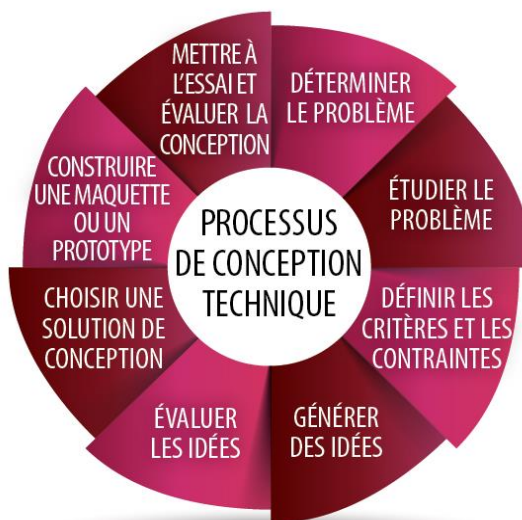
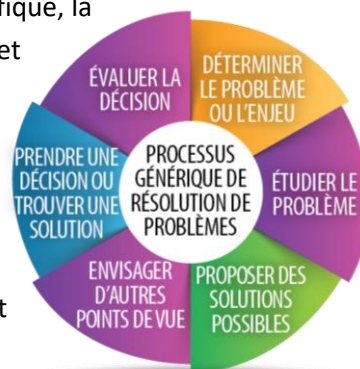
**Le tableau de résolution de problèmes STIAM <sup>7</sup>**



<i>La résolution de problèmes</i>	<b>S</b>	<b>T</b>	<b>I</b>	<b>A</b>	<b>M</b>
	<i>La science</i>	<i>La technologie</i>	<i>L'ingénierie</i>	<i>Les arts</i>	<i>Les mathématiques</i>
<b>La nature du problème</b>	Développer la compréhension du monde naturel	Développer des moyens d'étendre les capacités humaines	Répondre à un besoin ou à une préoccupation humaine	Exprimer et interpréter la perception humaine	Découvrir les relations mathématiques
<b>Le nom du processus</b>	L'enquête scientifique	La conception de la technologie	La conception technique	Le processus créatif	L'analyse mathématique
<b>La question initiale</b>	Qu'est-ce qui cause...?	Comment puis-je...?	Comment puis-je faire...?	Imagine que...	Quelle est la relation...?
<b>Les produits et les solutions</b>	Communications de nouveaux résultats	Produits numériques, processus	Structures, équipements, machines, procédés	Produits d'expression esthétique, processus	Solutions numériques, équations

<sup>7</sup> Tiré du site Web de la Commission Scolaire English Montréal.

Les processus de résolution de problèmes STIAM (c.-à-d. l'enquête scientifique, la conception de technologie et d'ingénierie, le processus de création et l'analyse mathématique) diffèrent dans la nature de la question et de la solution ou du produit. Cependant, tous sont basés sur le processus générique de résolution de problèmes. Tous sont des processus itératifs qui impliquent la réflexion, l'évaluation et la rétroaction. Tous exigent une réflexion analytique et créative. Les images ci-dessous comparent les processus de résolution de problèmes pour la science, l'ingénierie, l'art et les mathématiques <sup>8</sup>.



<sup>8</sup> Adopté du programme d'études (PEI science Gr.9) p. 29

## Présentation du programme

Le programme d'études de Chimie 621M présente le contenu d'apprentissage s'adressant aux élèves de douzième année. Ce document présente les résultats d'apprentissage généraux et spécifiques, les indicateurs de réalisation, les questions directrices pour aborder chaque RAS, les niveaux cognitifs, les dimensions des connaissances, les compétences transdisciplinaires ainsi que des pistes d'enseignement et d'évaluation suggérées pour chaque résultat d'apprentissage. Le programme, dans son ensemble, vise à développer la littératie scientifique chez tous les élèves :

*« Constituée d'un ensemble évolutif d'attitudes, d'habiletés et de connaissances en sciences, [la culture scientifique] permet à l'élève de développer ses aptitudes liées à la recherche scientifique, de résoudre des problèmes, de prendre des décisions, d'avoir le goût d'apprendre tout au long de sa vie et de maintenir un sens d'émerveillement du monde qui l'entoure. » (CMEC, Cadre commun des résultats d'apprentissage en sciences de la nature M à 12 : Protocole pancanadien pour la collaboration en matière de programmes scolaires, 1997, p. 4)*

Rappelons que l'acquisition de connaissances ne suffit pas à assurer la progression des apprentissages des élèves. Ils doivent également apprendre à les utiliser dans des contextes variés et de plus en plus complexes. C'est en mobilisant de façon appropriée les connaissances, les techniques et les stratégies précisées dans ce document qu'ils développeront les compétences visées par les programmes de science. L'exercice de ces compétences entraîne l'acquisition de nouvelles connaissances qui permettent à leur tour de pousser plus loin le développement des compétences.

Afin de chercher des réponses ou des solutions à des problèmes d'ordre scientifique et technologique, les élèves s'approprient des stratégies et des connaissances, tant conceptuelles que techniques, qui leur permettent de bien cerner un problème, de l'explorer et de justifier leurs choix méthodologiques et leurs résultats. De même, c'est en s'appuyant sur les concepts et les principes scientifiques ou technologiques appropriés qu'ils peuvent comprendre des phénomènes, expliquer le fonctionnement d'objets ou se forger une opinion, mettant ainsi à profit leurs connaissances scientifiques et technologiques. Enfin, pour être en mesure de communiquer à l'aide des langages utilisés en science et technologie, ils doivent acquérir et utiliser les connaissances qui leur permettront d'interpréter et de transmettre des messages en se servant des langages et des modes de représentation propres à ces disciplines.<sup>9</sup>

CHM621M offre aux élèves l'occasion de développer des connaissances scientifiques grâce à l'étude de la chimie quantique, la thermochimie, l'équilibre chimique et les acides et les bases. Ces sujets, ainsi que les connaissances procédurales, fournissent le contenu et le cadre de compétences qui seront utilisés pour impliquer les élèves dans les processus de la littératie scientifique (enquête, résolution de problèmes, prise de décision) et le développement continu des compétences transdisciplinaires.

---

<sup>9</sup> Tiré du document « Programme de formation de l'école québécoise – Progression des apprentissages ».

## Les thèmes

Dans ce programme d'études, les résultats d'apprentissage sont répartis en cinq thèmes : **la chimie quantique, la thermochimie, l'équilibre chimique, les acides et les bases et les connaissances procédurales.**

### La chimie quantique

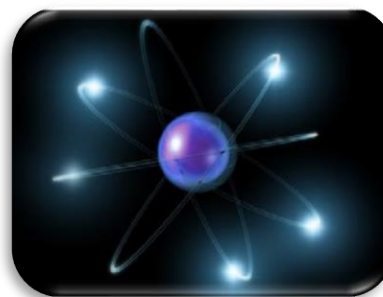
La chimie quantique est une branche de la chimie théorique qui applique la mécanique quantique aux systèmes moléculaires pour étudier les processus et les propriétés chimiques. Une application de la chimie quantique est d'utiliser la description du comportement électronique des atomes et des molécules pour expliquer leurs réactivités. Le modèle de mécanique quantique se concentre sur la probabilité que des électrons se trouvent dans les zones entourant le noyau de l'atome, qui s'appelle les orbitales.

Les théories de la chimie quantique nous permettent d'expliquer la structure du tableau périodique, et les calculs de chimie quantique nous permettent de prédire, avec précision, les structures des molécules et le comportement spectroscopique des atomes et des molécules.

En 12<sup>e</sup> année, grâce à leur étude de la chimie quantique, les élèves approfondiront leur compréhension de l'évolution des preuves scientifiques à mesure que de nouvelles preuves apparaissent et que les lois et les théories sont testées et par la suite restreintes, révisées ou remplacées. L'élève sera en mesure d'illustrer et d'expliquer les diverses forces qui maintiennent ensemble des structures au niveau moléculaire et d'établir des liens entre les propriétés de la matière et sa structure.

À l'étude en 12<sup>e</sup> année :

- La modélisation atomique
- La modélisation moléculaire
- La polarité



## La thermochimie

La thermochimie est la branche de la chimie physique qui permet de déterminer si une réaction est spontanée ou non spontanée. De plus, la thermochimie étudie les changements de chaleur qui accompagnent les réactions chimiques. Cette chaleur est soit absorbée, soit dégagée. En chimie, certaines réactions peuvent dégager de la chaleur, ces réactions sont appelées des réactions exothermiques. Par contre, il existe également certaines réactions qui absorbent de la chaleur et ces réactions s'appellent des réactions endothermiques. La thermochimie se concentre sur ces changements d'énergie, en particulier sur l'échange d'énergie du système avec son environnement. Les réactions chimiques étudiées en thermochimie sont considérées comme des systèmes. Tout le reste qui ne fait pas partie du système est considéré comme l'environnement. Cette définition comprend tout, du comptoir sur lequel se trouve le bécher aux planètes dans l'espace.

La thermochimie est un domaine d'étude très important, car ça a de nombreuses applications pratiques. Par exemple, nous cuisinons tous les jours pour nous-mêmes et cela a à voir avec la chaleur et la thermochimie. L'énergie et ses usages sont également importants pour la société. De nombreux appareils qui sont utilisés dans la vie quotidienne sont dus au transfert de chaleur. Par exemple, placer de la glace dans un verre d'eau, le brûlage de carburant pour un véhicule, les batteries, les réfrigérateurs, etc.

En 12<sup>e</sup> année, les élèves développeront une meilleure compréhension de la loi de la conservation de l'énergie en ce qui concerne les notions importantes de la thermochimie. Les élèves auront l'occasion d'explorer les changements d'énergie qui sont associés aux changements d'état, à la température et aux réactions chimiques.

À l'étude en 12<sup>e</sup> année :

- La thermochimie
- Les variations thermiques dans les transformations physiques
- Les variations thermiques dans les transformations chimiques



## L'équilibre chimique

Une réaction chimique est généralement écrite d'une manière qui suggère qu'elle se déroule dans une direction, la direction dans laquelle nous lisons, mais à un certain point, chaque réaction chimique est réversible, et la réaction directe et inverse se produit à un degré ou à un autre selon les conditions. Dans un système qui est à l'équilibre, les réactions directes et inverses se produisent à des vitesses égales et les concentrations de produits et de réactifs restent constantes.

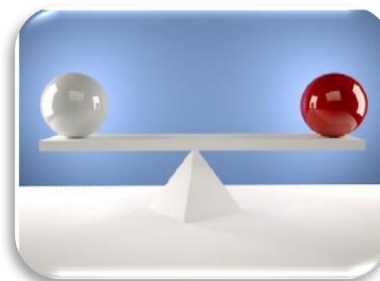
Un système est un ensemble de composants qui interagissent les uns avec les autres de sorte que l'effet global est bien supérieur à celle des composants individuels. Les limites d'un système sont déterminées par l'observateur et varient en échelle (c.-à-d., atomique, microscopique, macroscopique, et universel). Au sein des systèmes vivants et non vivants, des relations dynamiques se produisent qui impliquent des changements dans la matière et l'énergie. Un système dans lequel tous les processus de changement semblent s'être arrêtés, ou qui fait preuve de constance ou de stabilité, est dans un état « d'équilibre ». Lorsqu'ils sont en équilibre, les forces ou processus opposés s'équilibrent de manière statique ou dynamique. Cependant, une force extérieure ou un échange d'énergie/matière avec l'environnement amènera un système stable à s'éloigner de l'équilibre et à montrer un changement. Le changement dans les systèmes peut se produire sous forme de tendance constante, de manière cyclique, irrégulière ou selon n'importe quelle combinaison de ceux-ci. C'est le taux de changement qui intéresse souvent le plus les scientifiques, car le taux de changement peut avoir un impact plus important que le changement lui-même sur la stabilité d'un système. Les scientifiques utilisent des modèles comme outils qui facilitent la compréhension et l'évaluation des relations entre les variables dans les systèmes.

En 12<sup>e</sup> année, les élèves développeront une meilleure compréhension des principes de l'équilibre chimique en faisant des calculs de la solubilité molaire et le produit de solubilité, l'analyse des mécanismes réactionnels et les facteurs qui influencent la vitesse de réaction, ainsi que l'évaluation de l'équilibre chimique pour déterminer les concentrations, les constantes et prédire les changements.

Il est important que les élèves comprennent les méthodes utilisées par les chimistes pour décrire quantitativement la composition des systèmes chimiques à l'équilibre et comment divers facteurs tels que la température et la pression influencent l'équilibre d'un système. Les chimistes utilisent la notion de l'équilibre chimique pour mieux comprendre comment la pollution urbaine se forme, comment contrôler la composition des gaz émis par les automobiles et comment les polymères synthétiques, tels que le polyacrylonitrile utilisé dans les chandails et les tapis, sont produits à l'échelle industrielle.

À l'étude en 12<sup>e</sup> année :

- La solubilité molaire
- La vitesse de réaction
- L'équilibre chimique





## Les acides et les bases

En 1887, le chimiste suédois Svante Arrhenius a proposé deux classifications spécifiques de composés : acides et bases. Une fois dissous dans une solution aqueuse, certains ions ont été libérés dans la solution. Cette théorie stipule qu'un acide produit  $H^+$  en solution et qu'une base produit  $OH^-$ . Ce processus est représenté dans une équation chimique en ajoutant  $H_2O$  du côté des réactifs. La théorie d'Arrhenius, qui est la description la plus simple et la moins générale des acides et des bases, inclut des acides tels que  $HClO_4$  et  $HBr$  et des bases telles que  $NaOH$  ou  $Mg(OH)_2$ .

Plus tard, une autre théorie plus sophistiquée et générale a été proposée. En 1923, les chimistes Johannes Nicolaus Brønsted et Thomas Martin Lowry ont développé indépendamment des définitions d'acides et de bases basées sur les capacités des composés à donner ou à accepter des protons (ions  $H^+$ ). Dans cette théorie, les acides sont définis comme des donneurs de protons; tandis que les bases sont définies comme des accepteurs de protons. Cela a poussé la définition d'Arrhenius un peu plus loin, car une substance n'a plus besoin d'être composée d'ions hydrogène ( $H^+$ ) ou hydroxyde ( $OH^-$ ) pour être classé comme acide ou base.

En 12<sup>e</sup> année, les élèves approfondiront leur compréhension de l'équilibre en l'appliquant à la notion d'acides et de bases. Ils apprendront à classer de divers acides et bases, développeront une meilleure compréhension de ce qu'est l'équilibre acidobasique et comment évaluer les réactions d'équilibre acidobasiques.

Les réactions acidobasiques sont d'une importance capitale pour de nombreux processus naturels et technologiques, allant des transformations chimiques qui ont lieu dans les cellules et les lacs et les océans, à la production à l'échelle industrielle d'engrais, de produits pharmaceutiques et d'autres substances essentielles à la société. Les acides et les bases jouent également un rôle important dans nos vies – et dans la vie de nombreux organismes. Par exemple, dans l'océan, les acides et les bases sont encore plus critiques. Les mollusques dans l'océan dépendent de certains produits chimiques pour construire leur coquille. Les requins dépendent d'un pH spécifique dans l'eau pour leur nez hypersensible. Alors que les humains produisent plus de dioxyde de carbone à partir de combustibles fossiles, une partie se retrouve dans l'océan – où il acidifie l'eau. Une mer plus acide signifie que les animaux ont plus de mal à construire leur coquille. L'équilibre acidobasique touche tous les aspects de la chimie industrielle, physiologique et environnementale.

À l'étude en 12<sup>e</sup> année :

- La classification des acides et des bases
- Le concept d'équilibre acidobasique
- Évaluer l'équilibre acidobasique



**Les connaissances procédurales**

Que font les scientifiques? L'objectif de nombreuses enquêtes scientifiques est de déterminer la relation entre les variables. D'intérêt pour les scientifiques est :

- ❖ Y a-t-il une relation?
- ❖ La relation est-elle corrélationnelle?
- ❖ La relation est-elle causale?

Dans les relations corrélationnelles, il existe une association entre les variables. Cependant, on ne sait pas si l'un provoque ou non l'autre. Dans les relations causales, une variable entraîne la réponse ou l'occurrence d'une autre de manière cohérente. Les relations causales peuvent être complexes, comme c'est le cas avec les réactions en chaîne, les mécanismes de rétroaction biologique et les cycles des nutriments de la biosphère. Comprendre la différence entre ces deux concepts est un aspect fondamental de la culture scientifique.

Le développement des connaissances procédurales est un élément important de l'enseignement des sciences et offre aux élèves l'occasion d'acquérir des connaissances scientifiques et technologiques et de les actualiser.

Au cours du secondaire, les élèves participent à des activités pratiques en laboratoire afin d'acquérir les connaissances nécessaires pour pouvoir effectuer des expériences de laboratoire appropriées en toute sécurité.

Les connaissances procédurales et l'utilisation des techniques appropriées amènent les élèves à comprendre les objets et les facteurs en cause dans différentes problématiques scientifiques et à juger des solutions d'ordre technologique proposées pour y répondre.

Typiquement, les élèves reçoivent une marche à suivre, qui leur dit exactement quoi et comment faire. Cela laisse peu de place aux élèves pour prendre leurs propres décisions sur les meilleures pratiques à adopter. L'enquête scientifique ne doit pas être une « recette » que les élèves suivent, mais plutôt une expérience qui leur permet d'utiliser leurs connaissances antérieures pour prendre de décisions sur ce qu'ils doivent faire.

À l'étude en 12<sup>e</sup> année :

- Appliquer ses connaissances et sa compréhension des protocoles et procédures de laboratoire sécuritaires
- Appliquer des techniques, des procédures et des technologies appropriées pour la collecte et l'analyse des données pour résoudre les problèmes
- Utiliser l'incertitude dans la mesure et le traitement des données
- Évaluer un phénomène scientifique en utilisant l'argumentation
- Concevoir (ou modifier) une expérience qui identifie et qui contrôle les variables clés





### **Le rôle des parents**

En raison des changements qui se sont produits au sein de la société, les besoins en sciences des élèves d'aujourd'hui sont différents de ceux de leurs parents. Ces différences se manifestent non seulement dans le contenu scientifique, mais aussi dans les méthodes pédagogiques. Par conséquent, il est important que les éducateurs saisissent chaque occasion qui leur est offerte de discuter avec les parents des changements qui se sont produits en matière de pédagogie des sciences et des raisons pour lesquelles ces changements sont importants.

Les parents qui comprennent les raisons de ces changements en matière d'enseignement et d'évaluation seront davantage en mesure d'appuyer les élèves dans leurs démarches scientifiques, et ce, en favorisant une attitude positive face à cette discipline, en mettant l'accent sur l'importance des sciences dans la vie des jeunes, en aidant ces derniers dans le cadre des activités réalisées à la maison et, enfin, en les aidant à apprendre les sciences avec confiance et autonomie.

### **Les choix de carrière**

Les sciences jouent un rôle important dans beaucoup de carrières. Il est donc important que les enseignants saisissent chaque occasion qui leur est offerte de discuter avec les élèves du vaste choix de carrières dans lesquelles les sciences figurent de façon importante. Tous les concepts et modules du programme de sciences peuvent être liés à des carrières.

Les finissants qui se dirigent vers les sciences à la suite de leurs études secondaires occupent des emplois très bien rémunérés dans des secteurs de haute technologie, tels que la microélectronique, les télécommunications, l'aéronautique, l'industrie nucléaire, la médecine, la pétrochimie, la pharmacologie et l'environnement.

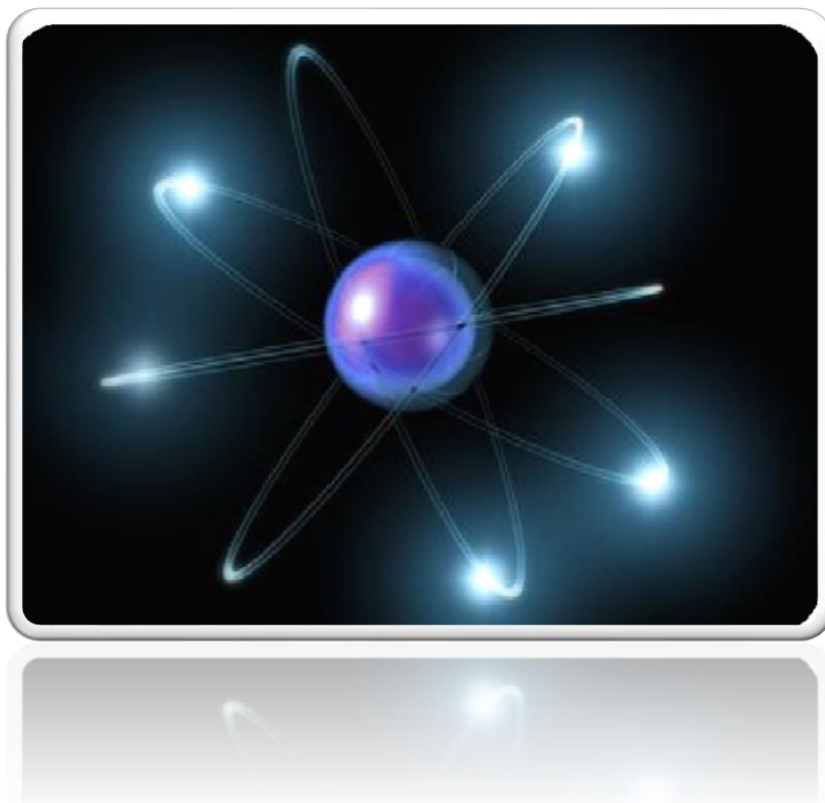


**-B-**

## **Résultats d'apprentissage et indicateurs de réalisation**



## 1<sup>er</sup> thème



# CHIMIE QUANTIQUE

<b>RAG :</b>	✓ L'élève pourra illustrer et expliquer diverses forces qui maintiennent ensemble des structures au niveau moléculaire et établir des liens entre les propriétés de la matière et sa structure.
<b>RAS</b> <i>L'élève doit pouvoir :</i>	<b>Indicateurs de réalisation</b> <i>Les indicateurs qui suivent <b>peuvent</b> servir à déterminer si l'élève a bien atteint le RAS correspondant.</i>
1. Conceptualiser le modèle atomique de la mécanique quantique.	A. Expliquer les quatre nombres quantiques qui permettent de préciser la région où se trouve un électron dans le nuage électronique de l'atome : <ul style="list-style-type: none"> <li>• niveau d'énergie couche : (n)</li> <li>• sous-niveau/sous-couche rme de l'orbitale: (l)</li> <li>• orientation de l'orbitale : (m)</li> <li>• spin : (s)</li> </ul> B. Préciser l'état quantique d'un électron selon la valeur des nombres quantiques qui lui est attribuée. C. Définir le principe d'exclusion de Pauli, le principe d'Aufbau et la règle de Hund. D. Représenter la distribution des électrons selon divers modèles, tels que : <ul style="list-style-type: none"> <li>• modèle de Bohr</li> <li>• notation orbitale / configuration électronique</li> <li>• cases électroniques / cases quantiques</li> <li>• représentation de Lewis</li> <li>• structure géométrique</li> </ul> E. Modéliser l'atome de divers éléments à l'aide de la théorie atomique moderne en précisant chacune des parties (neutrons, protons, électrons, noyau, couches, sous-couches, orbitales, spins, etc.)
2. Prédire les structures des composés chimiques à partir de l'analyse des liaisons interatomiques et les liaisons intermoléculaires.	A. Représenter les liaisons ioniques à l'aide de la structure de Lewis et des cases électroniques. B. Représenter les liaisons covalentes à l'aide des modèles suivants : <ul style="list-style-type: none"> <li>• structure de Lewis</li> <li>• formule développée</li> <li>• cases électroniques</li> <li>• structure géométrique (recouvrement d'orbitale <math>\sigma</math> et <math>\pi</math>)</li> </ul> C. Prédire et modéliser la forme des molécules diatomiques et triatomiques ainsi que l'angle entre les liaisons. D. Prédire et modéliser la forme des molécules comportant plusieurs vacances covalentes, des liaisons doubles et des liaisons triples en déterminant le type d'hybridation des orbitales ( $sp$ , $sp^2$ ou $sp^3$ ) et en déterminant l'angle entre les liaisons. E. Prédire la géométrie moléculaire de composés à l'aide de la théorie de répulsion des paires d'électrons de valence (RPEV).

---

3. Établir le lien entre la structure et les propriétés des composés chimiques.	<p>A. Expliquer la relation entre la forme moléculaire et la polarité d'une molécule.</p> <p>B. Définir les différents types de liaisons intermoléculaires et expliquer le lien avec la polarité des molécules :</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• forces dipôle-dipôle</li><li>• pont hydrogène (pour O–H, N–H et H–F)</li><li>• forces de London (forces de dispersion).</li></ul> <p>C. Comparer les propriétés physiques des composés chimiques (substances ioniques, moléculaires et métalliques).</p>
---	---

---

## 2<sup>e</sup> thème



# THERMOCHIMIE

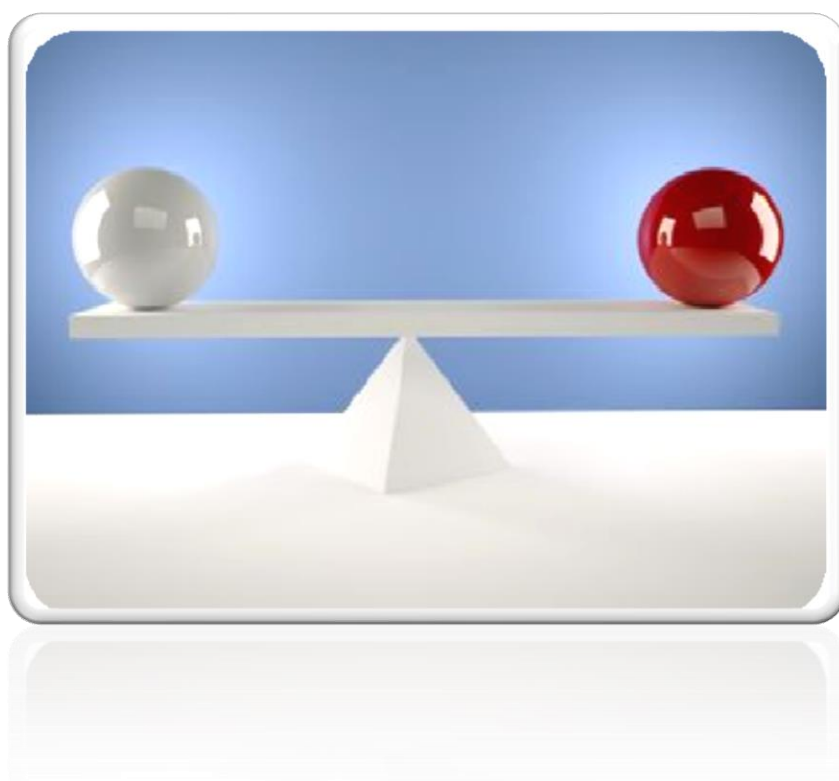




<b>RAG :</b> ✓ L'élève pourra prédire et expliquer des transferts d'énergie dans des réactions chimiques.	
<b>RAS</b> <i>L'élève doit pouvoir :</i>	<b>Indicateurs de réalisation</b> <i>Les indicateurs qui suivent <b>peuvent</b> servir à déterminer si l'élève a bien atteint le RAS correspondant.</i>
1. Expliquer la thermochimie et les termes associés à l'étude de la thermochimie.	A. Définir la température, la chaleur, l'énergie thermique, l'énergie potentielle, l'énergie cinétique, endothermique, exothermique, la chaleur massique, l'énergie de liaison, l'enthalpie, l'enthalpie de fusion; l'enthalpie de vaporisation et la thermochimie. B. Distinguer la température, la chaleur et l'enthalpie. C. Distinguer un système fermé, un système ouvert et un système isolé. D. Expliquer la loi de conservation de l'énergie (1ère loi de la thermodynamique).
2. Déterminer le changement d'énergie lors des changements d'état et de température.	A. Identifier si un système subissant un changement physique représente une réaction exothermique ou endothermique. B. Dessiner et interpréter des courbes de réchauffement / refroidissement pour le changement d'énergie dans un système. C. Écrire et interpréter des équations thermochimiques pour les changements d'état. D. Déterminer la capacité thermique massique (la chaleur massique) d'une substance. E. Calculer la variation de l'enthalpie d'une substance. F. Utiliser les valeurs de la capacité thermique massique pour calculer le montant d'énergie utilisé ou libéré lors d'un changement de température : $Q = mc\Delta T$ . G. Déterminer la chaleur gagnée ou perdue d'un système résultant d'un changement d'état à l'aide de la formule: $q = n\Delta H$ .
3. Déterminer les changements d'énergie lors des réactions chimiques.	A. Représenter les changements d'énergie de diverses réactions chimiques à l'aide de diagrammes d'énergie potentielle et équations thermodynamiques. B. Déterminer les variations d'énergie de diverses réactions chimiques à l'aide de données calorimétriques. C. Déterminer les changements d'énergie de diverses réactions chimiques en utilisant les énergies de liaison, l'enthalpie standard de formation et la loi de Hess.



## 3<sup>e</sup> thème



# ÉQUILIBRE CHIMIQUE

<b>RAG :</b> ✓ L'élève pourra démontrer une compréhension de l'équilibre chimique.	
<b>RAS</b> <i>L'élève doit pouvoir :</i>	<b>Indicateurs de réalisation</b> <i>Les indicateurs qui suivent <b>peuvent</b> servir à déterminer si l'élève a bien atteint le RAS correspondant.</i>
1. Analyser les mécanismes réactionnels et les facteurs qui influent sur la vitesse de réaction.	A. Définir les termes suivants: la vitesse de réaction; la loi de la vitesse de réaction; collisions élastiques, collisions effectives, complexe activé et énergie d'activation. B. Calculer la vitesse moyenne d'une réaction en utilisant soit la variation de la concentration ou soit la variation du nombre de moles au numérateur. <ul style="list-style-type: none"> <li>• <math>v = \frac{\Delta C}{\Delta t}</math></li> <li>• <math>v = \frac{\Delta n}{\Delta t}</math></li> </ul> C. Décrire le rôle des différents facteurs dans la vitesse de réaction, tels que : <ul style="list-style-type: none"> <li>• la concentration;</li> <li>• la température;</li> <li>• les catalyseurs;</li> <li>• la surface de contact;</li> <li>• la lumière.</li> </ul> D. Calculer la vitesse instantanée d'une réaction en se servant de la loi de la vitesse de réaction. <ul style="list-style-type: none"> <li>• <math>v = k[A]^m[B]^n</math></li> </ul> E. Calculer la valeur de la constante de vitesse à partir des concentrations des réactifs et des produits. F. Analyser un schéma réactionnel afin de déterminer la valeur de l'énergie d'activation, la valeur de l'énergie libérée ou absorbée, la variation d'enthalpie et la formule du complexe activé. G. Analyser le mécanisme de réaction de réactions chimiques comprenant un ou plusieurs complexes activés.
2. Évaluer l'équilibre chimique pour déterminer les concentrations, les constantes et prédire les changements.	A. Démontrer une compréhension de l'équilibre chimique. B. Prédire si une réaction réversible favorise les produits ou les réactifs sur la base de l'ampleur de la constante d'équilibre ou des concentrations d'équilibre. C. Écrire des expressions de constantes d'équilibre. D. Calculer la valeur de la constante d'équilibre, $K_c$ ou $K_{eq}$ , à partir des concentrations d'un système à l'équilibre. E. Effectuer des calculs pour $K_c$ impliquant les concentrations initiales, les changements qui se produisent dans chaque substance, et les concentrations d'équilibre résultantes. F. Prédire le sens du déplacement de l'équilibre en comparant la constante d'équilibre ( $K_{eq}$ ) au quotient de réaction (Q). G. Prédire le sens du déplacement de l'équilibre en utilisant le principe de Le Chatelier.

3. Appliquer le concept d'équilibre aux solutions aqueuses.	<ul style="list-style-type: none"><li>A. Expliquer le lien entre une solution saturée et l'état équilibre.</li><li>B. Calculer le produit de solubilité, <math>K_{ps}</math>, d'une solution saturée.</li><li>C. Interpréter la valeur du produit de solubilité afin de déterminer la vitesse à laquelle la solution atteindra son point de saturation.</li><li>D. Expliquer l'effet de l'ion commun sur le déplacement de l'équilibre.</li><li>E. Calculer la solubilité d'un soluté placé dans une solution saturée en utilisant l'effet de l'ion commun.</li><li>F. Expliquer, en utilisant un tableau de solubilité, comment il est possible de déterminer quels ions peuvent former un précipité.</li><li>G. Prédire la formation ou non d'un précipité en comparant les valeurs du produit ionique et du produit de solubilité.</li></ul>
---	---

## 4<sup>e</sup> thème



# ACIDES ET BASES

<b>RAG :</b> ✓ L'élève pourra démontrer une compréhension de l'équilibre acidobasique.	
<b>RAS</b> <i>L'élève doit pouvoir :</i>	<b>Indicateurs de réalisation</b> <i>Les indicateurs qui suivent <b>peuvent</b> servir à déterminer si l'élève a bien atteint le RAS correspondant.</i>
1. Classifier les substances en tant qu'acides ou bases sur la base des définitions d'Arrhenius et de Brønsted-Lowry.	A. Décrire les acides/bases d'Arrhenius. B. Décrire les acides/bases de Brønsted-Lowry. C. Classer les substances en acides, bases ou sels, en fonction de leurs caractéristiques, de leur nom et de leur formule. D. Écrire la formule et fournissez le nom UICPA pour une variété d'acides et de bases.
2. Appliquer le concept d'équilibre aux réactions acidobasiques.	A. Compléter des équations de réaction acide / base de Brønsted-Lowry décrivant le mouvement d'un seul proton. B. Identifier l'acide de Brønsted-Lowry et la base de Brønsted-Lowry dans des réactions de neutralisation forts et bases fortes. C. Définir ce qu'est un acide conjugué et une base conjuguée de Brønsted-Lowry. D. Expliquer pourquoi les acides forts et les bases fortes ne permettent pas d'obtenir un système à équilibre. E. Écrire des expressions $K_a$ ou $K_b$ pour l'équation de dissociation pour les acides ou les bases faibles, respectivement d'un système à l'équilibre.
3. Évaluer les réactions d'équilibre acidobasique.	A. Calculer le $pH$ et le $pOH$ d'un acide ou d'une base compte tenu de sa concentration, et vice versa. i. $pH = -\log[H_3O^+]$ ii. $pOH = -\log[OH^-]$ B. Calculer les valeurs $K_a$ et $K_b$ à partir des concentrations d'équilibre, et vice versa. C. Organiser les quantités en équilibre acide/base à l'aide des tables d'équilibre à changement initial (Tableau Initiale – Variations – Équilibre : IVE). D. Évaluer l'équilibre acide / base pour déterminer les concentrations d'équilibre, le $pH$ , le $pOH$ , $[H_3O^+]$ , $[OH^-]$ et le pourcentage de à partir de la concentration initiale et de la valeur $K$ . E. Évaluer l'équilibre acide / base pour déterminer les concentrations d'équilibre, le $pH$ , le $pOH$ , $[H_3O^+]$ , $[OH^-]$ et le pourcentage de dissociation en se servant de $[H^+]$ ou le $pH$ et la valeur $K$ . F. Expliquer comment certains indicateurs permettent de prédire le pH d'une solution donnée. G. Sélectionner les indicateurs appropriés pour les titrages acidobasiques. H. Distinguer entre le point final et le point d'équivalence. I. Esquisser des courbes de titrage.



	J. Représenter graphiquement et interpréter les courbes de titrage.
--	---

---

## 5<sup>e</sup> thème



# CONNAISSANCES PROCÉDURALES

<b>RAG :</b>	✓ L'élève pourra comprendre et devenir compétent en utilisant les compétences, les processus et les pratiques nécessaires à l'enquête scientifique et à l'application de la science. Cela comprend les compétences nécessaires à la sécurité au laboratoire, à l'argumentation, à la communication, à la collaboration, à l'analyse mathématique et à la maîtrise de la technologie.
<b>RAS</b> <i>L'élève doit pouvoir :</i>	<b>Indicateurs de réalisation</b> <i>Les indicateurs qui suivent <b>peuvent</b> servir à déterminer si l'élève a bien atteint le RAS correspondant.</i>
1. Appliquer ses connaissances et sa compréhension des protocoles et procédures de laboratoire sécuritaires.	<p>A. Interpréter les pictogrammes et les étiquettes du Système d'information sur les matières dangereuses utilisées au travail (SIMDUT 2015).</p> <p>B. Comprendre les protocoles de sécurité généraux, les procédures et les dangers pour assurer la sécurité de soi et des autres.</p> <p>C. Comprendre les protocoles de sécurité, les procédures et les dangers spécifiques à l'activité en cours pour s'assurer la sécurité de soi et des autres.</p> <p>D. Appliquer des protocoles et des procédures appropriés pour acquérir, utiliser et éliminer les matériaux et l'équipement en toute sécurité.</p>
2. Appliquer des techniques, des procédures et des technologies appropriées pour la collecte et l'analyse des données pour résoudre les problèmes.	<p>A. Utiliser des outils de collecte de données appropriés, y compris des enregistreurs de données, pour la collecte de données.</p> <p>B. Utiliser des outils d'analyse de données appropriés, y compris des feuilles de calcul, pour l'analyse des données.</p> <p>C. Utiliser des techniques appropriées pour la collecte et l'analyse des données.</p> <p>D. Communiquer les techniques et procédures appropriées nécessaires pour enquêter sur les phénomènes scientifiques et pour résoudre un problème.</p>
3. Utiliser l'incertitude dans la mesure et le traitement des données.	<p>A. Distinguer entre l'exactitude et la précision.</p> <p>B. Comprendre les erreurs aléatoires et systématiques et leurs sources.</p> <p>C. Identifier l'erreur associée aux valeurs mesurées (plage <math>\pm</math> ou %).</p> <p>D. Identifier les quantités, à la fois implicites et explicites, nécessaires pour résoudre un problème.</p> <p>E. Manipuler des expressions algébriques spécifiques pour isoler n'importe quelle variable.</p> <p>F. Estimer et calculer une quantité inconnue à l'aide de quantités connues.</p> <p>G. Traiter les données avec précision, en se servant des chiffres significatifs appropriés.</p>

---

4. Évaluer un phénomène scientifique en utilisant l'argumentation.	<ul style="list-style-type: none"><li>A. Comprendre que l'argumentation scientifique implique des prétentions, des preuves et un raisonnement.</li><li>B. Appuyer une prétention en utilisant des preuves provenant de données expérimentales et du raisonnement associé.</li><li>C. Étayer une prétention en utilisant des concepts, des modèles, des lois ou des théories et le raisonnement associé.</li><li>D. Discuter des sources potentielles d'erreurs (aléatoires et systématiques) dans les données expérimentales.</li><li>E. Argumenter l'impact directionnel de l'erreur sur les résultats.</li><li>F. Argumenter quelles sources d'erreurs ont le plus probablement eu un effet majeur/mineur sur les résultats.</li><li>G. Expliquer les moyens d'ajuster la procédure expérimentale pour atténuer l'incertitude ou l'utilisation de contrôles pour renforcer les prétentions.</li><li>H. Discuter des limites des preuves fournies, y compris les faiblesses de la méthodologie et les sources possibles de biais.</li></ul>
5. Concevoir (ou modifier) une expérience qui identifie et contrôle les variables clés.	<ul style="list-style-type: none"><li>A. Formuler des questions pertinentes à étudier.</li><li>B. Formuler des hypothèses et faire des prédictions éclairées.</li><li>C. Identifier et contrôler les variables majeures.</li><li>D. Sélectionner des procédures et des techniques appropriées pour faire varier la variable indépendante.</li><li>E. Sélectionner des procédures et des techniques d'échantillonnage appropriées pour la variable dépendante.</li></ul>

---



**-C-**

## **Plan d'enseignement**



# Thème 1

## CHIMIE QUANTIQUE

### Sommaire des résultats d'apprentissage spécifiques :

RAS
Conceptualiser le modèle atomique de la mécanique quantique.
Prédire les structures des composés chimiques à partir de l'analyse des liaisons interatomiques et les liaisons intermoléculaires.
Établir le lien entre la structure et les propriétés des composés chimiques.



**Notion A : LA MODÉLISATION ATOMIQUE**

**RAG :** L'élève pourra illustrer et expliquer diverses forces qui maintiennent ensemble des structures au niveau moléculaire et établir des liens entre les propriétés de la matière et sa structure.

10 <sup>e</sup> année	11 <sup>e</sup> année	12 <sup>e</sup> année
UM8 Représenter les atomes à l'aide du modèle atomique de Rutherford-Bohr et de la notation de Lewis.	SP1 Expliquer, par rapport à la théorie atomique, le rôle des preuves et des théories dans l'évolution des connaissances scientifiques.	<b>CQ1 Conceptualiser le modèle atomique de la mécanique quantique.</b>

*Les indicateurs qui suivent peuvent servir à déterminer si l'élève a bien atteint le RAS correspondant.*

- A. Expliquer les quatre nombres quantiques qui permettent de préciser la région où se trouve un électron dans le nuage électronique de l'atome :
  - niveau d'énergie couche : (n)
  - sous-niveau/sous-couche rme de l'orbitale : (l)
  - orientation de l'orbitale : (m)
  - spin : (s)
- B. Préciser l'état quantique d'un électron selon la valeur des nombres quantiques qui lui est attribuée.
- C. Définir le principe d'exclusion de Pauli, le principe d'Aufbau et la règle de Hund.
- D. Représenter la distribution des électrons selon divers modèles, tels que :
  - modèle de Bohr;
  - notation orbitale / configuration électronique;
  - cases électroniques / cases quantiques;
  - représentation de Lewis;
  - structure géométrique.
- E. Modéliser l'atome de divers éléments à l'aide de la théorie atomique moderne en précisant chacune des parties (neutrons, protons, électrons, noyau, couches, sous-couches, orbitales, spins, etc.).

**Niveau cognitif et dimension des connaissances :** 2 /conceptuelle

**Compétence(s) transdisciplinaire(s) :**



**Pistes d'enseignement et d'évaluation :**

- Une compréhension fonctionnelle des modèles menant au modèle de Rutherford-Bohr est attendue et a été étudiée avant Chimie 621M; cependant, le modèle de mécanique quantique est entièrement nouveau pour les élèves. Les élèves doivent comprendre que le modèle de mécanique quantique se concentre sur la probabilité que des électrons soient situés dans des zones entourant le noyau de l'atome dans des orbitales. Différentes orbitales ont différentes formes, différents niveaux d'énergie et sont occupées par différentes quantités d'électrons. Ce modèle de l'atome diffère du modèle de Rutherford-Bohr en ce que les électrons ne se déplacent pas sur des chemins ou des orbites spécifiques.
- On peut fournir aux élèves un tableau des énergies d'ionisation et leur demander comment ils utiliseraient les données du tableau comme élément de preuve pour rejeter le modèle de Bohr en faveur du modèle de mécanique quantique.

Élément	Nombre de protons	Symbole	1 <sup>re</sup> énergie d'ionisation (kJ/mol)
Sodium	11	Na	496
Magnésium	12	Mg	738
Aluminium	13	Al	578
Silicium	14	Si	789
Phosphore	15	P	1012
Soufre	16	S	1000
Chlore	17	Cl	1251
Argon	18	Ar	1521

- Il est important que les élèves considèrent les anciens modèles et théories comme essentiels au développement de notre compréhension actuelle, et non comme des erreurs. Il est également important que les élèves comprennent que les modèles et théories actuels sont continuellement testés et changeront à mesure que de nouvelles preuves entrent en conflit avec les théories actuelles dans leur intégralité ou en partie.

**Notion B : LA MODÉLISATION MOLÉCULAIRE**

**RAG :** L'élève pourra illustrer et expliquer diverses forces qui maintiennent ensemble des structures au niveau moléculaire et établir des liens entre les propriétés de la matière et sa structure.

10 <sup>e</sup> année	11 <sup>e</sup> année	12 <sup>e</sup> année
UM8 Représenter les atomes à l'aide du modèle atomique de Rutherford-Bohr et de la notation de Lewis.	SP2 Comparer les propriétés des composés à partir des types de liaisons.	<b>CQ2 Prédire les structures des composés chimiques à partir de l'analyse des liaisons interatomiques et les liaisons intermoléculaires.</b>

*Les indicateurs qui suivent peuvent servir à déterminer si l'élève a bien atteint le RAS correspondant.*

- A. Représenter les liaisons ioniques à l'aide de la structure de Lewis et des cases électroniques.
- B. Représenter les liaisons covalentes à l'aide des modèles suivants :
  - structure de Lewis;
  - formule développée;
  - cases électroniques;
  - structure géométrique (recouvrement d'orbitale  $\sigma$  et  $\pi$ ).
- C. Prédire et modéliser la forme des molécules diatomiques et triatomiques ainsi que l'angle entre les liaisons.
- D. Prédire et modéliser la forme des molécules comportant plusieurs vacances covalentes, des liaisons doubles et des liaisons triples en déterminant le type d'hybridation des orbitales ( $sp$ ,  $sp^2$  ou  $sp^3$ ) et en déterminant l'angle entre les liaisons.
- E. Prédire la géométrie moléculaire de composés à l'aide de la théorie de répulsion des paires d'électrons de valence (RPEV).

**Niveau cognitif et dimension des connaissances :** 3 / conceptuelle

**Compétence(s) transdisciplinaire(s) :**



**Pistes d'enseignement et d'évaluation :**

- Il est important de faire une révision des concepts appris dans les cours antérieurs tels les liaisons ioniques, métalliques, covalentes polaires et covalentes non-polaires (une révision des concepts qui ont été abordés en Chimie 521M).
- Le modèle quantique élabore davantage sur les électrons à chaque niveau d'énergie en le divisant en sous-niveaux. Par exemple, le modèle de Bohr décrit le 3<sup>e</sup> niveau d'énergie comme ayant 18 électrons, tandis que le modèle quantique décrit le 3<sup>e</sup> niveau d'énergie comme ayant également 18 électrons trouvés dans 9 orbitales de sous-niveau ( $3s^2 3p^6 3d^{10}$ ). Les élèves devraient être capables de reconnaître la forme de l'orbitale s et des orbitales px, py et pz. Les élèves devraient être capables d'appliquer le principe d'Aufbau, la règle de Hund et le principe d'exclusion de Pauli pour écrire la configuration électronique des atomes et des ions jusqu'à  $Z = 36$ .

**Notion C : LA POLARITÉ**

**RAG :** L'élève pourra illustrer et expliquer diverses forces qui maintiennent ensemble des structures au niveau moléculaire et établir des liens entre les propriétés de la matière et sa structure.

10 <sup>e</sup> année	11 <sup>e</sup> année	12 <sup>e</sup> année
UM7 Établir le lien entre les groupes (familles), les périodes, les électrons de valence et le nombre de couches électroniques.	SP2 Comparer les propriétés des composés à partir des types de liaisons.	<b>CQ3 Établir le lien entre la structure et les propriétés des composés chimiques.</b>

*Les indicateurs qui suivent peuvent servir à déterminer si l'élève a bien atteint le RAS correspondant.*

- A. Expliquer la relation entre la forme moléculaire et la polarité d'une molécule.
- B. Définir les différents types de liaisons intermoléculaires et expliquer le lien avec la polarité des molécules :
  - Les forces dipôle-dipôle;
  - Le pont hydrogène (pour O–H, N–H et H–F);
  - Les forces de London (forces de dispersion).
- C. Comparer les propriétés physiques des composés chimiques (substances ioniques, moléculaires et métalliques).

---

**Niveau cognitif et dimension des connaissances : 2 / conceptuelle**

**Compétence(s) transdisciplinaire(s) :**



**Pistes d'enseignement et d'évaluation :**

- Afin de mieux comprendre les forces intermoléculaires, une démonstration du point de fusion (glace, camphre ou acide salicylique) pourra être réalisée. Les élèves pourraient rechercher les points d'ébullition d'une variété de composés ayant une masse moléculaire similaire et des forces intermoléculaires variables. Le but de ce RAS n'est pas de demander aux élèves d'identifier les différences entre deux substances qui présentent toutes deux des interactions dipôle-dipôle en raison de différents groupes fonctionnels halogènes (degré variable de polarité de liaison), mais plutôt de leur faire identifier les différences de propriétés physiques entre deux substances de masse molaire différente où toutes deux présentent la même force intermoléculaire OU entre deux substances de masse molaire similaire dans lesquelles elles présentent différents types de forces intermoléculaires. Les élèves devraient identifier les types de forces intermoléculaires entre les molécules d'une substance et expliquer chaque type (forces de dispersion, interactions dipolaires et liaisons hydrogène).
- C'est une idée fausse commune que les liaisons intramoléculaires se brisent lorsqu'une substance moléculaire s'évapore. Il est important que les élèves comprennent que ce sont les liaisons intermoléculaires (hydrogène, dipôle-dipôle, dispersion) qui se brisent lors de ce changement de phase pour les substances moléculaires. Les élèves doivent effectuer des recherches et classer les substances représentatives comme ioniques, moléculaires et métalliques, en fonction de leurs propriétés. Les résultats de leurs recherches peuvent être présentés comme suit :

Composé	Propriétés	Exemples
Moléculaire	Solide, liquide ou gazeux à TPN; bas point de fusion et point d'ébullition; ne conduit pas l'électricité dans les solutions aqueuses; les composés moléculaires simples sont insolubles dans l'eau	SO <sub>2</sub> , NH <sub>3</sub> , Octane (C <sub>8</sub> H <sub>18</sub> )
Métallique	ductile; malléable; bon conducteur de chaleur et d'électricité; brillant lorsqu'il est fraîchement coupé ou poli	Cu et Zn, (laiton), tous alliages métalliques (ex., acier)
Ionique	solide cristallin à TPN; point de fusion et point d'ébullition élevés; conduit l'électricité dans les solutions aqueuses; généralement soluble dans l'eau	NaCl, CuSO <sub>4</sub>

- Les élèves pourraient parcourir des stations de laboratoire pour observer les propriétés de substances représentatives afin de comparer les points de fusion, la conductivité et les solubilités dans l'eau chaude, l'eau froide et le méthanol. À partir des informations sur les propriétés physiques recueillies, les élèves peuvent prédire le type de substance comme étant ionique, métallique ou covalente.

## Thème 2

# THERMOCHIMIE

### Sommaire des résultats d'apprentissage spécifiques :

RAS
Expliquer la thermochimie et les termes associés à l'étude de la thermochimie.
Déterminer le changement d'énergie lors des changements d'état et de température.
Déterminer les changements d'énergie lors des réactions chimiques.

**Notion A : LA THERMOCIMIE**

**RAG :** L'élève pourra prédire et expliquer des transferts d'énergie dans des réactions chimiques.

10 <sup>e</sup> année	11 <sup>e</sup> année	12 <sup>e</sup> année
UM5 Expliquer la loi de la conservation de l'énergie.		<b>T1 Expliquer la thermochimie et les termes associés à l'étude de la thermochimie.</b>

*Les indicateurs qui suivent peuvent servir à déterminer si l'élève a bien atteint le RAS correspondant.*

- A. Définir la température, la chaleur, l'énergie thermique, l'énergie potentielle, l'énergie cinétique, endothermique, exothermique, la chaleur massique, l'énergie de liaison, l'enthalpie, l'enthalpie de fusion; l'enthalpie de vaporisation et la thermochimie.
- B. Distinguer la température, la chaleur et l'enthalpie.
- C. Distinguer un système fermé, un système ouvert et un système isolé.
- D. Réviser la loi de conservation de l'énergie (1<sup>re</sup> loi de la thermodynamique).

---

**Niveau cognitif et dimension des connaissances :** 1 / conceptuelle

**Compétence(s) transdisciplinaire(s) :**





**Pistes d'enseignement et d'évaluation :**

- Pour introduire ce thème, l'enseignant peut demander aux élèves des exemples quotidiens impliquant des changements endothermiques et exothermiques. Les exemples peuvent inclure le chauffage et la congélation de la glace, les compresses chaudes et froides, l'évaporation et la condensation de l'eau. Cette discussion pourrait mener à une définition de la thermodynamique et de la thermochimie et à la capacité de différencier les changements endothermiques et exothermiques. Les élèves pourraient ensuite être initiés à une discussion pour réviser la loi de la conservation de l'énergie (1<sup>re</sup> loi de la thermodynamique). Des scénarios pourraient être fournis où les élèves doivent identifier le système, l'environnement et la direction du flux d'énergie. Les élèves devraient avoir suffisamment d'occasions de poser des questions sur les types de systèmes et les changements énergétiques qui s'y produisent.
- Les élèves ont souvent la conception naïve que la température et l'énergie thermique sont équivalentes. Pour illustrer la différence entre l'énergie thermique et la température, demander aux élèves de réaliser une activité impliquant un transfert de chaleur entre l'eau et deux métaux différents de la même masse. Cette démonstration devrait également fournir un contexte précieux pour aider à mieux comprendre la loi de conservation de l'énergie et à l'identification du système et de son environnement.
- L'énergie de liaison, l'enthalpie, la variation de l'enthalpie et l'enthalpie de réaction doivent être discutées; cependant, ceux-ci seront mentionnés à nouveau plus loin dans cette unité.

**Notion B : VARIATIONS THERMIQUES DANS LES TRANSFORMATIONS PHYSIQUES**

**RAG :** L'élève pourra prédire et expliquer des transferts d'énergie dans des réactions chimiques.

10 <sup>e</sup> année	11 <sup>e</sup> année	12 <sup>e</sup> année
UM5 Expliquer la loi de la conservation de l'énergie.		<b>T2 Déterminer le changement d'énergie lors des changements d'état et de température.</b>

*Les indicateurs qui suivent peuvent servir à déterminer si l'élève a bien atteint le RAS correspondant.*

- Identifier si un système subissant un changement physique représente une réaction exothermique ou endothermique.
- Dessiner et interpréter des courbes de réchauffement / refroidissement pour le changement d'énergie dans un système.
- Écrire et interpréter des équations thermochimiques pour les changements d'état.
- Déterminer la capacité thermique massique (la chaleur massique) d'une substance.
- Calculer la variation de l'enthalpie d'une substance.
- Utiliser les valeurs de la capacité thermique massique pour calculer le montant d'énergie utilisé ou libéré lors d'un changement de température :  $Q = mc\Delta T$ .
- Déterminer la chaleur gagnée ou perdue d'un système résultant d'un changement d'état à l'aide de la formule :  $q = n\Delta H$ .

**Niveau cognitif et dimension des connaissances :** 3 /conceptuelle

**Compétence(s) transdisciplinaire(s) :**



**Pistes d'enseignement et d'évaluation :**

- Les élèves devraient étudier le chauffage, le refroidissement et les changements de phase en termes de forces entre les particules, de mouvement des particules, de contenu calorifique et de changements d'énergie potentielle. Des changements dans le mouvement des particules dans les systèmes en termes de changement de température pourraient être introduits. Les changements d'énergie potentielle dans la matière doivent être discutés lors du calcul de l'énergie impliquée dans les changements d'état.
- Les élèves doivent calculer la capacité thermique massique (la chaleur massique) et effectuer des calculs impliquant la capacité thermique massique. Les élèves doivent décrire qualitativement et quantitativement la température résultante lorsque deux substances sont mélangées. La capacité thermique massique relativement élevée de l'eau doit être étudiée. Inviter les élèves à établir un lien entre l'importance de cette quantité et des problèmes tels que le contrôle du climat, la distribution de chaleur dans les maisons et le liquide de refroidissement dans les véhicules et les maisons.
- Les élèves devraient définir la variation de l'enthalpie de divers processus physiques (vaporisation, condensation, fusion, solidification). Les élèves devraient calculer la chaleur totale d'un processus en plusieurs étapes, comme la chaleur requise pour convertir 50 g de glace à  $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$  en vapeur à  $120\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Les élèves pourraient dessiner et étiqueter une courbe de chauffage/refroidissement qui montre les changements d'énergie cinétique et potentielle. Les enseignants pourraient discuter avec les élèves du mouvement des particules lorsque la substance subit un changement de température ou d'état et relier chaque changement à la théorie cinétique de la matière. Il est suggéré à l'élève d'utiliser les formules  $q = mc\Delta T$  pour les changements d'énergie cinétique (changement de température) et  $q = n\Delta H$  pour les changements d'énergie potentielle (changements d'état).

**Notion C : VARIATIONS THERMIQUES DANS LES TRANSFORMATIONS CHIMIQUES**

**RAG** : L'élève pourra prédire et expliquer des transferts d'énergie dans des réactions chimiques.

10 <sup>e</sup> année	11 <sup>e</sup> année	12 <sup>e</sup> année
UM3 Décrire diverses réactions chimiques, telles que : <ul style="list-style-type: none"> <li>• La combustion;</li> <li>• La neutralisation acidobasique.</li> </ul> UM4 Expliquer la loi de la conservation de la matière et la représenter à l'aide d'équations chimiques balancées. UM5 Expliquer la loi de la conservation de l'énergie.		<b>T3 Déterminer les changements d'énergie lors des réactions chimiques.</b>

*Les indicateurs qui suivent peuvent servir à déterminer si l'élève a bien atteint le RAS correspondant.*

- Représenter les changements d'énergie de diverses réactions chimiques à l'aide de diagrammes d'énergie potentielle et équations thermodynamiques.
- Déterminer les variations d'énergie de diverses réactions chimiques à l'aide de données calorimétriques.
- Déterminer les changements d'énergie de diverses réactions chimiques en utilisant les énergies de liaison, l'enthalpie standard de formation et la loi de Hess.

**Niveau cognitif et dimension des connaissances** : 3 / conceptuelle

**Compétence(s) transdisciplinaire(s)** :



**Pistes d'enseignement et d'évaluation :**

- Les élèves devraient être capables d'identifier les processus exothermiques et endothermiques à partir de la notation :  $\Delta H^\circ_r$ , à partir d'équations thermochimiques et à partir de diagrammes étiquetés enthalpie/énergie potentielle. Des liens doivent être établis entre ces trois méthodes qui servent à illustrer des changements thermochimiques. En utilisant une réaction exothermique comme exemple, les élèves pourraient utiliser les termes haut et bas pour représenter les niveaux d'énergie des réactifs et des produits, respectivement. L'élève identifierait alors la variation de l'enthalpie pour la réaction exothermique comme étant négatif ( $\Delta H^\circ_r = H_{\text{final}}(\text{faible}) - H_{\text{initial}}(\text{élevé}) = \text{négatif}$ ), reconnaîtrait que l'énergie a été perdue ou libérée, et placerait la valeur d'énergie relative du côté du produit de l'équation thermochimique. Les élèves devraient être capables d'étiqueter les diagrammes d'enthalpie en fonction de la valeur  $\Delta H^\circ_r$  ou de l'équation thermochimique.
- Les élèves devraient écrire des équations thermochimiques pour représenter la notation chimique,  $\Delta H_c$ ,  $\Delta H^\circ_f$  et  $\Delta H^\circ_r$ . Les élèves devraient définir la variation de l'enthalpie de divers processus chimiques (combustion, formation, réaction). Les élèves devraient calculer la chaleur gagnée ou perdue d'un système à l'aide de l'équation thermochimique et des données sur les réactifs. En groupes, un élève pourrait calculer la chaleur impliquée à partir d'une masse donnée et l'autre pourrait recalculer la masse donnée à partir du terme de chaleur calculé. Le calcul de la chaleur absorbée ou libérée doit être effectué à l'aide des concepts de stœchiométrie appris en Chimie 521M.
- Les élèves doivent démontrer qu'ils comprennent qu'il existe différentes façons de déterminer  $\Delta H^\circ_r$  : la loi de Hess, l'énergie de liaison moyenne, l'enthalpie de formation et l'utilisation de calorimètres/d'expérimentation. Les élèves doivent utiliser la méthode d'addition des équations chimiques et la variation de l'enthalpie correspondants pour calculer la variation de l'enthalpie du processus global, qui est la loi de Hess. Les élèves pourraient répondre à la question « Pourquoi la loi de Hess est-elle utile? » La loi de Hess pourrait déterminer le H d'une réaction qui, autrement, pourrait être trop difficile, coûteuse ou dangereuse à réaliser.

## Thème 3

# ÉQUILIBRE CHIMIQUE

### Sommaire des résultats d'apprentissage spécifiques :

RAS
Analyser les mécanismes réactionnels et les facteurs qui influent sur la vitesse de réaction.
Évaluer l'équilibre chimique pour déterminer les concentrations, les constantes et prédire les changements.
Appliquer le concept d'équilibre aux solutions aqueuses.

**Notion A : LA VITESSE DE RÉACTION**

**RAG** : L'élève pourra démontrer une compréhension de l'équilibre chimique.

10 <sup>e</sup> année	11 <sup>e</sup> année	12 <sup>e</sup> année
	SP4 Appliquer le concept de solubilité dans les calculs et les généralisations.	<b>ÉC2 Analyser les mécanismes réactionnels et les facteurs qui influent sur la vitesse de réaction.</b>

*Les indicateurs qui suivent peuvent servir à déterminer si l'élève a bien atteint le RAS correspondant.*

- A. Définir les termes suivants : la vitesse de réaction; la loi de la vitesse de réaction; collisions élastiques, collisions effectives, complexe activé et énergie d'activation.
- B. Calculer la vitesse moyenne d'une réaction en utilisant soit la variation de la concentration ou soit la variation du nombre de moles au numérateur.
  - $v = \frac{\Delta C}{\Delta t}$
  - $v = \frac{\Delta n}{\Delta t}$
- C. Décrire le rôle des différents facteurs dans la vitesse de réaction, tels que :
  - la concentration;
  - la température;
  - les catalyseurs;
  - la surface de contact;
  - la lumière.
- D. Calculer la vitesse instantanée d'une réaction en se servant de la loi de la vitesse de réaction.
  - $v = k[A]^m[B]^n$
- E. Calculer la valeur de la constante de vitesse à partir des concentrations des réactifs et des produits.
- F. Analyser un schéma réactionnel afin de déterminer la valeur de l'énergie d'activation, la valeur de l'énergie libérée ou absorbée, la variation d'enthalpie et la formule du complexe activé.
- G. Analyser le mécanisme de réaction de réactions chimiques comprenant un ou plusieurs complexes activés.

**Niveau cognitif et dimension des connaissances** : 2 / conceptuelle

**Compétence(s) transdisciplinaire(s)** :



**Pistes d'enseignement et d'évaluation :**

- Les élèves pourraient étudier le rôle de l'aire de la surface, de la température, de la concentration et du catalyseur dans la vitesse de réaction en effectuant des expériences en laboratoire. Des expériences possibles pourraient être une solution de levure et de sucre, des comprimés antiacides et de l'eau, du métal avec un acide ou du bicarbonate de soude avec du vinaigre. La discussion sur les réactions chimiques lentes et rapides pourrait souligner pourquoi il est important de contrôler les vitesses des réactions. Les élèves pourraient explorer d'autres exemples tels que la prévention de la rouille et une réaction de coussins gonflables. Des exemples de réactions issues de la biochimie pourraient également constituer une extension intéressante.
- Une analogie en classe pourrait être réalisée où les élèves représentent les particules qui réagissent, démontrent une compréhension de la façon dont la fréquence des collisions des « particules des élèves » peut être augmentée et comment ce concept peut être lié à la théorie des collisions et à la modification des taux de réaction. Diverses conditions de classe peuvent être modifiées, telles que la zone dans laquelle les « particules d'élèves » peuvent se déplacer (concentration) ou la vitesse de déplacement des « particules d'élèves » (température).
- Les élèves devraient être capables d'appliquer leur compréhension fondamentale de la théorie moléculaire cinétique, de la théorie des collisions et des diagrammes d'énergie potentielle pour expliquer les facteurs qui affectent la vitesse de réaction.
- Les élèves devraient décrire les mécanismes de réaction et montrer comment un catalyseur affecte la vitesse d'une réaction chimique en fournissant un mécanisme de réaction différent. Les élèves pourraient rechercher et préparer des rapports sur les catalyseurs utilisés dans des applications commerciales ou industrielles. Les élèves doivent dessiner et interpréter des diagrammes d'énergie potentielle pour diverses réactions (liens vers RAS T2.3). Les interprétations des élèves devraient inclure les réactions exothermiques, les réactions endothermiques, l'enthalpie, l'énergie d'activation, le complexe activé, les réactifs, les produits et  $\Delta H$ . Un diagramme d'énergie potentielle pour montrer l'effet d'un catalyseur sur la vitesse de réaction permet aux élèves de comprendre le rôle d'un catalyseur sur la vitesse de réaction.
- Étant donné les étapes d'un mécanisme de réaction, les élèves devraient être capables d'identifier l'étape déterminant la vitesse, les intermédiaires de réaction et les catalyseurs. Les élèves doivent additionner les étapes de la réaction globale en cours pour montrer qu'elle est égale à la réaction globale. La détermination réelle d'un mécanisme réactionnel est difficile et demande du temps. Les élèves doivent se rendre compte que la vitesse de réaction (rapide ou lente) implique de nombreuses particules qui doivent entrer en collision selon l'équation équilibrée d'une étape du mécanisme de réaction, et non l'équation globale équilibrée de la réaction.
- Les élèves devraient reconnaître que  $E$  et  $\Delta E$  sont souvent utilisés dans les diagrammes d'énergie potentielle au lieu de  $H$  et  $\Delta H$ . L'utilisation de  $E$  et  $\Delta E$  est pratique pour toutes les situations, en particulier celles dans lesquelles l'énergie absorbée/libérée est sous une forme autre que la chaleur (ex. lumière). Cependant, lorsqu'une réaction implique de l'énergie thermique,  $H$  et  $\Delta H$  sont couramment utilisés.



**Notion B : L'ÉQUILIBRE CHIMIQUE**

**RAG** : L'élève pourra démontrer une compréhension de l'équilibre chimique.

10 <sup>e</sup> année	11 <sup>e</sup> année	12 <sup>e</sup> année
UM1 Calculer la concentration d'une solution aqueuse.	SP4 Appliquer le concept de solubilité dans les calculs et les généralisations.	<b>ÉC3 Évaluer l'équilibre chimique pour déterminer les concentrations, les constantes et prédire les changements.</b>

*Les indicateurs qui suivent peuvent servir à déterminer si l'élève a bien atteint le RAS correspondant.*

- Démontrer une compréhension de l'équilibre chimique.
- Prédire si une réaction réversible favorise les produits ou les réactifs sur la base de l'ampleur de la constante d'équilibre ou des concentrations d'équilibre.
- Écrire des expressions de constantes d'équilibre.
- Calculer la valeur de la constante d'équilibre,  $K_c$  ou  $K_{eq}$ , à partir des concentrations d'un système à l'équilibre.
- Effectuer des calculs pour  $K_c$  impliquant les concentrations initiales, les changements qui se produisent dans chaque substance, et les concentrations d'équilibre résultantes.
- Prédire le sens du déplacement de l'équilibre en comparant la constante d'équilibre ( $K_{eq}$ ) au quotient de réaction ( $Q$ ).
- Prédire le sens du déplacement de l'équilibre en utilisant le principe de Le Chatelier.

**Niveau cognitif et dimension des connaissances** : 3 / conceptuelle  
**Compétence(s) transdisciplinaire(s)** :

**Pistes d'enseignement et d'évaluation :**

- Les élèves devraient être capables d'écrire des expressions de constantes d'équilibre. Ils doivent comprendre que les solides et les liquides ne sont pas inclus dans l'expression d'équilibre et que la constante d'équilibre variera avec la température.
- Les élèves devraient être capables de calculer et d'effectuer des calculs impliquant une constante d'équilibre,  $K_c$  ou  $K_{eq}$ , pour des systèmes chimiques lorsque (a) les concentrations à l'équilibre sont connues ou (b) lorsque les concentrations initiales et une concentration à

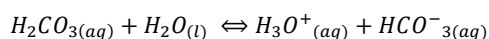
l'équilibre sont connues ou (c) lorsque les concentrations initiales et la constante d'équilibre sont connues. Ces problèmes peuvent nécessiter l'utilisation de la formule quadratique; cependant, l'utilisation de la formule quadratique peut parfois être évitée pour des situations impliquant des valeurs de constantes de l'équilibre très petites. Les élèves devraient être capables d'utiliser l'équation quadratique pour résoudre des problèmes d'équilibre.

- Les élèves pourraient utiliser un tableau ou un graphique pour résoudre des problèmes impliquant des changements d'équilibre. Considérons le problème : Quelle est la valeur  $K_c$  pour la réaction suivante à l'équilibre, à 25 °C?

$$[H_2CO_3]_{initiale} = 3,2 \times 10^{-2} M$$

$$[HCO_3^-] = 1,19 \times 10^{-4} M$$

$$[H_3O^+] = 1,19 \times 10^{-4} M$$



- Lorsqu'ils résolvent ce problème  $K_c$  à l'aide de  $H_2CO_3$ , les élèves énumèrent ce qu'ils savent, y compris les concentrations et ce qu'ils veulent trouver, écrivent l'expression  $K_c$ , substituent des valeurs dans l'expression et la résolvent.
- Les élèves devraient être capables de résoudre des problèmes  $K_c$  impliquant les concentrations initiales, les changements qui se produisent dans chaque substance et les concentrations d'équilibre qui en résultent. L'utilisation d'un tableau IVE (Initiale – Variation – Équilibre) pour organiser leurs données est utile.

	$H_2CO_3$ +	$H_2O$ $\rightleftharpoons$	$HCO_3^-$ +	$H_3O^+$
I	0,100 M	-----	$\approx 0$	$\approx 0$
V	$-1,19 \times 10^{-4} M$	-----	$1,19 \times 10^{-4} M$	$1,19 \times 10^{-4} M$
E	0,099881 M	-----	$1,19 \times 10^{-4} M$	$1,19 \times 10^{-4} M$

- Les élèves devraient utiliser le principe de Le Chatelier pour déterminer comment les concentrations de réactifs et de produits sont affectées après qu'un changement est imposé à un système à l'équilibre. Les élèves devraient expliquer comment un catalyseur et l'aire de la surface ont un effet sur le temps qu'il faut pour atteindre l'équilibre même si ceux-ci ne provoquent pas un déplacement de l'équilibre. Ils devraient également déterminer le sens du déplacement de l'équilibre en comparant la constante d'équilibre ( $K_{eq}$ ) au quotient de réaction (Q).
- C'est une idée fausse commune qu'un changement de pression affectera toujours un équilibre. Un nombre inégal de particules gazeuses dans les réactifs et les produits est nécessaire pour qu'un changement d'équilibre soit possible. Il convient également de noter qu'un changement de pression (volume constant) résultant de l'ajout d'un gaz dans le récipient de réaction ne déplacera pas l'équilibre si le gaz n'est pas impliqué dans le système d'équilibre (le gaz n'est pas un réactif ou un produit). L'inclusion de ce *gaz inerte* n'augmente pas la fréquence des collisions; par conséquent, elle n'affecte pas la vitesse de réaction directe ou inverse, ce qui n'entraîne aucun changement dans les concentrations à l'équilibre.

**Notion C : Appliquer le concept d'équilibre aux solutions aqueuses**

**RAG** : L'élève pourra démontrer une compréhension de l'équilibre chimique.

10 <sup>e</sup> année	11 <sup>e</sup> année	12 <sup>e</sup> année
UM1 Calculer la concentration d'une solution aqueuse.	SP4 Appliquer le concept de solubilité dans les calculs et les généralisations.	<b>ÉC4 Appliquer le concept d'équilibre aux solutions aqueuses.</b>

*Les indicateurs qui suivent peuvent servir à déterminer si l'élève a bien atteint le RAS correspondant.*

- Expliquer le lien entre une solution saturée et l'état équilibre.
- Calculer le produit de solubilité,  $K_{ps}$ , d'une solution saturée.
- Interpréter la valeur du produit de solubilité afin de déterminer la vitesse à laquelle la solution atteindra son point de saturation.
- Expliquer l'effet de l'ion commun sur le déplacement de l'équilibre.
- Calculer la solubilité d'un soluté placé dans une solution saturée en utilisant l'effet de l'ion commun.
- Expliquer, en utilisant un tableau de solubilité, comment il est possible de déterminer quels ions peuvent former un précipité.
- Prédire la formation ou non d'un précipité en comparant les valeurs du produit ionique et du produit de solubilité.

**Niveau cognitif et dimension des connaissances** : 2 / conceptuelle

**Compétence(s) transdisciplinaire(s)** :



**Pistes d'enseignement et d'évaluation :**

- Il est important de réviser les notions des solutions aqueuses qui ont été abordés en CHI521M. Par exemple, le lien entre la solubilité et la concentration.
- La notion d'équilibre dynamique doit être discutée. Bien que l'équilibre dynamique ne puisse pas être vu à l'œil nu, les élèves peuvent se rapporter à la forme des cristaux de soluté en excès car ils évoluent dans le temps puisque la solvation et la désolvation se produisent simultanément.
- Il est important de différencier la solubilité du produit de solubilité. La solubilité d'une substance est la quantité totale de soluté qui peut être dissoute dans le solvant à l'équilibre. Cependant, le produit de solubilité est une constante d'équilibre associée à l'ionisation d'un composé ionique peu soluble dans l'eau.
- Certains composés ioniques sont plus solubles que d'autres. Cette différence résulte de leur solubilité respective. Lorsqu'un solide dépasse le point de saturation, la solution devient saturée. Une solution saturée qui contient un dépôt de soluté non dissous au fond du contenant est un exemple de système à l'équilibre. On se retrouve en présence d'un équilibre de solubilité puisqu'il existe un équilibre entre le précipité et les ions en solution.
- Les élèves doivent mener un laboratoire de précipité qui comprend l'enregistrement, l'observation et la collecte de données, l'écriture d'équations ioniques et ioniques nettes et l'analyse des résultats. Les élèves pourraient écrire des équations ioniques et ioniques nettes pour toutes les réactions afin de prouver quelles substances produisent des précipités. Grâce à un raisonnement déductif, les élèves pourraient voir des modèles à partir de leurs données et identifier, avec des explications, comment la solubilité et les précipités sont liés.

## Thème 4

# LES ACIDES ET LES BASES

### Sommaire des résultats d'apprentissage spécifiques :

RAS
Classifier les substances en tant qu'acides ou bases sur la base des définitions d'Arrhenius et de Brønsted-Lowry.
Appliquer le concept d'équilibre aux réactions acidobasiques.
Évaluer les réactions d'équilibre acidobasique.

**Notion A : LA CLASSIFICATION DES ACIDES ET DES BASES**

**RAG** : L'élève pourra démontrer une compréhension des caractéristiques et des interactions des acides et des bases.

10 <sup>e</sup> année	11 <sup>e</sup> année	12 <sup>e</sup> année
UM2 Démontrer une compréhension des propriétés d'une solution électrolytique.		<b>AB1 Classifier les substances en tant qu'acides ou bases sur la base des définitions d'Arrhenius et de Brønsted-Lowry.</b>

*Les indicateurs qui suivent peuvent servir à déterminer si l'élève a bien atteint le RAS correspondant.*

- E. Décrire les acides/bases d'Arrhenius.
- F. Décrire les acides/bases de Brønsted-Lowry.
- G. Classer les substances en acides, bases ou sels, en fonction de leurs caractéristiques, de leur nom et de leur formule.
- H. Écrire la formule et fournissez le nom UICPA pour une variété d'acides et de bases.

---

**Niveau cognitif et dimension des connaissances** : 2 / conceptuelle

**Compétence(s) transdisciplinaire(s) :**

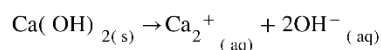
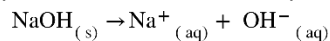


**Pistes d'enseignement et d'évaluation :**

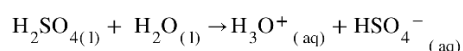
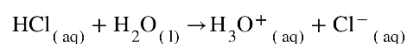
- Il est important d'expliquer la théorie d'Arrhenius et la comparer à la théorie Brønsted-Lowry.
- Les élèves doivent définir les acides et les bases de manière opérationnelle en fonction de leur effet sur le pH, le goût, les réactions avec les métaux, les réactions de neutralisation entre eux, la conductivité et les indicateurs. Les élèves devraient mener une expérience pour tenter de classer divers produits chimiques en groupes en fonction de leurs propriétés à l'aide des tests suivants : conductivité, papier tournesol, papier pH, ruban de magnésium et puces CaCO<sub>3</sub>. Après avoir résumé les résultats dans un tableau, les élèves identifient chaque solution comme acide, basique, ionique neutre ou moléculaire neutre.
- Les élèves pourraient également examiner les étiquettes sur les aliments emballés pour déterminer quels produits chimiques sont présents, rechercher leurs formules et faire des tests pour déterminer lesquels sont acides, basiques ou neutres.
- Les élèves devraient définir et identifier les acides d'Arrhenius et écrire des équations d'ionisation pour le comportement des acides d'Arrhenius dans l'eau telle que :  

$$\text{HNO}_{3(l)} + \text{H}_2\text{O}_{(l)} \rightarrow \text{H}_3\text{O}^+_{(aq)} + \text{NO}_3^-_{(aq)}$$

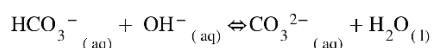
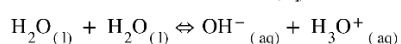
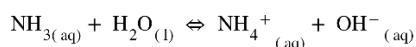
- Les élèves devraient définir et identifier les bases d'Arrhenius et comprendre qu'une base d'Arrhenius doit s'ioniser pour produire des ions hydroxyde dans des solutions aqueuses. Les élèves devraient écrire des équations de dissociation pour le comportement de ces bases telles que les suivantes :



- La réaction de bases faibles telles que  $\text{NH}_3$  avec l'eau, qui produit une solution basique, devrait être incluse dans la discussion pour montrer que la définition d'Arrhenius devait être ajustée pour tenir compte du fait que  $\text{NH}_3$  agit comme une base lorsqu'il est ajouté à l'eau.
- La théorie acidobasique de Brønsted-Lowry devrait être introduite pour tenir compte des bases non hydroxydes, telles qu'un ion carbonate et/ou un ion hydrogène-phosphate. Les élèves doivent interpréter les équations en termes de Brønsted-Lowry et identifier les espèces acides et basiques. Les exemples devraient inclure :



- Les élèves doivent définir un acide de Brønsted-Lowry et une base de Brønsted-Lowry, comparer les définitions d'Arrhenius et de Brønsted-Lowry et écrire des équations à une étape et globales pour les réactions acidobasiques d'une substance qui peut donner/accepter plus d'un proton. Cela permet aux élèves d'observer comment chaque espèce agit comme un acide ou une base.
- Les élèves devraient expliquer comment certaines substances ont aidé à réviser la définition théorique des acides d'Arrhenius. Le développement des théories acidobasiques jusqu'à Brønsted-Lowry devrait être retracé pour montrer comment les connaissances et la pensée ont changé pour expliquer de nouvelles observations. Les élèves doivent définir et identifier les substances amphotères. Des exemples sont donnés ci-dessous :



- En Chimie 521M, les élèves devaient utiliser les conventions UICPA pour nommer les variations hydrogène/oxygène des anions polyatomiques communs (ex.  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{CO}_3^{2-}$ ,  $\text{PO}_3^{2-}$ ,  $\text{ClO}_3^-$ ,  $\text{BrO}_3^-$ ,  $\text{IO}_3^-$ ). Ce RAS exige que les élèves développent la nomenclature apprise en Chimie 521M pour nommer les acides, y compris les acides qui résultent des variations hydrogène/oxygène des anions polyatomiques courants.
  - Acides
    - Hydracides;
    - Oxacides.
  - Bases
    - Sels (binaires, ternaires, hydratés et acides);
    - Oxydes;
      - Oxydes métalliques et Oxydes non-métalliques
    - Peroxydes;
    - Hydrures;
    - Composés covalents.

**Notion B : LE CONCEPT D'ÉQUILIBRE ACIDOBASIQUE**

**RAG** : L'élève pourra démontrer une compréhension des caractéristiques et des interactions des acides et des bases.

10 <sup>e</sup> année	11 <sup>e</sup> année	12 <sup>e</sup> année
UM2 Démontrer une compréhension des propriétés d'une solution électrolytique.		<b>AB2 Appliquer le concept d'équilibre aux réactions acidobasiques.</b>

*Les indicateurs qui suivent peuvent servir à déterminer si l'élève a bien atteint le RAS correspondant.*

- Compléter des équations de réaction acide / base de Brønsted-Lowry décrivant le mouvement d'un seul proton.
- Identifier l'acide de Brønsted-Lowry et la base de Brønsted-Lowry dans des réactions de neutralisation acides-bases fortes.
- Définir ce qu'est un acide conjugué et une base conjuguée de Brønsted-Lowry.
- Expliquer pourquoi les acides forts et les bases fortes ne permettent pas d'obtenir un système à équilibre.
- Écrire des expressions  $K_a$  ou  $K_b$  pour l'équation de dissociation pour les acides ou les bases faibles, respectivement d'un système à l'équilibre.

---

**Niveau cognitif et dimension des connaissances** : 2 / conceptuelle

**Compétence(s) transdisciplinaire(s) :**





**Pistes d'enseignement et d'évaluation :**

- Les élèves doivent remplir l'équation des réactions acide/base de Brønsted-Lowry illustrant le mouvement d'un seul proton. Étant donné deux réactifs, les élèves devraient utiliser un tableau des forces d'acide et de base pour prédire les produits en identifiant d'abord quel réactif agira comme acide et lequel agira comme base.
  - Considérons les réactifs suivants :  $\text{HCO}_3^- + \text{HPO}_4^{2-} \rightleftharpoons ?$
  - $\text{HCO}_3^-$  est un acide plus fort et il donnera un proton pour devenir  $\text{CO}_3^{2-}$
  - $\text{HPO}_4^{2-}$  est une base plus forte (acide plus faible) et il acceptera un proton pour devenir  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$
  - L'équation résultante est :  $\text{HCO}_3^- + \text{HPO}_4^{2-} \rightleftharpoons \text{CO}_3^{2-} + \text{H}_2\text{PO}_4^-$   

acide
base
base conjuguée
acide conjugué
  - Les élèves devraient identifier l'acide de Brønsted-Lowry et la base de Brønsted-Lowry dans des réactions de neutralisation d'acides forts et de bases fortes.
  - Les élèves devraient définir et identifier les paires acides conjugués / bases conjuguées de Brønsted-Lowry.  

$$\text{H}_2\text{O}_{(l)} + \text{NH}_{3(aq)} \rightleftharpoons \text{NH}_4^+_{(aq)} + \text{OH}^-_{(aq)}$$

Acide
+
base
 $\rightleftharpoons$ 
acide conjugué
+
base conjuguée
  - Les élèves devraient différencier les acides forts/faibles et les bases fortes/faibles. Les élèves doivent définir le % de dissociation,  $K_a$  et  $K_b$  et relier leurs valeurs à la force acide et basique. Ils devraient identifier les réactifs ou les produits favorables pour un équilibre acidobasique sur la base des valeurs  $K_a$  fournies pour des réactifs et produits.
  - Les élèves doivent écrire l'expression constante d'équilibre  $K_a$  et  $K_b$  appropriée à partir des équations, sachant que  $\text{H}_2\text{O}_{(l)}$  est omis dans l'expression d'équilibre. Par exemple, l'expression  $K_a$  pour l'acide acétique dans l'eau (vinaigre) est indiquée ci-dessous :
- $$\text{CH}_3\text{COOH}_{(aq)} + \text{H}_2\text{O}_{(l)} \rightleftharpoons \text{H}_3\text{O}^+_{(aq)} + \text{CH}_3\text{COO}^-_{(aq)}$$
- $$K_a = \frac{[\text{H}_3\text{O}^+][\text{CH}_3\text{COO}^-]}{[\text{CH}_3\text{COOH}]}$$
- Une expérience pourrait être réalisée pour représenter la nature réversible d'un système d'équilibre acidobasique à l'aide d'un indicateur. En utilisant les équations chimiques et le principe de Le Chatelier, les changements de couleur pourraient être prédits à la suite d'un changement d'équilibre lorsqu'un acide fort ou une base forte est ajouté.

**Notion C : ÉVALUER L'ÉQUILIBRE ACIDOBASIQUE**

**RAG** : L'élève pourra démontrer une compréhension des caractéristiques et des interactions des acides et des bases.

10 <sup>e</sup> année	11 <sup>e</sup> année	12 <sup>e</sup> année
UM2 Démontrer une compréhension des propriétés d'une solution électrolytique.		<b>AB3 Évaluer les réactions d'équilibre acidobasique.</b>

Les indicateurs qui suivent peuvent servir à déterminer si l'élève a bien atteint le RAS correspondant.

- Calculer le  $pH$  et le  $pOH$  d'un acide ou d'une base compte tenu de sa concentration, et vice versa.
  - $pH = -\log[H_3O^+]$
  - $pOH = -\log[OH^-]$
- Calculer les valeurs  $K_a$  et  $K_b$  à partir des concentrations d'équilibre, et vice versa.
- Organiser les quantités en équilibre acide/base à l'aide des tables d'équilibre à changement initial (Tableau Initiale – Variations – Équilibre : IVE).
- Évaluer l'équilibre acide / base pour déterminer les concentrations d'équilibre, le  $pH$ , le  $pOH$ ,  $[H_3O^+]$ ,  $[OH^-]$  et le pourcentage de dissociation à partir de la concentration initiale et de la valeur  $K$ .
- Évaluer l'équilibre acide / base pour déterminer les concentrations d'équilibre, le  $pH$ , le  $pOH$ ,  $[H_3O^+]$ ,  $[OH^-]$  et le pourcentage de dissociation en se servant de  $[H^+]$  ou le  $pH$  et la valeur  $K$ .
- Expliquer comment certains indicateurs permettent de prédire le  $pH$  d'une solution donnée.
- Sélectionner les indicateurs appropriés pour les titrages acidobasiques.
- Distinguer entre le point final et le point d'équivalence.
- Esquisser des courbes de titrage.
- Représenter graphiquement et interpréter les courbes de titrage.

**Niveau cognitif et dimension des connaissances** : 3 / conceptuelle

**Compétence(s) transdisciplinaire(s) :**



**Pistes d'enseignement et d'évaluation :**

- Les élèves ont été exposés à l'échelle de  $pH$  en 10<sup>e</sup> année. Cependant, il serait important pour eux de revoir l'échelle de  $pH$  afin de s'assurer qu'ils comprennent la signification des différentes valeurs de  $pH$ .

- Les élèves doivent identifier les valeurs de pH et de pOH associées aux solutions acides et basiques. Les élèves doivent identifier que la présence de  $[H_3O^+]$  ou  $[OH^-]$  provenant d'un acide fort, ou raisonnablement fort, ou une base forte, ou raisonnablement forte, ne sera pas affectée de manière significative par la réaction d'auto-ionisation de l'eau, ce qui leur évite d'avoir à tenir compte des ions  $[H_3O^+]$  ou  $[OH^-]$  qui seront produits.
- Les élèves devraient calculer la valeur de  $K_a$  ou une concentration d'équilibre étant donné toutes les autres valeurs de l'expression d'équilibre. Pour les calculs impliquant l'expression constante d'équilibre dans laquelle les calculs doivent être effectués avant de substituer des valeurs dans l'expression, une discussion de groupe sur les stratégies de résolution de problèmes aiderait les élèves à mieux comprendre les relations entre les réactifs et les produits, initialement et pendant l'équilibre. Une table IVE est une méthode utile pour organiser les données et faire le lien entre le réactif et le produit.

$$CH_3COOH + H_2O \rightleftharpoons H_3O^+ + CH_3COO^-$$

I	0,100 M	0	~ 0
V	- x	x	x
E	0,100 - x	x	x

0,100 ( si x est négligeable)

- Le tableau IVE ci-dessus implique le calcul de la concentration de toutes les espèces à l'équilibre étant donné le  $K_a$  et la concentration initiale. L'équation quadratique peut être nécessaire pour résoudre « x »; cependant, le guide suivant peut être utilisé pour des situations dans lesquelles la valeur de  $K_a$  (ou  $K_b$ ) est suffisamment petite pour supposer que la quantité d'acide (ou de base) dissociée, « x », est négligeable par rapport à la concentration initiale d'acide (ou de base). Cela simplifie le calcul en éliminant le besoin d'utiliser l'équation quadratique.
  - Si  $\frac{[HA]}{K_a} > 500$ , le changement « x » de la concentration initiale est négligeable.
  - Si  $\frac{[HA]}{K_a} < 500$ , le changement « x » de la concentration initiale n'est pas négligeable. L'équation quadratique sera requise.
- D'autres méthodes peuvent également être utilisées pour déterminer si le changement de concentration initiale est négligeable. Une méthode consiste à supposer que le changement est négligeable et à utiliser les concentrations d'équilibre résultantes pour calculer la valeur de  $K_a$  (ou  $K_b$ ). Si la valeur calculée diffère de moins de 5 % de la valeur donnée, l'hypothèse formulée était acceptable; sinon, l'hypothèse ne devrait pas être faite.
- Les élèves doivent comparer les termes point final et point d'équivalence. Les élèves devraient identifier le pH d'une solution à l'aide d'indicateurs. Les élèves devraient choisir des indicateurs acidobasiques appropriés étant donné le pH au point d'équivalence et un tableau des plages de pH efficaces pour divers indicateurs acidobasiques. Les élèves pourraient réaliser une expérience pour déterminer le pH de divers acides et bases à l'aide d'indicateurs.
- Les élèves pourraient expliquer une courbe de titrage impliquant une espèce polybasique avec un acide fort (acide chlorhydrique avec carbonate de sodium). De plus, ils devraient expliquer les résultats d'un graphique de titrage impliquant une espèce polyprotique avec une base forte (acide phosphorique avec hydroxyde de sodium) et le pH au point d'équivalence lorsque des acides forts sont mélangés avec des bases faibles, et vice versa. Les enseignants peuvent mentionner l'hydrolyse du sel ici pour aider à expliquer les courbes de titrage, en particulier lorsque le pH au point d'équivalence n'est pas égal à 7.

## Thème 5

### CONNAISSANCES PROCÉDURALES (Intégré tout au long du cours)

#### Sommaire des résultats d'apprentissage spécifiques :

RAS
Appliquer ses connaissances et sa compréhension des protocoles et procédures de laboratoire sécuritaires.
Appliquer des techniques, des procédures et des technologies appropriées pour la collecte et l'analyse des données pour résoudre les problèmes.
Utiliser l'incertitude dans la mesure et le traitement des données.
Évaluer un phénomène scientifique en utilisant l'argumentation.
Concevoir (ou modifier) une expérience tout en identifiant et en contrôlant les principales variables.

**Notion A : LA SÉCURITÉ AU LABORATOIRE**

**RAG :** L'élève pourra comprendre et devenir compétent en utilisant les compétences, les processus et les pratiques nécessaires à l'enquête scientifique et à l'application de la science. Cela comprend les compétences nécessaires à la sécurité au laboratoire, à l'argumentation, à la communication, à la collaboration, à l'analyse mathématique et à la maîtrise de la technologie.

10 <sup>e</sup> année	11 <sup>e</sup> année	12 <sup>e</sup> année
	CP1 Appliquer ses connaissances et sa compréhension des protocoles et procédures de laboratoire sécuritaires.	<b>CP1 Appliquer ses connaissances et sa compréhension des protocoles et procédures de laboratoire sécuritaires.</b>

*Les indicateurs qui suivent peuvent servir à déterminer si l'élève a bien atteint le RAS correspondant.*

- Interpréter les pictogrammes et les étiquettes du Système d'information sur les matières dangereuses utilisées au travail (SIMDUT 2015);
- Comprendre les protocoles de sécurité généraux, les procédures et les dangers pour assurer la sécurité de soi et des autres;
- Comprendre les protocoles de sécurité, les procédures et les dangers spécifiques à l'activité en cours pour s'assurer la sécurité de soi et des autres;
- Appliquer des protocoles et des procédures appropriés pour acquérir, utiliser et éliminer les matériaux et l'équipement en toute sécurité.

**Questions directrices pour aborder le RAS :**

- Quelles procédures de sécurité faut-il suivre?
- Où puis-je trouver des informations importantes concernant les produits chimiques que j'utilise en laboratoire?
- Que faire en cas d'incendie, de déversement ou d'autre accident de laboratoire?

**Niveau cognitif et dimension des connaissances :** 2 / procédurale

**Compétence(s) transdisciplinaire(s) :**



**Pistes d'enseignement et d'évaluation :**

- Les élèves doivent connaître leurs rôles et responsabilités (manuel de sécurité au laboratoire), les directives générales de la sécurité au laboratoire, ainsi que les protocoles et les procédures de sécurité spécifiques à l'activité scientifique (décrits au début de l'activité).
- Compte tenu de l'importance de la sécurité dans les activités scientifiques, l'évaluation de ce RAS doit être fréquente et triangulée (observation, conversation, produit). Ce RAS contient un mélange de savoir et de faire; par conséquent, l'évaluation devrait incorporer une variété de techniques d'évaluation, dont certaines doivent incorporer une évaluation des performances où les élèves peuvent démontrer leurs connaissances et leur compréhension par l'application.
- Avant de s'engager dans des activités de laboratoire, les élèves doivent recevoir des directives générales de sécurité au laboratoire qui peuvent être introduites dans une variété de façons créatives afin d'encourager une discussion réfléchie. Les élèves pourraient s'engager dans la co-construction des critères de réussite pour se rapporter aux questions : « Qu'est-ce qui compte? » et « Qu'est-ce qui est important pour assurer un travail au laboratoire plus sûr? » Pour faciliter ce processus, une série de questions peut être créée pour catalyser les réflexions des élèves sur les divers aspects de la sécurité au laboratoire de sciences. De plus, les problèmes de sécurité et les procédures spécifiques qui sont associées à une activité doivent être traités au début de chaque activité.
- **Veillez noter :** Il est attendu que les enseignants aient suivi la dernière formation SIMDUT 2015 et aient accès au manuel de sécurité au laboratoire. Dans ce manuel, la responsabilité de l'élève est décrite en plus de celle de l'enseignant, de la direction de l'école et de la commission scolaire.

### Notion B : LA COLLECTE ET L'ANALYSE DES DONNÉES

**RAG :** L'élève pourra comprendre et devenir compétent en utilisant les compétences, les processus et les pratiques nécessaires à l'enquête scientifique et à l'application de la science. Cela comprend les compétences nécessaires à la sécurité au laboratoire, à l'argumentation, à la communication, à la collaboration, à l'analyse mathématique et à la maîtrise de la technologie.

10 <sup>e</sup> année	11 <sup>e</sup> année	12 <sup>e</sup> année
	CP2 Appliquer des techniques, des procédures et des technologies appropriées pour la collecte et l'analyse des données pour résoudre les problèmes.	<b>CP2 Appliquer des techniques, des procédures et des technologies appropriées pour la collecte et l'analyse des données pour résoudre les problèmes.</b>

*Les indicateurs qui suivent peuvent servir à déterminer si l'élève a bien atteint le RAS correspondant.*

- Utiliser des outils de collecte de données appropriés, y compris des enregistreurs de données, pour la collecte de données.
- Utiliser des outils d'analyse de données appropriés, y compris des feuilles de calcul, pour l'analyse des données.
- Utiliser des techniques appropriées pour la collecte et l'analyse des données.
- Communiquer les techniques et procédures appropriées nécessaires pour enquêter sur les phénomènes scientifiques et pour résoudre un problème.

#### Questions directrices pour aborder le RAS :

- Comment sélectionner et utiliser des instruments appropriés en laboratoire?
- Comment assurer une utilisation efficace, et avec exactitude, des instruments pour la collecte de données?
- À quoi sert l'analyse des données?

**Niveau cognitif et dimension des connaissances :** 2 / procédurale

**Compétence(s) transdisciplinaire(s) :**



**Pistes d'enseignement et d'évaluation :**

- Il est important que les élèves sachent non seulement comment utiliser les technologies (balance électronique) et les techniques (les titrages) qui sont communs à la science, mais qu'ils soient également capables d'appliquer et de communiquer des techniques, procédures, et des technologies spécifiques au sujet étudié afin de résoudre les problèmes.
- Les outils, techniques et procédures attendues des élèves sont ceux trouvés et exécutés dans les laboratoires de base qui sont identifiés ci-dessous.

**Laboratoires de base :****La chimie quantique :**

**Laboratoire :** Modélisation

**Thermochimie :**

**Laboratoire :** Enthalpie

**Laboratoire :** Loi de Hess

**Équilibre chimique :**

**Laboratoire :** Vitesse de réaction

**Laboratoire :** Déplacement double – Précipité

**Acides et bases :**

**Laboratoire :** Titration acidobasique

Ce RAS va au-delà de la compréhension et de l'utilisation. Les élèves doivent appliquer (et communiquer) les techniques et procédures. Par conséquent, la question suivante (liée à une procédure de laboratoire de base) démontre les attentes pour l'évaluation de ce RAS.

*Question :* Une bouteille contenant du sulfate de cuivre est posée sur une table de laboratoire. En raison d'une déchirure dans l'étiquette, vous n'êtes pas au courant de l'hydrate composante de la formule empirique. Décrivez en détail une technique expérimentale que vous pouvez utiliser pour déterminer la formule de l'hydrate.

*Détails de la réponse :* On s'attend à ce que les élèves expliquent le concept d'hydrate, rédigent une procédure et décrivent les calculs nécessaires qui leur permettront de trouver la formule de l'hydrate pour le sulfate de cuivre.

**Veillez noter :** le RAS CP5 peut être traité en incorporant la conception (ou la modification) expérimentale dans l'un des laboratoires de base identifiés ci-dessus.



**Notion C : L'INCERTITUDE**

**RAG :** L'élève pourra comprendre et devenir compétent en utilisant les compétences, les processus et les pratiques nécessaires à l'enquête scientifique et à l'application de la science. Cela comprend les compétences nécessaires à la sécurité au laboratoire, à l'argumentation, à la communication, à la collaboration, à l'analyse mathématique et à la maîtrise de la technologie.

10 <sup>e</sup> année	11 <sup>e</sup> année	12 <sup>e</sup> année
	CP3 Utiliser l'incertitude dans la mesure et le traitement des données.	<b>CP3 Utiliser l'incertitude dans la mesure et le traitement des données.</b>

*Les indicateurs qui suivent peuvent servir à déterminer si l'élève a bien atteint le RAS correspondant.*

- Distinguer entre l'exactitude et la précision.
- Comprendre les erreurs aléatoires et systématiques et leurs sources.
- Identifier l'erreur associée aux valeurs mesurées (plage  $\pm$  ou %).
- Identifier les quantités, à la fois implicites et explicites, nécessaires pour résoudre un problème.
- Manipuler des expressions algébriques spécifiques pour isoler n'importe quelle variable.
- Estimer et calculer une quantité inconnue à l'aide de quantités connues.
- Traiter les données avec précision, en se servant des chiffres significatifs appropriés.

**Questions directrices pour aborder le RAS :**

- Quelle est la différence entre une erreur scientifique et une faute?
- Comment ces erreurs ont-elles eu un impact sur mon interprétation des résultats?
- Pourquoi est-il important de tenir compte des erreurs systématiques lors de la communication des résultats scientifiques?

**Niveau cognitif et dimension des connaissances :** 2 / procédurale

**Compétence(s) transdisciplinaire(s) :**

**Pistes d'enseignement et d'évaluation :**

- Les élèves doivent comprendre que l'incertitude existe avec toutes les quantités mesurées et que les sources d'erreur relèvent de l'une des deux catégories, aléatoire ou systématique.
- Les élèves doivent être capables d'identifier les sources d'erreurs aléatoires et systématiques en laboratoire.
  - L'erreur aléatoire résulte de l'imprécision des appareils de mesure menant à des valeurs mesurées au-dessus ou en dessous de la valeur attendue. Les scientifiques font

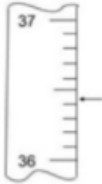
souvent plusieurs essais ou utilisent un équipement plus précis pour minimiser les erreurs aléatoires.

- L'erreur systématique résulte d'une configuration expérimentale incorrecte menant à des valeurs mesurant toujours au-dessus ou toujours en dessous de la valeur attendue. Des exemples d'erreur systématique seraient un instrument mal calibré ou une expérience mal contrôlée. De multiples essais ne minimiseront pas l'erreur systématique.
- Il est important d'évaluer l'étendue des erreurs scientifiques, car les erreurs ont un impact direct sur la qualité des preuves utilisées pour étayer la conclusion finale.
- Les élèves doivent rechercher les erreurs scientifiques qui affectent l'exactitude et la précision. Les erreurs scientifiques sont acceptées comme une partie de la science et rapportées avec les résultats. Les élèves doivent se rendre compte que les erreurs scientifiques diffèrent des fautes. Les fautes incluent de telles choses comme oublier d'enregistrer des données, faire des erreurs de calcul, renverser du matériel et installer un appareil de manière incorrecte. Dans les bonnes pratiques scientifiques, les enquêtes dans lesquelles des fautes se sont produites sont rejetées.

Type d'erreur	Caractéristiques	Sources d'erreur	Moyens de réduire
Erreur systématique (inexactitude)	<ul style="list-style-type: none"> <li>constamment dans une direction</li> <li>en raison de la conception ou de la compétence</li> <li>peut être éliminé</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>qualité du matériel</li> <li>équipement non calibré</li> <li>incapacité à contrôler les variables</li> <li>biais (observationnel)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>améliorer la conception ou l'équipement</li> <li>utiliser une étude de contrôle ou en aveugle</li> <li>calibrer l'équipement</li> </ul>
Erreur aléatoire (imprécision)	<ul style="list-style-type: none"> <li>fluctue au hasard</li> <li>peut être réduit, mais pas éliminé</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>fluctuation normale des mesures</li> <li>précision de l'instrument utilisé pour mesurer</li> <li>trop peu de mesures ou d'échantillons</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>utiliser un équipement plus précis</li> <li>augmenter le nombre d'essais</li> <li>augmenter le nombre d'échantillons</li> </ul>

- L'exactitude et la précision sont souvent utilisées de manière interchangeable; cependant, en science, ils ont des significations très spécifiques. Les élèves devraient comprendre que l'exactitude indique la proximité d'une valeur de mesure par rapport à la valeur attendue, alors que la précision se rapporte à la proximité des valeurs mesurées les uns aux autres. Plus précisément, la précision est liée aux chiffres significatifs dans une valeur mesurée et est représentée par des valeurs d'incertitude, soit en incertitude absolue soit en pourcentage. On s'attend à ce que les élèves enregistrent toutes les valeurs mesurées avec leur incertitude associée.
- Les équipements numériques et certains appareils analogiques fournissent les valeurs d'incertitude en pourcentage ou absolues; cependant, de nombreux appareils analogiques ne le font pas. La façon la plus simple d'exprimer l'incertitude d'une échelle analogique est d'utiliser la résolution qui reflète la plus petite division de l'échelle. Souvent, cette méthode exagère l'incertitude réelle, de sorte qu'une résolution fractionnaire peut être utilisée. Il est important pour les élèves de noter qu'il existe de nombreuses façons de tenir compte de

l'incertitude et que la grande idée est que l'incertitude existe et qu'une tentative raisonnable d'en tenir compte doit être employée.

Exemple		Résolution	$\frac{1}{2}$ résolution	$\frac{1}{2}$ résolution
		36,4 mL $\pm$ 0,1 mL	36,43 $\pm$ 0,05 mL	36,43 $\pm$ 0,02 mL
	L'échelle de burette ayant le mL divisé par 10 (incrément de 0,1 mL indiqués)	(À noter : la décimale de la valeur est cohérente avec l'incertitude; le 3/100 <sup>e</sup> a été estimé en utilisant la résolution fractionnaire)		

**Notion D : L'ARGUMENTATION**

**RAG :** L'élève pourra comprendre et devenir compétent en utilisant les compétences, les processus et les pratiques nécessaires à l'enquête scientifique et à l'application de la science. Cela comprend les compétences nécessaires à la sécurité au laboratoire, à l'argumentation, à la communication, à la collaboration, à l'analyse mathématique et à la maîtrise de la technologie.

10 <sup>e</sup> année	11 <sup>e</sup> année	12 <sup>e</sup> année
	CP4 Évaluer un phénomène scientifique en utilisant l'argumentation.	<b>CP4 Évaluer un phénomène scientifique en utilisant l'argumentation.</b>

*Les indicateurs qui suivent peuvent servir à déterminer si l'élève a bien atteint le RAS correspondant.*

- Comprendre que l'argumentation scientifique implique des prétentions, des preuves et un raisonnement.
- Appuyer une prétention en utilisant des preuves provenant de données expérimentales et du raisonnement associé.
- Étayer une prétention en utilisant des concepts, des modèles, des lois ou des théories et le raisonnement associé.
- Discuter des sources potentielles d'erreurs (aléatoires et systématiques) dans les données expérimentales.
- Argumenter l'impact directionnel de l'erreur sur les résultats.
- Argumenter quelles sources d'erreur ont le plus probablement eu un effet majeur/mineur sur les résultats.
- Expliquer les moyens d'ajuster la procédure expérimentale pour atténuer l'incertitude ou l'utilisation de contrôles pour renforcer les prétentions.
- Discuter des limites des preuves fournies, y compris les faiblesses de la méthodologie et les sources possibles de biais.

**Questions directrices pour aborder le RAS :**

- Qu'est-ce qu'un argument scientifique? Pourquoi est-ce important en science?
- Quel est le but de l'enquête?
- Quelles données seront enregistrées? Quelles sont les unités? Comment cela aidera-t-il à répondre à la question posée?
- Qu'est-ce que le biais?

**Niveau cognitif et dimension des connaissances :** 3 / procédurale  
**Compétence(s) transdisciplinaire(s) :**



**Pistes d'enseignement et d'évaluation :**

- Ce RAS est au cœur de la science car il touche toutes les composantes de la nature de la science – comment et ce que nous savons du monde naturel/physique. L'argumentation est l'un des objectifs principaux de la science, fondée sur des preuves qui jouent continuellement avec l'interaction entre le raisonnement inductif et déductif.
- L'argumentation est de nature évaluative. Cela nécessite une compréhension approfondie de la tâche qui est analysée, suivie d'une décision (prétention) à prendre qui est liée (raisonnement) à des preuves à l'appui. L'argumentation est souvent utilisée dans la section de discussion des rapports scientifiques pour justifier la conclusion par rapport à l'objectif expérimental. De plus, l'argument scientifique est utilisé pour expliquer les types d'erreurs dans l'expérimentation, leur impact directionnel sur les résultats et les limites résultantes de l'expérience.
- Les composantes de l'argumentation scientifique (prétention - preuves - raisonnement) et l'habileté à rédiger des arguments doivent être formellement abordées. L'utilisation d'exemples et du transfert graduel de la responsabilité sont recommandés comme stratégies d'enseignement. Des cadres d'écriture tels que celui illustré ci-dessous peuvent être utilisés pour organiser les preuves et les explications relatives aux prétentions.

Prétention	Raisonnement	Preuve
Votre réponse à une question donnée est votre prétention.	Le raisonnement est le pont entre votre réponse (prétention) et les données qui vous ont mené à cette réponse (preuve).	Les données (preuves) qui vous ont aidé à arriver à votre prétention sont vos preuves.
Dans l'espace fourni, énoncez votre prétention, définissez votre preuve et dans la case de raisonnement indiquez comment et/ou pourquoi votre preuve étaye ou justifie votre prétention. Ensemble, votre prétention, vos preuves et votre raisonnement forment votre argument (qui est fondé sur les preuves).		

**Notion E : LES ENQUÊTES SCIENTIFIQUES**

**RAG :** L'élève pourra comprendre et devenir compétent en utilisant les compétences, les processus et les pratiques nécessaires à l'enquête scientifique et à l'application de la science. Cela comprend les compétences nécessaires à la sécurité au laboratoire, à l'argumentation, à la communication, à la collaboration, à l'analyse mathématique et à la maîtrise de la technologie.

10 <sup>e</sup> année	11 <sup>e</sup> année	12 <sup>e</sup> année
	CP 5 Concevoir (ou modifier) une expérience tout en identifiant et en contrôlant les principales variables.	<b>CP 5 Concevoir (ou modifier) une expérience tout en identifiant et en contrôlant les principales variables.</b>

*Les indicateurs qui suivent peuvent servir à déterminer si l'élève a bien atteint le RAS correspondant.*

- A. Formuler des questions pertinentes à étudier.
- B. Formuler des hypothèses et faire des prédictions éclairées.
- C. Identifier et contrôler les variables majeures.
- D. Sélectionner des procédures et des techniques appropriées pour faire varier la variable indépendante.
- E. Sélectionner des procédures et des techniques d'échantillonnage appropriées pour la variable dépendante.

**Questions directrices pour aborder le RAS :**

1. Quelles mesures varieront/ne varieront pas dans une expérience?
2. De quel matériel ai-je besoin?
3. Pourquoi est-il utile d'inclure un contrôle dans une expérience?
4. Y avait-il des variables que je n'étais pas en mesure de bien contrôler?
5. Que pourrais-je changer pour mieux contrôler ces variables la prochaine fois?
6. Faire une expérience une fois fournit-il une « preuve suffisante »? Pourquoi pas?
7. Que sont des « bonnes » données?
8. Comment dois-je communiquer mes données pour qu'une autre personne puisse les comprendre plus tard?

**Niveau cognitif et dimension des connaissances :** 3 / procédurale

**Compétence(s) transdisciplinaire(s) :**



**Pistes d'enseignement et d'évaluation :**

- Il est important que les élèves pratiquent la conception (la modification) expérimentale afin de développer des compétences de résolution de problème et la pensée critique.
- Les élèves devraient être encouragés à réfléchir à ce qu'ils font et à prendre des décisions éclairées. Pour y arriver, les élèves doivent être exposés au processus de création de leurs propres procédures expérimentales.
- L'utilisation de la stratégie du transfert graduel de la responsabilité doit être utilisée par l'enseignant lorsqu'il aborde ce résultat d'apprentissage, car ce processus doit d'abord être modélisé pour les élèves, ensuite réalisé avec les élèves avant qu'ils ne soient capables de suivre cette procédure par eux-mêmes.
- Les élèves doivent utiliser les termes suivants dans la conception expérimentale et doivent être conscients qu'un principe fondamental de la science est que les résultats produits par une enquête sont reproductibles.

**Vocabulaire :**


- **Reproductible** : donne des résultats cohérents (fiables) lorsqu'il est effectué par la même personne ou un autre chercheur utilisant le même équipement ou appareil
- **Variable indépendante** : variable manipulée (modifiée) qui provoque un changement dans une autre variable. C'est la seule variable à être manipulée par l'expérimentateur.
- **Variable dépendante** : variable répondante (mesurée) qui est affectée par la variable indépendante. L'expérimentateur observe ou mesure tout changement qui se produit.
- **Variable contrôlée** : variable qui n'est ni modifiée ni mesurée, mais maintenue constante. Pour être certain que la variable indépendante provoque l'effet observé sur la variable dépendante, toutes les autres variables doivent être contrôlées ou maintenues constantes.
- **Variable confondante** (facteur confondant ou facteur de confusion) : variable mal contrôlée pouvant influencer les résultats.
- **Hypothèse** : explications provisoires et testables pour répondre aux questions causales. C'est une idée fausse que les hypothèses sont des suppositions. Une hypothèse est accompagnée d'un énoncé de prédiction.
- **Énoncé de prédiction** : décrivant ce qui devrait se produire pendant l'expérience si l'hypothèse est correcte; l'énoncé de prédiction inclut la direction du changement (par exemple, une augmentation ou une diminution).

**-D-**  
**Annexe**



## Annexe A

Exemple d'un plan d'enseignement

Mois	RAS	Connaissances procédurales
<b>septembre / février (≈18 heures)</b>	CQ1 CQ2	
<b>octobre / mars (≈20 heures)</b>	CQ3 T1 T2 T3	
<b>novembre / avril (≈19 heures)</b>	EQ1 EQ2 EQ3	
<b>décembre / mai (≈18 heures)</b>	EQ4 AB1 AB2	
<b>janvier / juin (≈15 heures)</b>	AB3 Révision/examen	

## Annexe B

**Tableau de spécifications**

Thème	Niveau 1	Niveau 2	Niveau 3
La chimie quantique		CQ1, CQ3	CQ2
La thermochimie	T1		T2, T3
L'équilibre chimique		ÉC1, ÉC2	ÉC3
Les acides et les bases		AB1, AB2	AB3
Connaissances procédurales		CP1. CP2. CP3	CP4, CP5

## Annexe C

**La démarche scientifique**

---

Étapes de la démarche scientifique :

1. Prise de conscience du **problème**
  2. Anticipation (**hypothèse**)
  3. Conception de **l'expérience**
  4. **Cueillette** des données
  5. **Traitement** des données
  6. **Interprétation** des données
  7. **Conclusion**
- 

- Voici quelques points importants concernant chacune des étapes qui t'aideront sûrement tout au long du semestre.

1. Prise de conscience du **PROBLÈME** :

- Premières observations qui te permettent de situer le problème.
- Le problème peut être exprimé sous forme de **question** ou d'énoncé.
- Il doit être **court** et **précis**.

2. **HYPOTHÈSE** :

- **Tentative d'une réponse** au problème.
- L'hypothèse doit être **vérifiable par expérience**.
- Une hypothèse peut être vraie ou fausse sans être mauvaise, car elle n'a pas encore été vérifiée.

3. **EXPÉRIMENTATION** :

- **Matériel** : Tu dressés la **liste** de tout le **matériel** dont tu as besoin (instruments et produits chimiques).
- **Marche à suivre** :
  - i. Tu écris les différentes **étapes** à suivre afin d'obtenir des mesures ou des observations qui vont te permettre de vérifier ton hypothèse.
  - ii. Tu dois recommencer la marche à suivre plusieurs fois afin d'augmenter la précision des résultats et **l'indiquer** dans la marche à suivre.

4. **CUEILLETTE DES DONNÉES** :

- C'est l'ensemble des **données que tu recueilles** pendant l'expérience ou des **observations** que tu notes.
- Il existe des **observations quantitatives** (obtenues avec un instrument de mesure).
  - Ex. : Le liquide est à 50 °C.

- Il existe également des **observations qualitatives** (aucun instrument de mesure, plutôt obtenues à partir des cinq sens, parfois moins fiables, mais utiles).
  - Ex. : La solution est devenue rose.
- 5. **TRAITEMENT DES DONNÉES :**
  - À partir de la cueillette de tes données, tu peux **organiser tes données** et faire des **calculs** (tableaux, graphiques, déterminer le pourcentage d'erreurs, calculer la masse volumique).
- 6. **INTERPRÉTATION DES DONNÉES :**
  - Après avoir traité nos données, on tente d'**analyser le phénomène observé** dans le but de **comprendre** ce que l'expérience nous a démontré.
  - C'est l'étape de la **discussion**, de l'**analyse** de l'expérience.
- 7. **CONCLUSION :**
  - C'est à cette étape que tu dois **affirmer** si ton hypothèse est **vraie** ou **fausse**.
  - Si ton hypothèse s'avère exacte plusieurs fois, tu peux en tirer des conclusions te permettant d'élaborer une **théorie** (explication d'un phénomène mais qui demeure sans preuve, non vérifiable par expérience) ou une **loi** (énoncé qui prédit avec certitude les résultats d'un phénomène).

## Annexe D

### le modèle d'enquête « Les 5 E »

Le modèle d'enquête « Les 5 E K, a été développé en 1987 par la *Biological Sciences Curriculum Study*. Ce modèle favorise un apprentissage collaboratif et actif dans lequel les élèves travaillent ensemble pour résoudre des problèmes et étudier de nouveaux concepts en posant des questions, en observant, en analysant et en tirant des conclusions. Ce modèle vise à permettre aux élèves de comprendre un concept au fil du temps à travers une série d'étapes ou de phases établies. Ces phases comprennent l'engagement, l'exploration, l'explication, l'élaboration et l'évaluation.<sup>10</sup>

**Engagement:** Cette étape du cycle d'apprentissage est censée d'être très intéressante. Il vise à piquer l'intérêt des élèves et à catalyser la curiosité. Les enseignants peuvent évaluer de manière formelle les conceptions / idées fausses des élèves à ce stade du cycle d'apprentissage. Les enseignants utilisent souvent des questions directrices (p.ex. « Que se passerait-il si...? » ou « Pourquoi cela se produit-il quand...? ». Une autre stratégie consiste à poser des questions telles que « Comment puis-je construire un meilleur...? ».

**Exploration:** Cette étape du cycle d'apprentissage offre aux élèves la possibilité de participer activement au cycle d'apprentissage. Les élèves, à ce stade, peuvent faire leur propre exploration du concept avant que l'enseignant présente les informations.

**Explication:** Cette étape du cycle d'apprentissage permet aux élèves de communiquer leurs explications sur le phénomène/ concept étudié. Il permet à l'enseignant de renforcer les réponses correctes et de s'engager dans des questions pour contester les réponses incorrectes.

**Élaboration:** Cette étape du cycle d'apprentissage offre aux élèves la possibilité d'enquêter davantage (une enquête ouverte) ou d'approfondir / renforcer ce qu'ils ont appris en l'appliquant à un contexte similaire.

**Évaluation:** Cette étape du cycle d'apprentissage évalue la réalisation de l'objectif d'apprentissage par les élèves. L'évaluation formative peut être effectuée tout au long des étapes des cycles d'apprentissage et ne se limite pas à la partie « évaluation » du cycle d'apprentissage. Cependant, une évaluation sommative serait effectuée à la fin d'une leçon / séquence d'enseignement.



<sup>10</sup> Traduit de Lesley University, « Empowering Students : The 5E Model Explained », *Lesley University, Massachusetts*, <https://bit.ly/39gxl4B> (consulté le 5 juin 2020).

## Annexe E

**Les stratégies de littératie qui soutiennent l'apprentissage des sciences****Parler et écouter**

- Utiliser le discours pour promouvoir l'apprentissage scientifique.
- Utiliser penser-apparier/partager et des activités jigsaw pour promouvoir les pairs-parler entre pairs.
- Demander aux élèves de travailler en groupes pour mener des enquêtes.

**Écrire et représenter**

- Discuter du sujet avant que les élèves ne commencent à écrire.
- Utiliser le modèle du transfert graduel de la responsabilité avec des exemples de rédaction scientifique.
- Offrir aux élèves des occasions de produire des parties et des rapports de procédure complets.
- Utilisez des gabarits et des invites (tiges de phrases) pour guider les élèves dans la rédaction d'arguments et d'explications justifiés.
- Enseigner à résumer des textes de manière efficace.

**Lecture et visualisation**

- Discuter des connaissances antérieures et l'objectif de la lecture.
- Fournir une gamme de matériels et d'opportunités de lecture et de visualisation (par exemple, des textes, tels que des manuels, des études de cas, des articles de magazines, des instructions de laboratoire et des démonstrations).
- Aider les élèves à comprendre le genre du manuel et l'utilisation de fonctionnalités telles que la table des matières, le glossaire, l'index, les sous-titres et les images.
- Modéliser comment extraire des informations à partir de diagrammes de tableaux et de graphiques (texte informatif).
- Offrir des occasions de traduire un texte informatif en texte écrit.
- Modéliser et utiliser le transfert graduel de la responsabilité pour enseigner la prise de notes.

**Vocabulaire**

- Identifier, dès le départ, les termes et expressions qui sont essentiels à un sujet.
- Fournir des instructions concernant l'origine, une brève explication ou une description du nouveau mot.
- Associer le mot à une image ou à une autre représentation non linguistique du mot.
- Donner aux élèves des occasions de fournir leurs propres explications ou représentations non linguistiques du mot ou de l'expression.
- Discuter des différences dans le sens des mots partagés par la science et le langage courant (par exemple, loi, théorie, fait, variable).

**Les compétences en évaluation**

- Modéliser des stratégies pour la rédaction d'une évaluation sommative (revoir la conception et la mise en page de l'évaluation etc.).
- Enseigner le vocabulaire associé aux questions sur l'évaluation (par exemple, expliquer, lister, décrire, comparer) pour reconnaître ce qu'on leur demande de faire.
- Modéliser comment répondre à des questions de différents types.
- Enseigner aux élèves comment réfléchir aux points forts et aux points faibles et élaborer un plan d'apprentissage concret pour aller de l'avant.
- Offrir aux élèves diverses façons de démontrer leur compréhension (notamment des rapports, des présentations, des tests écrits et des portfolios scientifiques.)

## Annexe F

### Références

- Clancy, Christina, Ted Doram, Brian Heimbecker, Michael Mazza, Paul McNulty et Frank Mustoe. 2011. Chimie 11. Montréal, Québec : Chenelière Éducation.
- Conseil atlantique des ministres de l'Éducation et de la Formation (CAMEF). 2015. *Le Cadre des compétences transdisciplinaires*. Halifax, N.-É.
- Conseil des ministres de l'Éducation, Canada. 1997. *Le Cadre commun de résultats d'apprentissage des sciences de la nature M à 12*. Toronto, ON: Récupéré de <https://science.cmec.ca/framework/Pages/french/table.html>
- Girouard, Stéphane, Danielle Lapierre et Claudio Marrano. 2019. Chimie Organique 1. Montréal, Québec : Chenelière Éducation.
- Jenkins, Frank et coll., 2007. Chimie 11-12. Montréal, Québec : Chenelière Éducation.
- Krathwal D.R. 2002. A Revision of Bloom's Taxonomy, An Overview. *Theory into Practice*. 41(4), 212-218.
- Ministère de l'Éducation, Développement préscolaire et Culture de l'Île-du-Prince-Édouard. 2021. *Programme d'études Chimie 621A (division anglaise)*. Summerside, ÎPÉ.
- Marzano, R.J., Pickering D.J., Pollock J.E. 2004. *Classroom Instruction that Works: Research-based Strategies for Increasing Student Achievement*. Alexandria, VA: Association for Supervision and Curriculum Development.
- Mustoe, Frank et John Ivanco. 2003. Chimie 12. Montréal, Québec : Chenelière Éducation.
- Schmidt, B. 2017. « STIM 101: Quel est le sens de ce nom? ». Canada2067 La science d'un avenir à succès. Récupéré de <https://canada2067.letstalkscience.ca/fr/articles/english-stem-101-whats-in-a-name/> [consulté le 30 novembre, 2017].
- Sciences jeunesse Canada. 2011. Éducasciences. Récupéré de: <https://youthscience.ca/fr/for-educators>
- Sharratt, L., Fullan, M. 2012. *Putting Faces on the Data*. California : Corwin.
- STIAM. Image numérique. Commission scolaire English-Montréal. Web. 23 novembre 2017