

Le présent document est une adaptation du programme d'études *Chimie* du Programme de formation de l'école québécoise, enseignement secondaire, deuxième cycle.

Coordination et rédaction

Direction de l'éducation des adultes et de l'action communautaire
Secteur du développement pédagogique et du soutien aux élèves

Pour tout renseignement, s'adresser à l'endroit suivant :

Direction de l'éducation des adultes et de l'action communautaire
Ministère de l'Éducation, de l'Enseignement supérieur et de la Recherche
1035, rue De La Chevrotière, 13^e étage
Québec (Québec) G1R 5A5
Téléphone : 418 643-9754

Ce document peut être consulté sur le site Web du Ministère de l'Éducation, de l'Enseignement supérieur et de la Recherche :
www.meesr.gouv.qc.ca

© Gouvernement du Québec
Ministère de l'Éducation, de l'Enseignement supérieur et de la Recherche, 2015

ISBN 978-2-550-72482-7 (PDF)
ISBN 978-2-550-72483-4 (version anglaise)

Dépôt légal – Bibliothèque et Archives nationales du Québec, 2015

Table des matières

Chapitre 1	Présentation de la discipline	1
1.1	Apport de la discipline à la formation de l'adulte	3
1.2	Conception de la discipline	3
1.3	Relations entre la discipline et les autres éléments du programme de formation de base diversifiée	4
1.3.1	Relations avec les domaines généraux de formation	4
1.3.2	Relations avec les compétences transversales	5
1.3.3	Relations avec les autres domaines d'apprentissage	6
Chapitre 2	Contexte pédagogique	9
2.1	Situations d'apprentissage	11
2.2	Familles de situations d'apprentissage	11
2.3	Ressources éducatives	12
Chapitre 3	Compétences disciplinaires	13
3.1	Dynamique des compétences disciplinaires	15
3.2	Compétence 1 : Chercher des réponses ou des solutions à des problèmes relevant de la chimie	17
3.2.1	Sens de la compétence	17
3.2.2	Composantes et manifestations de la compétence	18
3.2.3	Développement de la compétence	19
3.3	Compétence 2 : Mettre à profit ses connaissances en chimie	19
3.3.1	Sens de la compétence	19
3.3.2	Composantes et manifestations de la compétence	20
3.3.3	Développement de la compétence	20
3.4	Compétence 3 : Communiquer sur des questions de chimie à l'aide des langages utilisés en science et en technologie	21
3.4.1	Sens de la compétence	21
3.4.2	Composantes et manifestations de la compétence	21
3.4.3	Développement de la compétence	22
3.5	Démarches	23
Chapitre 4	Contenu disciplinaire	25
4.1	Savoirs	27
4.1.1	Concepts prescrits	27
4.1.2	Techniques	27
4.2	Repères culturels	28

Chapitre 5 Structure des cours du programme d'études	29
Présentation des cours	31
Chapitre 6 Cours du programme d'études.....	33
Structure de présentation des cours.....	35
CHI-5061-2 Propriétés des gaz et énergie chimique	37
CHI-5062-2 Cinétique et équilibre chimique	51
Annexes.....	65
Annexe 1.....	67
Annexe 2.....	69
Annexe 3.....	71
Annexe 4.....	73
Références bibliographiques.....	75

Table des illustrations

Schémas

Schéma 1- Interactions entre les compétences disciplinaires.....	15
Schéma 2- Interactions entre les aspects du déploiement d'une compétence.....	17
Schéma 3- Démarches d'investigation	23

Tableaux

Tableau 1- Synthèse des techniques	27
Tableau 2- Cours du programme d'études	32

Chapitre 1



Présentation de la discipline

1.1 Apport de la discipline à la formation de l'adulte

Partie intégrante des sociétés qu'elle a contribué à façonner, la science occupe une part importante de leur héritage culturel et constitue un facteur déterminant de leur développement. L'émergence rapide des savoirs scientifiques, leur quantité, leur complexité et la prolifération de leurs applications exigent que les personnes disposent non seulement d'un bagage de connaissances particulières, mais aussi de stratégies qui leur permettent de s'adapter aux contraintes du changement. Une telle adaptation nécessite un certain recul par rapport aux acquis, une compréhension de la portée et des limites du savoir ainsi qu'une évaluation de ses retombées. À ce titre, la science n'est pas l'apanage de quelques initiés.

En tant que science, la chimie participe à l'élargissement de la culture générale des adultes et à la prise de conscience du rôle que cette culture peut jouer dans leur capacité à prendre des décisions éclairées. L'apprentissage de la chimie sollicite la curiosité, l'imagination, le désir d'explorer, le plaisir d'expérimenter et de construire de nouvelles connaissances, autant que le besoin de comprendre, d'expliquer et de créer. Qu'il s'agisse de santé, d'alimentation, d'environnement, de matériaux ou d'énergie, la chimie est omniprésente dans notre vie quotidienne. Les applications et les innovations qu'on lui doit sont considérables.

Le programme d'études *Chimie* poursuit la formation offerte en 3^e et en 4^e secondaire par les programmes de science et de technologie. Il vise à consolider et à enrichir la formation scientifique des adultes et il est préalable à plusieurs programmes préuniversitaires ou techniques. Les concepts prescrits sont regroupés autour de concepts généraux se rapportant aux gaz, aux aspects énergétique et cinétique des transformations chimiques et à l'équilibre chimique.

1.2 Conception de la discipline

La science offre une grille d'analyse du monde qui nous entoure. Elle vise à décrire et à expliquer certains aspects de notre univers. Constituée d'un ensemble de théories, de connaissances, d'observations et de démarches, elle se caractérise notamment par la recherche de modèles intelligibles, qui soient les plus simples possible, pour rendre compte de la complexité du monde. Combinés par la suite à d'autres modèles, ils deviennent de plus en plus englobants, jusqu'à devenir des théories. Les modèles et les théories sont constamment mis à l'épreuve, modifiés et réorganisés au fur et à mesure que de nouvelles connaissances se construisent.

La chimie étudie la composition, les réactions et les propriétés de la matière. Elle est au carrefour de plusieurs champs disciplinaires tels que la physique, la biologie et la science des matériaux. Elle offre la possibilité de créer de nouvelles substances dotées de propriétés spécifiques qu'elle caractérise et étudie. Elle utilise un vocabulaire et un symbolisme qui lui sont propres et se sert du langage mathématique.

1.3 Relations entre la discipline et les autres éléments du programme de formation de base diversifiée

Par l'entremise de son programme d'études, la discipline de la chimie entretient des relations avec les autres éléments du programme de formation de base diversifiée, à savoir les domaines généraux de formation, les compétences transversales et les autres domaines d'apprentissage.

1.3.1 Relations avec les domaines généraux de formation

Sous l'appellation domaines généraux de formation (DGF), sont groupés cinq grands thèmes qui rassemblent des contextes de vie. Ce sont *Santé et bien-être*, *Environnement et consommation*, *Médias*, *Orientation et entrepreneuriat* ainsi que *Vivre-ensemble et citoyenneté*. Le programme d'études *Chimie* propose d'utiliser des situations d'apprentissage qui se rattachent à ces DGF pour leur donner du sens. C'est ainsi que l'adulte constate qu'elles sont en lien avec les diverses activités de sa vie.

Santé et bien-être

Les connaissances à construire en chimie facilitent la réponse à de nombreuses interrogations concernant le fonctionnement du corps, la santé, la sécurité et le confort. Les contextes pédagogiques liés à ce DGF peuvent susciter l'intérêt et amener l'adulte à se questionner sur les effets de réactions chimiques que certaines molécules peuvent provoquer dans l'organisme. Il peut ainsi être incité à adopter un mode de vie plus sain dans le but d'améliorer sa santé et son bien-être.

Environnement et consommation

Plusieurs avancées de la chimie ont modifié les habitudes de consommation et entraîné diverses conséquences environnementales. Par exemple, les inquiétudes liées à la pollution chimique de l'eau ont poussé plusieurs consommateurs à acheter de l'eau embouteillée, ce qui entraîne un problème de gestion des bouteilles vides. La multiplication des produits d'emballage en plastique complique le recyclage et l'élimination. Une telle prise de conscience amène l'adulte à ajuster ses comportements en fonction d'une utilisation plus responsable des ressources.

Médias

Que ce soit pour s'informer, pour apprendre ou pour communiquer, l'adulte a recours à différents médias, d'où l'importance de développer son sens critique à l'égard de l'information qu'il obtient, transmet ou émet. Les films, les journaux, la télévision et le réseau Internet traitent de sujets en relation avec la chimie. Un bon bagage de connaissances scientifiques est utile pour évaluer la fiabilité de l'information reçue. Par ailleurs, l'intérêt que porte l'adulte aux moyens de communication électroniques et à leur utilisation peut l'amener à s'investir davantage dans ses apprentissages et à accroître sa motivation.

Orientation et entrepreneuriat

Plusieurs secteurs d'emploi sollicitent des savoirs de nature scientifique. Les tâches que l'adulte est appelé à réaliser dans le cadre de ce programme d'études sont autant d'occasions de mieux comprendre et apprécier le travail des personnes qui occupent un emploi dans des secteurs liés à la chimie. Ainsi, il peut s'initier au travail du scientifique, développer son intérêt pour la science, mesurer ses aptitudes pour les métiers et les professions qui s'y rattachent et envisager une orientation dans cette direction.

Vivre-ensemble et citoyenneté

Le développement de compétences et la construction de connaissances en relation avec la chimie mènent à une nouvelle vision des enjeux sociétaux. Diverses problématiques, par exemple celles qui se rapportent à l'élimination des produits chimiques, peuvent offrir l'occasion de faire l'apprentissage d'une citoyenneté responsable. L'adulte peut ainsi améliorer la qualité de sa participation à la vie de la société.

1.3.2 Relations avec les compétences transversales

L'appropriation d'une culture scientifique passe par le développement des trois compétences disciplinaires. Ce développement contribue à son tour à la maîtrise de compétences plus générales, appelées compétences transversales. Ces dernières sont de divers ordres, soulignant ainsi différentes facettes du savoir-agir.

Compétences transversales d'ordre intellectuel

Les situations proposées dans ce programme d'études exigent que l'adulte *exploite l'information* de façon judicieuse tout en questionnant la fiabilité des sources consultées. La quête de réponses ou la recherche de solutions lui permettent d'acquérir des habiletés en *résolution de problème*, habiletés qu'il peut ensuite transposer dans d'autres contextes. Il *met en œuvre sa pensée créatrice* et *exerce son jugement critique* lorsqu'il analyse des textes ou des exposés scientifiques ou encore lorsqu'il se préoccupe des retombées de la chimie.

Compétences transversales d'ordre méthodologique

Le souci de rigueur associé aux différentes démarches de la chimie amène l'adulte à *se donner des méthodes de travail efficaces*. Il *exploite les technologies de l'information et de la communication*, ce qui lui donne accès à une plus grande diversité de sources d'information et de moyens d'action.

Compétences transversales d'ordre personnel et social

L'adulte qui passe de l'abstrait au concret, de la décision à l'exécution et qui accepte de prendre des risques, *actualise son potentiel*. La construction des connaissances en chimie est favorisée par le partage d'idées ou de points de vue ainsi que par leur validation par les pairs ou par des experts. Dans ces contextes, l'adulte est appelé à *coopérer*.

Compétence transversale de l'ordre de la communication

L'appropriation de nouveaux concepts et de leur représentation par l'entremise des langages mathématique, scientifique et technologique augmente la capacité de l'adulte à *communiquer de façon appropriée*. Il doit non seulement se familiariser avec un vocabulaire, des codes et des conventions propres à la chimie, mais il doit aussi apprendre à les utiliser adéquatement.

1.3.3 Relations avec les autres domaines d'apprentissage

Chaque discipline aborde le monde de façon particulière. Dans une perspective d'interdisciplinarité, il importe de relier les apprentissages réalisés en chimie à ceux effectués dans d'autres disciplines. La chimie peut dès lors bénéficier de l'apport complémentaire de ces autres disciplines et contribuer à les enrichir à son tour.

Domaine de la mathématique, de la science et de la technologie

Les programmes d'études de mathématique, de science et de technologie, qui incluent la chimie, font partie du même domaine d'apprentissage et visent le développement de compétences disciplinaires semblables en matière de résolution de problème, de raisonnement et de communication. Dans le programme de la formation de base diversifiée, le programme d'études *Informatique* est rattaché à ce domaine.

La mathématique est étroitement liée aux programmes à caractère scientifique. Le vocabulaire, le graphisme, la notation et les symboles auxquels elle recourt constituent un langage rigoureux dont la chimie tire profit. La mathématique est fréquemment utilisée dans l'élaboration ou la construction de modèles ainsi que dans la résolution de problèmes, tant sur le plan expérimental que sur le plan théorique.

Pour sa part, la chimie contribue à rendre concrets certains savoirs mathématiques comme les variables, les relations de proportionnalité et diverses fonctions. Elle procure des contextes signifiants pour l'étude de la mesure ou de la statistique.

L'essor de l'informatique a accéléré le développement des savoirs en chimie. En effet, grâce à l'informatique, cette science bénéficie d'outils plus performants pour la recherche d'informations, le traitement des données, la présentation et l'échange des résultats. La chimie offre par ailleurs à l'informatique des contextes d'application qui stimulent la création et le développement de nouveaux produits.

Domaine des langues

Les disciplines du domaine des langues fournissent des outils essentiels à l'expression des compétences scientifiques. En chimie, lorsque l'adulte interprète des informations, décrit ou explique un phénomène, il a recours aux compétences associées aux programmes d'études du domaine des

langues. Inversement, ces derniers mettent à profit l'occasion d'utiliser un vocabulaire précis et de saisir l'importance d'une langue rigoureuse.

Comme la langue anglaise est très répandue dans les communications scientifiques à l'échelle internationale, l'adulte qui manie cette seconde langue, voire une troisième, a accès à des sources d'information plus nombreuses et plus diversifiées.

Domaine de l'univers social

Les avancées scientifiques sont inscrites dans des réalités historiques et sociales. La perspective historique permet de replacer ces progrès en contexte, d'en apprécier l'importance et d'en mesurer la portée. De même, la quantité de richesses et leur mode de répartition ont une influence à la fois sur le développement des sociétés et sur l'évolution des connaissances en chimie.

Comme les sociétés sont tributaires des outils et des moyens dont elles disposent, l'étude de la chimie peut projeter un éclairage différent sur leur histoire et leur évolution.

Domaine des arts

Les disciplines artistiques concourent largement au développement de la créativité. Le programme d'études de chimie tire profit de cette créativité pour la résolution de problèmes. À l'inverse, la chimie apporte une contribution aux disciplines artistiques. Par exemple, une bonne connaissance de la composition des matériaux et de leurs propriétés permet aux artistes en art visuel d'améliorer leurs techniques et parfois de mettre au point de nouveaux courants artistiques. C'est aussi grâce à la chimie que des tissus sont conçus pour des costumes, ou encore que des matériaux plus légers ou plus souples servent à la fabrication de décors.

Domaine du développement de la personne

Le programme d'études *Chimie* s'appuie sur des réflexions liées au domaine du développement de la personne lorsqu'il aborde des questions d'ordre éthique comme les enjeux de la recherche et de la mise en marché de nouvelles molécules. Par ailleurs, le présent programme enrichit le domaine du développement de la personne de ses connaissances sur les réactions de la matière. Ces connaissances aident à mieux comprendre les effets de certaines molécules sur le corps humain, ce qui peut contribuer à l'adoption de comportements plus responsables.

Domaine du développement professionnel

Les champs d'application de la chimie touchent de nombreux secteurs d'activité et peuvent être associés aux métiers ou professions propres à ces secteurs. Les situations d'apprentissage proposées dans les cours de chimie constituent des moments privilégiés pour expérimenter diverses fonctions de travail et s'intéresser aux métiers et professions qui y sont associés. En retour, les activités des programmes d'études liés au développement professionnel peuvent susciter l'intérêt de l'adulte pour des problèmes d'ordre scientifique qui relèvent de la chimie.

Chapitre 2



Contexte pédagogique

2.1 Situations d'apprentissage

Les situations d'apprentissage soutiennent la construction et la mobilisation des connaissances ainsi que le développement des compétences disciplinaires et transversales. Elles sont liées à un contexte et présentent un questionnement ou un problème à traiter. Elles comportent une ou plusieurs tâches donnant lieu à une production déterminée.

Lorsqu'elles sont rattachées par leur contexte à un domaine général de formation (DGF), les situations d'apprentissage contribuent à la réalisation de l'intention éducative du domaine général de formation auquel elles sont associées. Des situations d'apprentissage *signifiantes*, *ouvertes* et *complexes* confèrent plus de sens aux apprentissages et favorisent l'intégration des contenus disciplinaires et des composantes des compétences. On qualifie de *signifiante* une situation d'apprentissage qui rejoint les centres d'intérêt de l'adulte en s'inspirant des questions de l'actualité, des grands enjeux de société ou des réalisations scientifiques et technologiques en relation avec le quotidien. Une situation d'apprentissage *ouverte* incite l'adulte à choisir sa démarche et conduit à différentes pistes de solution. Lorsqu'elle est *complexe*, une situation d'apprentissage nécessite la mobilisation d'un plus grand nombre de ressources et donne à l'adulte l'occasion de mettre en œuvre plus d'une compétence.

Bien que l'utilisation de situations d'apprentissage soit obligatoire, aucun des exemples donnés dans les cours n'est prescrit. Il en est de même des exemples de tâches. Le personnel enseignant conçoit ou choisit celles qu'il juge appropriées.

2.2 Familles de situations d'apprentissage

Des situations d'apprentissage qui se ressemblent par le type de tâches à accomplir constituent une famille. Quel que soit leur niveau de complexité, les situations d'une même famille favorisent le transfert des apprentissages. Le programme d'études *Chimie* compte deux familles de situations d'apprentissage : *Recherche* et *Expertise*.

Recherche

La famille *Recherche* couvre les situations d'apprentissage dans lesquelles les tâches visent la résolution d'un problème relevant de la chimie. De telles situations font appel à la créativité : l'adulte établit son plan d'action, il choisit les outils dont il a besoin et s'en sert pour résoudre le problème. Il présente les résultats de ses travaux et propose, le cas échéant, de nouvelles hypothèses ou pistes de solutions. Les situations de la famille *Recherche* impliquent l'utilisation de matériel et de techniques de laboratoire propres à la chimie.

Expertise

Lorsqu'elles sont associées à la famille *Expertise*, les situations d'apprentissage de ce programme d'études comportent des tâches qui invitent l'adulte à se pencher sur un phénomène chimique ou une application technologique liée à la chimie. Il est alors amené à relever les principes scientifiques mis en cause, à les mettre en relation et à les expliquer. Il s'agit, pour y arriver, de tirer profit de toute l'information accessible et de faire appel à des concepts, à des lois, à des théories ou à des modèles qui relèvent de la chimie. L'analyse de phénomènes mène parfois à l'utilisation de matériel et de techniques de mesure et d'observation propres à la science tandis que l'analyse de l'application conduit occasionnellement à l'emploi d'outils et de techniques de représentation graphique ou de démontage relevant de la technologie. C'est ainsi que l'adulte peut formuler une explication claire du phénomène à l'étude ou des éléments de chimie mis en cause dans l'application.

Les situations d'apprentissage des familles *Recherche* et *Expertise* permettent à l'adulte de construire des connaissances, de mobiliser des ressources, de mettre en œuvre des démarches d'investigation et de développer des compétences du programme d'études *Chimie* de 5^e secondaire.

Les familles de situations d'apprentissage sont prescrites. Chaque cours doit comporter des situations issues des deux familles citées précédemment.

2.3 Ressources éducatives

Pour développer ses compétences, l'adulte fait appel à différentes ressources groupées dans des catégories définies. Elles peuvent être de nature personnelle, conceptuelle, informationnelle, matérielle, institutionnelle ou humaine.

Les ressources personnelles font référence aux connaissances, aux habiletés, aux stratégies, aux attitudes ou aux techniques déjà acquises par l'adulte. Par ailleurs, les savoirs provenant des différentes disciplines constituent les ressources conceptuelles. À ces deux types de ressources s'ajoutent celles de nature informationnelle, qui comprennent les manuels scolaires, les documents de référence ou tout autre matériel permettant la recherche d'informations. De plus, les instruments et les objets de toutes sortes font partie des ressources matérielles, alors que les ressources institutionnelles incluent les organismes publics ou parapublics, les industries et les entreprises locales ou toute autre ressource communautaire. L'enseignante ou enseignant ainsi que les autres adultes en formation font partie des ressources humaines le plus immédiatement accessibles. Les techniciennes et les techniciens en travaux pratiques sont de bonnes personnes-ressources, particulièrement en matière de sécurité au laboratoire. Selon les besoins, l'adulte peut aussi faire appel au personnel enseignant d'autres disciplines ou à différents experts.

Chapitre 3



Compétences disciplinaires

3.1 Dynamique des compétences disciplinaires

Le programme de formation générale de base diversifiée définit la compétence comme étant un **savoir-agir fondé sur l'utilisation et la mobilisation d'un ensemble de ressources**. Elle se révèle dans des contextes d'une certaine complexité et son degré de maîtrise peut augmenter tout au long du parcours scolaire et même tout au long de la vie. Le programme d'études *Chimie* cible le développement de trois compétences disciplinaires. Ces compétences se rattachent à trois dimensions complémentaires de la science : la dimension pratique et méthodologique, la dimension théorique et celle relative à la communication.

La première compétence, *Chercher des réponses ou des solutions à des problèmes relevant de la chimie*, met l'accent sur la méthodologie utilisée en science pour résoudre des problèmes. Elle mise sur la mobilisation de concepts et de techniques relatifs à la chimie, notamment dans le contexte d'une démarche d'investigation qui se déroule le plus souvent en laboratoire.

La deuxième compétence, *Mettre à profit ses connaissances en chimie*, met l'accent sur la conceptualisation et sur le transfert des apprentissages, notamment dans l'analyse de phénomènes ou d'applications. Cette compétence implique une appropriation des concepts liés à la chimie qui permettent de comprendre et d'expliquer ces phénomènes ou applications.

La troisième compétence, *Communiquer sur des questions de chimie à l'aide des langages utilisés en science et en technologie*, met en évidence la connaissance et l'utilisation d'une terminologie et d'un symbolisme particuliers. Elle fait appel aux divers langages utilisés en chimie, qui sont essentiels au partage de l'information de même qu'à l'interprétation et à la production de messages à caractère scientifique.

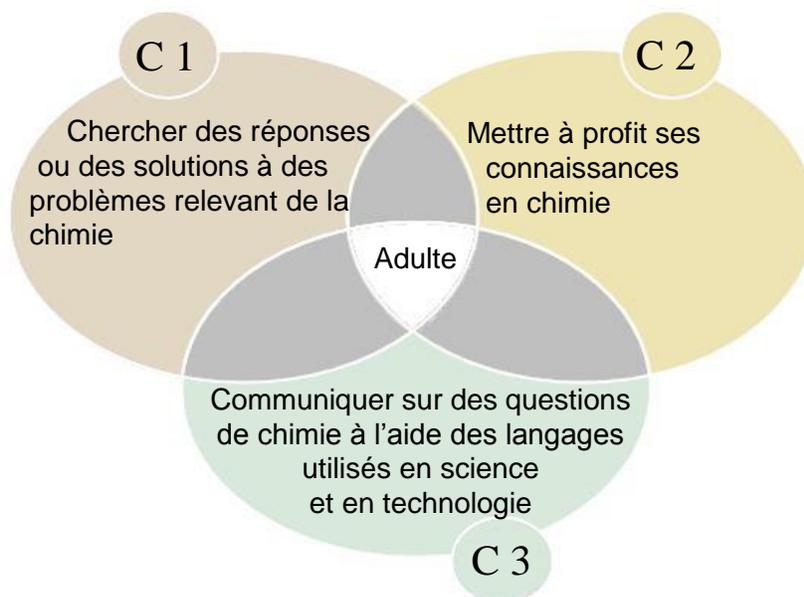


Schéma 1- Interactions entre les compétences disciplinaires

Les trois compétences se recoupent de multiples façons et se développent en synergie. Ainsi, la recherche de solutions à des problèmes relevant de la chimie nécessite l'appropriation et la mise à profit de connaissances spécifiques, d'une part, et la maîtrise d'outils de communication, d'autre part. De même, l'exploitation des connaissances en chimie fait appel à l'utilisation d'un langage partagé par les membres de la communauté scientifique et est maintes fois réinvestie dans la résolution de problèmes.

Les trois aspects du déploiement d'une compétence

La compétence s'exprime dans l'action et se révèle par l'exécution adéquate de tâches dans un contexte donné. Son déploiement comporte trois aspects : la contextualisation, la mobilisation des ressources et le retour réflexif.

L'exercice d'une compétence nécessite, dans un premier temps, une lecture judicieuse des caractéristiques du contexte : c'est la contextualisation. Elle passe, dans un deuxième temps, à la mobilisation des ressources après avoir pris en compte les contraintes associées au contexte et planifié son action. Finalement, le fait d'être compétent renvoie à la capacité d'expliquer la façon dont on a pu mobiliser efficacement un ensemble approprié de ressources pour agir dans une situation donnée. Le concept de compétence implique donc la capacité à réfléchir sur le cheminement emprunté pour accomplir des tâches et résoudre des problèmes. C'est par cet exercice, soit le retour réflexif, que l'adulte peut mieux réguler son agir et que le personnel enseignant peut ajuster ses interventions.

Interactions entre les aspects du déploiement d'une compétence

Les trois aspects du déploiement d'une compétence ne sont pas qu'une simple juxtaposition, mais leurs interactions sont de nature dynamique :

- l'interaction entre la contextualisation et la mobilisation des ressources se traduit par la réutilisation et la recombinaison des mêmes connaissances, et ce, de multiples façons selon les contextes;
- l'interaction entre le retour réflexif et la contextualisation permet de mieux déterminer les caractéristiques de la situation et de mieux tenir compte de ses contraintes;
- l'interaction entre le retour réflexif et la mobilisation des ressources porte notamment sur la réorganisation des connaissances. Elle fait aussi référence à toute forme d'analyse du cheminement emprunté qui permet d'en repérer les forces et les faiblesses.

Chacune de ces interactions contribue au transfert des apprentissages. Le schéma qui suit illustre le caractère dynamique du déploiement d'une compétence.

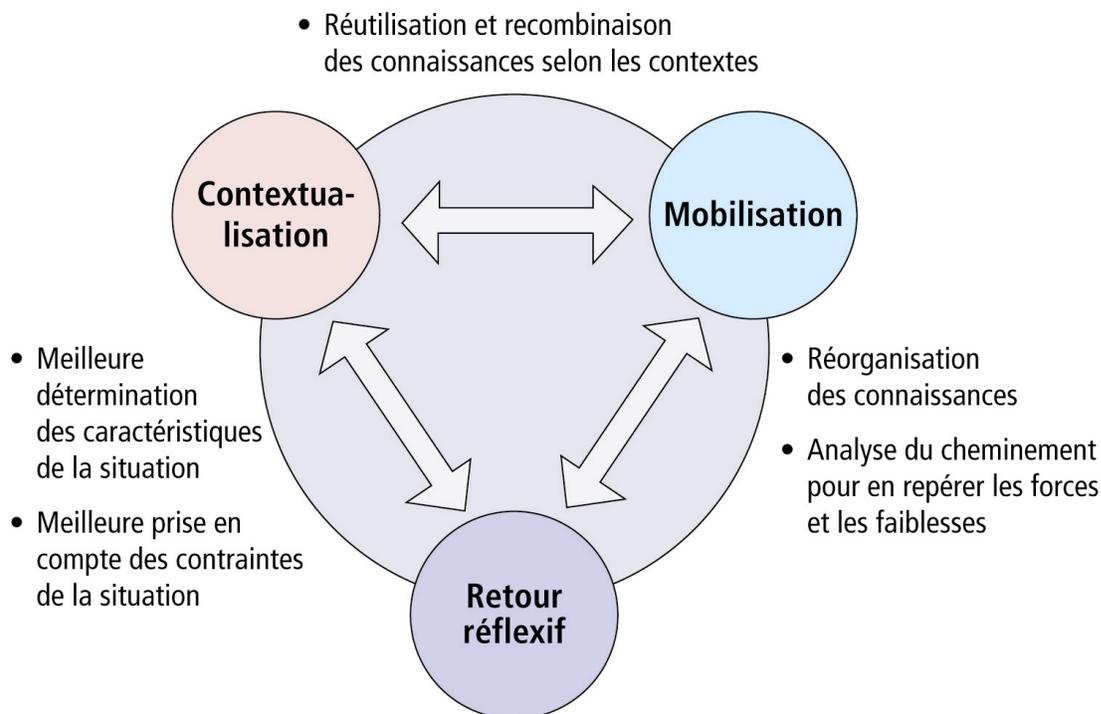


Schéma 2- Interactions entre les aspects du déploiement d'une compétence

3.2 Compétence 1 : Chercher des réponses ou des solutions à des problèmes relevant de la chimie

3.2.1 Sens de la compétence

Tout comme les autres disciplines scientifiques, la chimie se caractérise par sa rigueur dans la recherche de réponses ou de solutions à des problèmes relevant de son champ d'expertise. Son mode de raisonnement repose sur des démarches d'investigation qui exigent la mobilisation de stratégies, de techniques et de concepts propres à la science. L'articulation de ces ressources suppose que l'adulte est en mesure de les choisir et de les adapter à une situation particulière. C'est par l'exploration de pistes variées, la mise à l'essai d'hypothèses, la rétroaction et le recadrage du problème qu'il parvient à construire une solution satisfaisante. Dans la majorité des cas, cette compétence fait appel à l'expérimentation et requiert l'utilisation de matériel spécialisé.

Un premier aspect de cette compétence se manifeste lorsque l'adulte élabore sa représentation d'un problème à partir d'indices significatifs et d'éléments pertinents. Cette représentation peut exiger plusieurs ajustements ultérieurs et s'accompagner de l'exploration de plusieurs pistes de solutions.

Après avoir sélectionné l'une d'elles, l'adulte élabore un plan d'action qui tient compte, d'une part, des limites et des contraintes matérielles applicables et, d'autre part, des ressources dont il dispose pour résoudre le problème.

L'adulte exécute son plan d'action en prenant soin de consigner toutes les observations pouvant lui être utiles ultérieurement. Il peut, dans certains cas, procéder à des essais. Parfois, la collecte de données exige une adaptation de son plan d'action ou une recherche de pistes de solution plus appropriées.

Vient ensuite l'analyse des données recueillies. Il repère les tendances et les relations significatives, fournit des explications pertinentes et tire des conclusions. S'il y a lieu, il juge de l'exactitude de son résultat en fonction de l'écart qu'il observe avec une valeur conventionnellement admise. Ces mises en relation lui permettent de valider ou d'invalider son hypothèse et de s'assurer de la pertinence de sa réponse. Dans son rapport, l'adulte s'assure d'utiliser adéquatement les chiffres significatifs accompagnés de leur incertitude.

3.2.2 Composantes et manifestations de la compétence

❖ Cerner un problème

- Repérer les éléments qui semblent pertinents.
- Déterminer les relations qui unissent les différents éléments.
- Reformuler le problème en faisant appel à des concepts de chimie.
- Proposer des hypothèses vraisemblables ou des solutions possibles.

❖ Élaborer un plan d'action

- Sélectionner une hypothèse ou une solution.
- Déterminer les ressources nécessaires.
- Planifier les étapes de la mise en œuvre du plan d'action.

❖ Concrétiser le plan d'action

- Procéder aux manipulations ou aux opérations planifiées.
- Recueillir des données ou noter les observations pouvant être utiles.
- Apporter, si nécessaire, des corrections à l'élaboration ou à la mise en œuvre du plan d'action.

❖ Analyser les résultats

- Traiter les données recueillies ou les observations notées.
- Rechercher les tendances ou les relations significatives.
- Établir des liens entre les résultats et les concepts de chimie.
- Juger de la pertinence de la réponse ou de la solution apportée.
- Énoncer de nouvelles hypothèses ou solutions, s'il y a lieu.

3.2.3 Développement de la compétence

Pour favoriser le développement de la compétence *Chercher des réponses ou des solutions à des problèmes relevant de la chimie*, l'enseignante ou l'enseignant propose des situations d'apprentissage qui font appel à une démarche d'investigation et qui suscitent l'engagement en matière de résolution de problèmes.

La chimie est à la recherche de réponses à des questions portant sur des phénomènes régis par des lois. Elle implique une démarche d'investigation qui génère des modèles ou des théories à la base de la compréhension de ces phénomènes.

Pour concrétiser le plan d'action établi, il est nécessaire, dans la majorité des cas, d'accomplir un certain nombre de tâches au laboratoire. Les retours réflexifs portent sur la démarche retenue et favorisent une meilleure articulation des étapes de cette démarche et des stratégies et techniques utilisées ainsi que leur adaptation aux exigences des différents contextes.

3.3 Compétence 2 : Mettre à profit ses connaissances en chimie

3.3.1 Sens de la compétence

La chimie se révèle indispensable pour comprendre un grand nombre d'enjeux de notre monde. L'adulte qui dispose de la capacité de mettre à profit ses connaissances en cette matière peut s'engager davantage dans la société et y exercer son rôle de citoyen de façon plus éclairée. Il a recours, pour ce faire, à des modes de raisonnement et à des démarches d'investigation dont il poursuit l'apprentissage dans ses cours de chimie.

Un premier aspect de cette compétence se manifeste lorsque l'adulte se penche sur le contexte dans lequel se situe le phénomène ou l'application. Il considère les éléments qui lui semblent pertinents, repère les principes de chimie qui s'y trouvent et se donne une représentation du phénomène ou de l'application en faisant appel à ces principes.

L'adulte qui procède à une telle analyse démontre sa compréhension en décrivant ces principes de façon qualitative ou quantitative. Il les met en relation par l'entremise des concepts, des lois, des

théories ou des modèles qui les sous-tendent. Il peut alors lui être utile d'accomplir un certain nombre de tâches au laboratoire.

Pour expliquer un phénomène ou une application sous l'angle de la chimie, l'adulte compétent prend appui sur les concepts, les lois, les théories ou les modèles qui s'y rapportent; il justifie son explication à l'aide d'un formalisme scientifique et mathématique, s'il y a lieu. La présentation de ses résultats lui fournit l'occasion d'expliquer son cheminement ainsi que sa mobilisation des ressources et il s'assure d'utiliser adéquatement les chiffres significatifs accompagnés de l'incertitude qui s'y rattache. Comme les mêmes principes peuvent être associés à plusieurs phénomènes ou applications, l'adulte peut aussi être appelé, si la situation le permet, à transposer l'explication proposée dans d'autres contextes.

3.3.2 Composantes et manifestations de la compétence

❖ Dégager les principes de chimie liés à un phénomène ou à une application

- Considérer les éléments du contexte.
- Repérer les principes de chimie.
- Se donner une représentation du phénomène ou de l'application en se basant sur les concepts de chimie.

❖ Analyser des principes de chimie liés à un phénomène ou à une application

- Décrire les principes de chimie liés au phénomène ou à l'application, de manière qualitative ou quantitative.
- Mettre en relation les principes de chimie liés au phénomène ou à l'application à l'aide de concepts, de lois, de théories ou de modèles.

❖ Expliquer un phénomène ou une application sous l'angle de la chimie

- Élaborer une explication en s'appuyant sur des concepts, des lois et des modèles de la chimie.
- Justifier son explication à l'aide d'un formalisme scientifique et, s'il y a lieu, mathématique.
- Transposer l'explication proposée dans d'autres contextes, s'il y a lieu.

3.3.3 Développement de la compétence

Pour permettre à l'adulte de développer sa compétence *Mettre à profit ses connaissances en chimie*, l'enseignante ou l'enseignant lui propose des situations d'apprentissage comportant une application ou un phénomène lié à un ou à plusieurs principes de chimie.

En raison du besoin de comprendre un phénomène ou une application, il est nécessaire de procéder à la construction de nouvelles connaissances et de les mettre en relation avec celles déjà construites. Toutes ces connaissances servent à expliquer l'utilisation des principes de chimie dans la fabrication ou le fonctionnement de l'application, ou encore à décrire et à expliquer le phénomène.

Les retours réflexifs portent sur l'appropriation des savoirs, l'utilisation des ressources et leur adaptation aux exigences des différents contextes.

3.4 Compétence 3 : Communiquer sur des questions de chimie à l'aide des langages utilisés en science et en technologie

3.4.1 Sens de la compétence

La communication joue un rôle essentiel dans l'acquisition des connaissances scientifiques. Ces connaissances se construisent dans le partage de significations, l'échange d'idées et la négociation de points de vue. Cette compétence ne saurait être mobilisée indépendamment des deux précédentes, dont elle renforce le développement.

Dans ce programme d'études, l'adulte est invité à interpréter et à produire des messages portant sur des questions de chimie. Ces messages comportent, outre des tableaux, des graphiques, des schémas, des maquettes et des équations, un vocabulaire et des symboles propres à cette science. Certaines normes et conventions encadrent l'écriture de protocoles ou de rapports. L'adulte en tient compte lorsqu'il prend connaissance d'une tâche, recherche de l'information ou encore produit un plan d'action, rédige un rapport ou fournit une explication. Il s'assure aussi de la fiabilité des sources qu'il consulte et respecte les droits de propriété intellectuelle des personnes dont il reprend les idées ou emprunte les résultats.

3.4.2 Composantes et manifestations de la compétence

❖ Interpréter des messages à caractère scientifique ou technologique

- Situer le message dans son contexte.
- S'assurer de la fiabilité des sources.
- Repérer les éléments appropriés à l'interprétation du message.
- Saisir le sens précis des mots ou des énoncés.
- Établir des liens entre des concepts et leurs représentations graphiques ou symboliques.

❖ **Produire des messages à caractère scientifique ou technologique**

- Structurer son message.
- Utiliser un vocabulaire scientifique et technologique.
- Recourir aux langages symbolique et graphique associés à la science et à la technologie.
- Respecter les normes et les conventions établies pour les différents langages.
- Démontrer de la rigueur et de la cohérence.
- Respecter les droits de propriété intellectuelle.

3.4.3 Développement de la compétence

Afin de soutenir le développement de la compétence *Communiquer sur des questions de chimie à l'aide des langages utilisés en science et en technologie*, l'enseignante ou l'enseignant propose des situations d'apprentissage qui font appel à des modes de présentation variés, qui utilisent un vocabulaire scientifique et technologique précis et qui mènent à établir des liens entre diverses représentations des concepts.

Les situations d'apprentissage liées à la première ou à la deuxième compétence offrent généralement à l'adulte l'occasion de développer cette troisième compétence. En effet, la lecture ou la présentation d'un projet, l'écriture ou l'analyse d'un rapport, l'élaboration ou l'exécution d'un protocole ou encore l'étude ou la construction d'un modèle constituent des activités qui nécessitent la mise en œuvre de cette troisième compétence. Les situations où l'adulte partage le fruit d'un travail ou cherche des réponses à un questionnement favorisent le développement de ses habiletés à communiquer à l'aide d'un langage adapté à la science et à la technologie.

Les retours réflexifs portent sur les ressources et les techniques à la base de la communication, sur leur utilisation et sur leur adaptation aux exigences du contexte.

3.5 Démarches

Pour résoudre un problème de chimie, étudier un phénomène ou une application, l'adulte adopte une démarche d'investigation. Le schéma suivant illustre des démarches d'investigation reconnues en science.

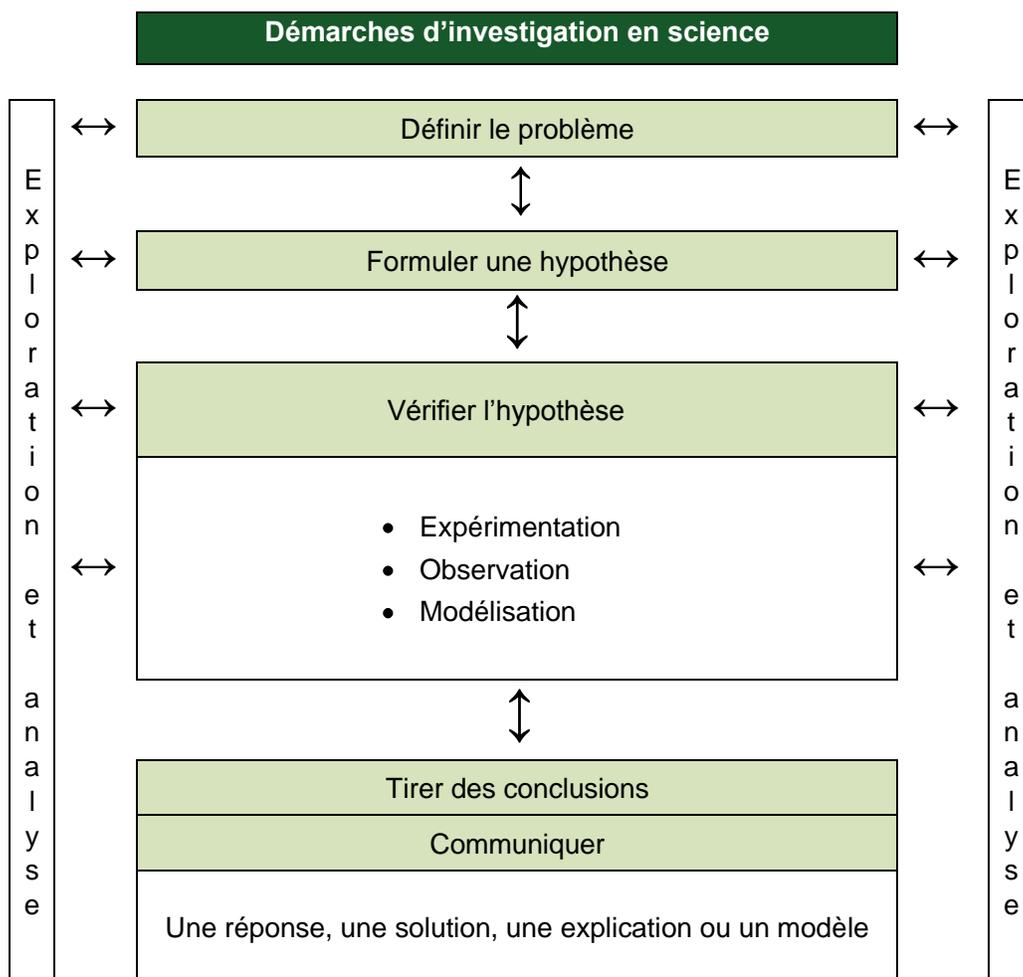


Schéma 3- Démarches d'investigation

Comme le proposent les doubles flèches verticales, les démarches d'investigation sont rarement linéaires. Avant d'être en mesure de tirer ses conclusions et de communiquer sa solution, l'adulte peut revenir plusieurs fois à une étape antérieure. Les doubles flèches horizontales renvoient à l'emploi de stratégies d'exploration et d'analyse pour progresser plus efficacement vers une conclusion. Des exemples pour chacune des stratégies et pour chacune des étapes sont présentés aux annexes 1 et 2.

Les *démarches d'investigation* regroupent différentes démarches mentionnées dans le programme d'études correspondant du secteur de l'enseignement secondaire, 2^e cycle : la démarche expérimentale, la démarche de modélisation et la démarche d'observation. Comme le schéma précédent le démontre, ce n'est qu'à l'étape de la vérification de l'hypothèse que ces démarches se distinguent. C'est pourquoi, dans le présent programme d'études, elles sont groupées sous l'appellation générale « démarches d'investigation en science ». Les tableaux de l'annexe 3 exposent le détail de chacune de ces différentes méthodes employées pour la vérification de l'hypothèse.

Le programme de chimie donne l'occasion de mettre toutes ces méthodes en œuvre, bien que la démarche expérimentale soit mise en évidence. Le développement de la première compétence y fait explicitement appel. L'accent mis sur la démarche expérimentale permet de souligner, d'une part, les difficultés inhérentes à la recherche scientifique et, d'autre part, le travail accompli par les scientifiques qui ont su élaborer les différentes lois et théories de la chimie malgré le manque occasionnel de précision des instruments de mesure utilisés.



Chapitre 4



Contenu disciplinaire

4.1 Savoirs

Le programme de chimie vise la consolidation et l'enrichissement d'une culture scientifique et technologique qui s'appuie sur le développement des compétences et repose sur la construction de connaissances et la mobilisation de ressources en lien avec les concepts prescrits, les démarches, les techniques et les repères culturels. À cette intention s'ajoutent celle de former des utilisateurs de la chimie conscients de ses implications et celle de préparer un certain nombre d'adultes à entreprendre des carrières scientifiques ou technologiques.

4.1.1 Concepts prescrits

Les concepts prescrits du programme d'études *Chimie* sont rattachés à l'univers matériel et se rapportent aux gaz, aux aspects énergétique et cinétique des transformations chimiques ainsi qu'à l'équilibre chimique. On en retrouve la liste au chapitre 5, dans le tableau des cours. Ils sont repris au chapitre 6 dans la section du contenu disciplinaire de chacun des cours et sont accompagnés d'orientations et d'une liste de connaissances à construire.

4.1.2 Techniques

Les techniques renvoient à des procédés méthodiques qui balisent la mise en application de connaissances théoriques. Elles se répartissent en deux catégories : Manipulation et Mesure.

Plusieurs de ces techniques requièrent l'utilisation d'instruments ou la manipulation de produits chimiques. La sécurité et l'utilisation de l'équipement de sécurité doivent demeurer une préoccupation constante pour les utilisateurs.

Synthèse des techniques	
Manipulation	
	<ul style="list-style-type: none"> – Utilisation sécuritaire du matériel de laboratoire. – Préparation de solutions. – Collecte d'échantillons.
Mesure	
	<ul style="list-style-type: none"> – Vérification de la fidélité, de la justesse et de la sensibilité des instruments de mesure, – Interprétation des résultats de la mesure (chiffres significatifs, erreurs liées aux mesures).

Tableau 1- Synthèse des techniques

4.2 Repères culturels

Les repères culturels revêtent une signification particulière sur le plan de la culture scientifique. Ils contribuent à enrichir les situations d'apprentissage en les ancrant dans la réalité sociale et culturelle. Ce sont des objets techniques, des systèmes technologiques, des procédés technologiques, des produits, des hommes et des femmes de science, des ressources du milieu, des interventions humaines ou des événements en lien avec le contenu notionnel des cours. Une liste des repères culturels est donnée pour chaque cours, au chapitre 6.

Les connaissances en lien avec les repères culturels font partie du contenu disciplinaire à mobiliser dans les cours de ce programme d'études. Si l'utilisation des repères est prescrite, les exemples ne servent par ailleurs qu'à illustrer ces repères. La liste établie n'est pas exhaustive.



Chapitre 5



**Structure des cours
du programme d'études**

Présentation des cours

Les deux cours de chimie

Les cours CHI-5061-2, et CHI-5062-2 regroupent les éléments du programme d'études *Chimie*. Les deux cours doivent être suivis dans l'ordre. Cette séquence est imposée tant par les liens logiques qui existent entre les éléments de contenu que par la progression des attentes au regard d'une démarche d'investigation intégrant une expérimentation.

Le cours CHI-5061-2, *Propriétés des gaz et énergie chimique*, traite des propriétés chimiques et physiques de la matière à l'état gazeux ainsi que de l'aspect énergétique des transformations chimiques peu importe l'état — solide, liquide ou gazeux — des substances impliquées dans la réaction. Les activités de laboratoire servent à consolider les apprentissages liés à l'expérimentation, faits en 3^e et 4^e secondaire.

Le cours CHI-5062-2, *Cinétique et équilibre chimique*, traite de la vitesse de réaction des transformations chimiques et de l'état d'équilibre de celles qui sont réversibles. Les activités de laboratoire permettent d'appliquer, de manière autonome, des habiletés relatives à l'expérimentation.

Le tableau suivant présente le contenu des cours du programme d'études *Chimie*.

Cours du programme d'études <i>Chimie</i>		
Titre	Durée	Concepts prescrits
<p>CHI-5061-2 Propriétés des gaz et énergie chimique</p>	<p>50 heures 2 unités</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Propriétés chimiques des gaz <ul style="list-style-type: none"> - Réactivité • Propriétés physiques des gaz <ul style="list-style-type: none"> - Théorie cinétique des gaz - Loi générale des gaz - Loi des gaz parfaits - Loi de Dalton - Hypothèse d'Avogadro - Volume molaire gazeux • Aspect énergétique des transformations <ul style="list-style-type: none"> - Réactions endothermique et exothermique - Diagramme énergétique - Énergie d'activation - Variation d'enthalpie - Chaleur molaire de réaction - Relation entre l'énergie thermique, la capacité thermique massique, la masse et la variation de température
<p>CHI-5062-2 Cinétique et équilibre chimique</p>	<p>50 heures 2 unités</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Vitesse de réaction <ul style="list-style-type: none"> - Facteurs qui influent sur la vitesse de réaction - Loi des vitesses de réaction • Équilibre chimique <ul style="list-style-type: none"> - Facteurs qui influent sur l'état d'équilibre - Principe de Le Châtelier - Constante d'équilibre - Relation entre le pH et la concentration molaire des ions hydronium et hydroxyde

Tableau 2- Cours du programme d'études



Chapitre 6



Cours du programme d'études

Structure de présentation des cours

La présente section contient une description détaillée de chacun des cours du programme d'études *Chimie*. On y trouve les rubriques suivantes :

Rubriques des cours
Présentation du cours
Compétences disciplinaires
Démarches
Compétences transversales
Contenu disciplinaire
Familles de situations d'apprentissage
Domaines généraux de formation
Exemple de situation d'apprentissage
Attentes de fin de cours
Critères d'évaluation des compétences visées par le cours

Cours
CHI-5061-2
Propriétés des gaz
et énergie chimique

Programme d'études



PRÉSENTATION DU COURS

Le but du cours intitulé *Propriétés des gaz et énergie chimique* est de rendre l'adulte apte à traiter efficacement des situations des familles *Recherche* et *Expertise* qui concernent le comportement des gaz ou l'aspect énergétique des transformations chimiques.

L'adulte inscrit à ce cours étudie des phénomènes ou des applications technologiques en lien avec les propriétés des gaz ou l'énergie chimique et cherche des réponses ou des solutions à des problèmes qui s'y rapportent. Il acquiert donc des connaissances sur les propriétés chimiques et physiques des gaz ainsi que sur l'énergie impliquée lors des transformations chimiques. Ces connaissances l'amènent à expliquer les facteurs associés à la manifestation de certains phénomènes, par exemple les éruptions volcaniques, la couche d'ozone ou la photosynthèse et lui permettent de comprendre le fonctionnement d'une application technologique comme un manomètre, un moteur à combustion interne ou une pompe à chaleur. De plus, comme l'expérimentation et la modélisation occupent une place centrale dans le développement des compétences et la construction de connaissances en lien avec les concepts de ce cours, l'adulte effectue plusieurs activités de laboratoire, ce qui l'amène à consolider les apprentissages faits en 3^e et 4^e secondaire relativement aux techniques et aux méthodes.

Au terme de ce cours, dans des situations de *Recherche* et d'*Expertise*, l'adulte sera en mesure :

- de mettre en œuvre une démarche d'investigation intégrant une expérimentation qui lui permet de résoudre un problème traitant des gaz ou de l'aspect énergétique des transformations chimiques;
- d'analyser un phénomène ou une application technologique liés aux comportements des gaz ou à l'énergie impliquée dans les transformations chimiques;
- de prédire, de façon qualitative et quantitative, le comportement des substances gazeuses et la spontanéité d'une réaction chimique;
- de préparer, en étant guidé par des consignes, un protocole expérimental pour répondre à une question liée aux propriétés chimiques et physiques des gaz ou traitant de l'aspect énergétique d'une transformation chimique;
- de rédiger, à l'aide d'un canevas, un rapport de laboratoire en lien avec les propriétés chimiques et physiques des gaz ou sur l'aspect énergétique d'une transformation chimique.

COMPÉTENCES DISCIPLINAIRES

Le tableau qui suit énumère, pour chacune des compétences, les composantes présentes dans ce cours. Les manifestations des composantes sont présentées à l'annexe 4.

Compétence 1 Chercher des réponses ou des solutions à des problèmes relevant de la chimie	Compétence 2 Mettre à profit ses connaissances en chimie	Compétence 3 Communiquer sur des questions de chimie à l'aide des langages utilisés en science et en technologie
Cerner un problème Élaborer un plan d'action Concrétiser le plan d'action Analyser les résultats	Dégager les principes de chimie liés à un phénomène ou une application Analyser des principes de chimie liés à un phénomène ou une application Expliquer un phénomène ou une application sous l'angle de la chimie	Interpréter des messages à caractère scientifique ou technologique Produire des messages à caractère scientifique ou technologique

DÉMARCHES

L'adulte est apte à résoudre un problème impliquant des principes de chimie ainsi qu'à étudier une application ou un phénomène relevant du comportement des gaz ou de l'aspect énergétique des transformations chimiques, grâce aux démarches d'investigation. Voici un rappel des étapes de telles démarches :

- définir le problème;
- formuler une hypothèse;
- vérifier l'hypothèse;
- tirer des conclusions et communiquer.

Les démarches d'investigation les plus appropriées à ce cours sont : la démarche expérimentale, la démarche de modélisation et la démarche d'observation. C'est à l'étape de la vérification de l'hypothèse qu'elles se distinguent. La section 3.5 et les annexes 1 à 3 présentent des démarches d'investigation, assorties de leurs caractéristiques respectives.

Dans ce cours, l'expérimentation en laboratoire requiert que l'adulte exécute des tâches particulières, dans le respect des limites et des précisions suivantes.

Expérimentation	
Étapes	Tâches
1. Planifier une expérience	En étant guidé, l'adulte : <ul style="list-style-type: none"> - rédige un protocole expérimental en chimie; - choisit le matériel nécessaire pour faire une expérience; - détermine les règles de sécurité applicables, les paramètres constants et les paramètres à investiguer (variable indépendante, variable dépendante).
2. Réaliser l'expérience	L'adulte : <ul style="list-style-type: none"> - suit le protocole expérimental; - recueille des données en tenant compte de l'incertitude expérimentale; - applique les règles de sécurité appropriées.
3. Interpréter les résultats	Dans la rédaction de son rapport, à l'aide d'un canevas, l'adulte : <ul style="list-style-type: none"> - tient compte des chiffres significatifs dans le traitement des données; - analyse les résultats; - repère les sources d'erreurs; - discute des résultats; - rédige la conclusion en établissant des liens avec le problème posé.

COMPÉTENCES TRANSVERSALES

Les compétences transversales complètent les compétences disciplinaires, le développement des unes contribuant au développement des autres. Le cours CHI-5061-2 permet de mettre en œuvre l'ensemble des compétences transversales. Certaines d'entre elles, inscrites sur une trame grise dans le tableau ci-dessous, sont particulièrement visées dans l'exemple de situation d'apprentissage qui sera présenté ultérieurement dans ce cours.

Compétences transversales			
Ordre intellectuel	Ordre de la communication	Ordre personnel et social	Ordre méthodologique
Exploiter l'information	Communiquer de façon appropriée	Actualiser son potentiel	Se donner des méthodes de travail efficaces
Résoudre des problèmes		Coopérer	Exploiter les technologies de l'information et de la communication
Exercer son jugement critique			
Mettre en œuvre sa pensée créatrice			

CONTENU DISCIPLINAIRE

A) SAVOIRS

Les concepts et les techniques prescrits sont présentés dans les tableaux des deux sections suivantes.

1. Concepts

Les connaissances inscrites en italiques ont été construites dans les programmes d'études de science et technologie et doivent être de nouveau mobilisées dans ce cours.

Univers matériel	
<p>Concept général : Propriétés chimiques des gaz</p> <p>L'utilisation répandue des gaz dans de nombreux secteurs de l'activité humaine justifie l'étude de la réactivité de certaines substances gazeuses. Cette étude nous renseigne, entre autres, sur leur utilisation possible et sur la manière de les manipuler en toute sécurité.</p>	
CONCEPTS PRESCRITS	CONNAISSANCES À CONSTRUIRE
Réactivité	<ul style="list-style-type: none"> • Associer l'utilisation de certains gaz, dans diverses applications, à leur réactivité chimique (ex. : l'argon dans les ampoules, l'azote dans les sacs de croustilles, l'acétylène dans les torches à souder).
<p>Concept général : Propriétés physiques des gaz</p> <p>Les similitudes observées dans le comportement des gaz (compressibilité, expansion, diffusion, forme et volume indéfinis, etc.) ont conduit à l'élaboration de la théorie cinétique moléculaire. Au début du deuxième cycle, l'étude des gaz portait sur la relation entre la pression et le volume. Elle se poursuit dans le présent programme avec la loi générale des gaz et la loi des gaz parfaits. L'utilisation de la loi de Dalton, aussi appelée « loi des pressions partielles », s'avère pertinente dans l'étude des mélanges gazeux. L'emploi de ces lois suppose une maîtrise des opérations mathématiques relatives à la conversion d'unités de mesure et le traitement d'expressions algébriques à plusieurs variables.</p> <p>L'hypothèse d'Avogadro permet de comprendre les combinaisons volumétriques durant les réactions chimiques en phase gazeuse. Corollaire de cette hypothèse, le volume molaire simplifie les calculs relatifs aux quantités de gaz consommées ou produites. Les volumes molaires retenus sont ceux établis aux conditions de température et de pression normales (0 °C et 101,3 kPa) et aux conditions de température ambiante et de pression normale (25 °C et 101,3 kPa).</p>	
CONCEPTS PRESCRITS	CONNAISSANCES CONSTRUITES ANTÉRIEUREMENT
Fluides compressible et incompressible Pression Nombre d'Avogadro Notion de mole	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Distinguer un fluide compressible d'un fluide incompressible.</i> • <i>Définir la pression comme étant la force exercée par les particules lorsqu'elles entrent en collision avec une surface contraignante.</i> • <i>Décrire qualitativement les principaux facteurs qui influencent la pression exercée par un fluide.</i> • <i>Exprimer une quantité de particules à l'aide du nombre d'Avogadro.</i> • <i>Définir la mole comme étant l'unité de mesure de la quantité de matière.</i> • <i>Exprimer en mole une quantité de matière.</i>

Propriétés physiques des gaz (Suite)	
CONCEPTS PRESCRITS	CONNAISSANCES À CONSTRUIRE
Théorie cinétique des gaz	<ul style="list-style-type: none"> • Expliquer le comportement macroscopique d'un gaz (ex. : compressibilité, expansion, diffusion) à l'aide de la théorie cinétique.
Loi générale des gaz	<ul style="list-style-type: none"> • Déterminer la relation entre la pression d'un gaz et son volume à température et quantité de matière constantes. • Déterminer la relation entre la pression d'un gaz et sa température à volume et quantité de matière constants. • Déterminer la relation entre le volume d'un gaz et sa température à pression et quantité de matière constantes. • Déterminer la relation entre la pression d'un gaz et sa quantité de matière à volume et température constants. • Déterminer la relation entre le volume d'un gaz et sa quantité de matière à température et pression constantes. • Appliquer la relation mathématique entre la pression, le volume, la quantité de matière (mole) et la température d'un gaz ($P_1V_1/n_1T_1 = P_2V_2/n_2T_2$).
Loi des gaz parfaits	<ul style="list-style-type: none"> • Expliquer qualitativement la relation entre des facteurs liés au comportement des gaz (pression, volume, quantité de matière, température) dans une situation donnée (ex. : un ballon de baudruche soumis au froid fonctionnement d'une pompe à vélo). • Appliquer la relation mathématique entre la pression, le volume, la quantité de matière, la constante des gaz parfaits et la température d'un gaz ($pV = nRT$).
Loi de Dalton	<ul style="list-style-type: none"> • Expliquer de façon qualitative la loi des pressions partielles. • Appliquer la relation mathématique entre la pression totale d'un mélange gazeux et les pressions partielles des gaz qui le composent ($P_{total} = Pp_A + Pp_B + Pp_C + \dots$).
Hypothèse d'Avogadro	<ul style="list-style-type: none"> • Utiliser l'hypothèse d'Avogadro pour prédire la quantité de matière présente dans des volumes de gaz soumis aux mêmes conditions de température et de pression.
Volume molaire gazeux	<ul style="list-style-type: none"> • Calculer le volume molaire gazeux aux conditions de température et de pression normales. • Calculer le volume molaire gazeux aux conditions de température ambiante et de pression normale. • Déterminer le volume molaire d'un gaz à une température et à une pression données.

Concept général : Aspect énergétique des transformations	
<p>Le bilan énergétique d'une transformation peut être présenté sous forme de diagramme d'énergie. La construction et l'interprétation d'un tel diagramme mettent en évidence la variation de l'enthalpie (énergie cinétique et potentielle emmagasinée) des substances à l'étude et certains aspects de la cinétique chimique comme l'énergie d'activation. L'additivité des chaleurs de réaction (loi de Hess) ou des enthalpies de liaison figure parmi les méthodes d'évaluation de la chaleur molaire des réactions. La calorimétrie permet, quant à elle, la détermination expérimentale des quantités de chaleur associées à certaines transformations.</p>	
CONCEPTS PRESCRITS	CONNAISSANCES CONSTRUITES ANTÉRIEUREMENT
Formes d'énergie Distinction entre la chaleur et la température Décomposition et synthèse Oxydation Précipitation Combustion Réaction de neutralisation acidobasique	<ul style="list-style-type: none"> • Définir le joule comme étant l'unité de mesure de l'énergie. • Décrire la chaleur comme étant une manifestation de l'énergie. • Décrire le lien entre la chaleur et la température. • Représenter une réaction de décomposition ou de synthèse à l'aide du modèle particulaire. • Associer des réactions chimiques connues à des réactions de décomposition ou de synthèse (ex. : respiration, photosynthèse, combustion, digestion). • Représenter une réaction d'oxydation à l'aide du modèle particulaire. • Associer des réactions chimiques connues à des réactions d'oxydation (ex. : combustion, formation de la rouille). • Associer une équation dont le dioxygène est l'un des réactifs à l'un des cas possibles d'oxydation. • Décrire la manifestation visible d'une précipitation (formation d'un dépôt solide lors du mélange de deux solutions aqueuses). • Représenter une réaction de précipitation à l'aide du modèle particulaire. • Décrire les manifestations perceptibles d'une combustion vive (ex. : dégagement de chaleur, production de lumière). • Expliquer une réaction de combustion à l'aide du triangle de feu. • Donner des exemples de réaction de neutralisation acidobasique (ex. : l'ajout de chaux pour neutraliser l'acidité d'un lac). • Nommer les produits formés lors d'une neutralisation acidobasique (sel et eau). • Reconnaître une neutralisation acidobasique à l'aide de son équation.
CONCEPTS PRESCRITS	CONNAISSANCES À CONSTRUIRE
Réactions endothermique et exothermique Diagramme énergétique Énergie d'activation	<ul style="list-style-type: none"> • Distinguer une réaction endothermique d'une réaction exothermique à l'aide de manifestations perceptibles (ex. : variation de température, dégagement de lumière). • Distinguer une réaction endothermique d'une réaction exothermique à l'aide de la position du terme énergétique dans l'équation chimique. • Interpréter le diagramme énergétique d'une transformation chimique. • Représenter le bilan énergétique d'une transformation chimique sous forme de diagramme énergétique. • Déterminer l'énergie d'activation d'une transformation à l'aide de son diagramme énergétique.

Aspect énergétique des transformations (Suite)	
CONCEPTS PRESCRITS	CONNAISSANCES À CONSTRUIRE
Variation d'enthalpie	<ul style="list-style-type: none"> • Expliquer de façon qualitative la variation de l'enthalpie des substances au cours d'une réaction chimique. • Déterminer la variation d'enthalpie d'une transformation chimique à l'aide de son diagramme énergétique.
Chaleur molaire de réaction	<ul style="list-style-type: none"> • Déterminer la chaleur molaire d'une réaction à l'aide d'un calorimètre. • Déterminer la chaleur molaire d'une réaction à l'aide de la loi de Hess ou des enthalpies de liaison.
Relation entre l'énergie thermique, la capacité thermique massique, la masse et la variation de température	<ul style="list-style-type: none"> • Décrire qualitativement la relation entre la variation de l'énergie thermique (quantité de chaleur) d'une substance, sa masse, sa capacité thermique massique et la variation de température qu'elle subit. • Appliquer la relation mathématique qui unit l'énergie thermique, la capacité thermique massique, la masse et la variation de température ($\Delta E = Q = mc\Delta T$).

2. Techniques

Les techniques présentées ici sont réparties en deux catégories. Plusieurs de ces techniques requièrent l'utilisation d'instruments ou la manipulation de produits chimiques. La sécurité et l'utilisation de l'équipement de sécurité doivent demeurer une préoccupation constante pour les utilisateurs.

Au laboratoire	
TECHNIQUES	CONNAISSANCES À CONSTRUIRE
Manipulation <ul style="list-style-type: none"> – Utilisation sécuritaire du matériel de laboratoire – Collecte d'échantillons – Préparation de solutions 	<ul style="list-style-type: none"> • Utiliser le matériel de laboratoire de façon sécuritaire (ex. : laisser refroidir une plaque chauffante, utiliser une pince à bécher). • Manipuler les produits chimiques de façon sécuritaire (ex. : prélever les produits à l'aide d'une spatule, procéder à l'aspiration avec une poire à pipette). • Prélever des échantillons de façon adéquate (ex. : stériliser le contenant, utiliser une spatule, réfrigérer l'échantillon). • Préparer une solution aqueuse de concentration donnée à partir d'un soluté solide. • Préparer une solution aqueuse de concentration donnée à partir d'une solution aqueuse concentrée.

TECHNIQUES (Suite)	CONNAISSANCES À CONSTRUIRE
<p>Mesure</p> <ul style="list-style-type: none"> – Vérification de la fidélité, de la justesse et de la sensibilité des instruments de mesure – Interprétation des résultats de la mesure (chiffres significatifs, erreurs liées aux mesures) 	<ul style="list-style-type: none"> • Effectuer plusieurs fois la même mesure pour vérifier la fidélité de l'instrument utilisé. • Effectuer les opérations requises afin de s'assurer de la justesse d'un instrument de mesure (ex. : nettoyer et calibrer une balance, sécher un cylindre gradué, calibrer un manomètre). • Tenir compte de la sensibilité d'un instrument de mesure (ex. : utiliser un cylindre gradué de 25 ml plutôt qu'un cylindre gradué de 100 ml pour mesurer un volume de 18 ml d'eau). • Déterminer l'incertitude attribuable à un instrument de mesure (ex. : l'incertitude de la mesure effectuée à l'aide d'un cylindre gradué est fournie par le fabricant ou correspond à la moitié de la plus petite graduation). • Repérer les erreurs de mesure associées à l'utilisateur et à l'environnement. • Exprimer un résultat avec un nombre de chiffres significatifs qui tient compte des erreurs de mesure (ex. : une mesure située entre 10,3 et 10,4 cm, effectuée avec une règle graduée en millimètres, devrait s'écrire 10,35 cm ou 103,5 mm). • Exprimer la valeur d'une mesure avec son incertitude absolue ou relative (ex. : 24,1 ± 0,1 ml, ou 24,1 ml ± 0,4 %).

B) REPÈRES CULTURELS

Les repères culturels rendent les situations d'apprentissages plus signifiantes. Le tableau qui suit présente un certain nombre de ces repères, en lien avec le cours. Les situations d'apprentissage peuvent faire appel à d'autres repères culturels.

Repères culturels	
Objets techniques, systèmes technologiques, procédés et produits.	<p>Propriétés des gaz</p> <ul style="list-style-type: none"> – Appareils de mesure et de réglage associés au gaz (manomètre, sphymomanomètre, baromètre). – Couche d'ozone. – Éruptions volcaniques. – Filtre et masque à gaz. – Manutention, utilisation et stockage de gaz. – Montgolfière, dirigeable et ballon-sonde. – Moteur à combustion interne. – Réfrigération. – Plongée sous-marine. – Pompe à air. – Utilisation agroalimentaire des gaz (conservation, mûrissement, gazéification). – Utilisation médicale des gaz (anesthésie, réanimation).

Repères culturels (Suite)				
	Énergie <ul style="list-style-type: none"> – Pochettes réfrigérantes ou chauffantes. – Rendement énergétique des carburants. – Choix alimentaires. – Régulation de la chaleur dans la géosphère. – Panneau solaire. – Combustible fossile. – Biocarburant. 			
Univers	Hommes et femmes de science	Ressources du milieu	Intervention humaine	Événement
Matériel	Amadeo Avogadro Edme Mariotte Robert Boyle Jacques Charles John Dalton Louis Joseph Gay-Lussac William Thomson Benjamin Franklin Nicolas Léonard Sadi Carnot James Prescott Joule Jean Rey John Mayow Karl William Scheele Joseph Priestley Germain Henri Hess Svante August Arrhenius	Association francophone pour le savoir (ACFAS) Conseil du développement du loisir scientifique (CDLS) Conseil national de recherche Canada (CNRC) Institut de chimie du Canada (ICC) Union internationale de chimie pure et appliquée (UICPA)		Expositions scientifiques Prix Nobel de chimie Lancement de la navette spatiale

FAMILLES DE SITUATIONS D'APPRENTISSAGE

Les situations d'apprentissage de ce cours, issues des familles *Recherche* et *Expertise*, sont liées aux propriétés des gaz ou à l'énergie impliquée dans une réaction chimique. Ces situations portent sur un problème lié à différents concepts. Les paragraphes suivants donnent des exemples de tâches qui peuvent être confiées aux adultes dans des situations d'apprentissage faisant appel à différents concepts.

Une situation qui porte sur l'hypothèse d'Avogadro et le volume molaire des gaz à température ambiante peut servir à prédire la valeur de ce volume dans les conditions du laboratoire et à la vérifier expérimentalement. L'adulte peut ainsi imaginer une expérience, rédiger un protocole et le mettre en application.

Par ailleurs, une situation qui porte sur l'énergie d'activation et la chaleur molaire d'une réaction peut servir à prédire, à l'aide de la loi de Hess, la valeur de la chaleur molaire de dissolution d'un acide. L'adulte propose alors une série de manipulations à réaliser au laboratoire, il prépare le protocole et procède à l'expérimentation.

Une situation impliquant la théorie cinétique des gaz et l'énergie impliquée lors d'une transformation chimique peut amener l'adulte à produire un modèle pour expliquer le phénomène de décomposition de l'eau par électrolyse. Par ailleurs, l'adulte peut mesurer expérimentalement la masse de gaz libérée au cours d'une réaction chimique et ainsi procéder à son identification. De plus. Il peut mesurer l'énergie nécessaire à cette réaction afin de dresser le bilan énergétique de cette décomposition.

Dans l'exemple de situation d'apprentissage de la page suivante, les principales tâches soutiennent le développement des deuxième et troisième compétences. Cette situation appartient donc à la famille *Expertise*.

DOMAINES GÉNÉRAUX DE FORMATION

Les situations d'apprentissage sont plus significatives pour l'adulte lorsqu'elles sont liées par leur contexte aux domaines généraux de formation. Les domaines *Santé et bien-être*, *Orientation et entrepreneuriat*, *Environnement et consommation* et *Médias* sont les plus susceptibles d'être exploités pour créer des situations d'apprentissage pour le cours CHI-5061-2. L'exemple cité dans ce cours rejoint l'intention éducative des domaines généraux de formation, *Santé et bien-être* ainsi qu'*Environnement et consommation*.

Domaines généraux de formation
Santé et bien-être
Orientation et entrepreneuriat
Environnement et consommation
Médias
Vivre-ensemble et citoyenneté

EXEMPLE DE SITUATION D'APPRENTISSAGE

POUR ÊTRE AU CHAUD

Un ami chauffe actuellement sa maison à l'électricité et souhaite changer de type d'énergie et se tournerait plutôt vers un système central de chauffage par combustion. Il hésite cependant quant au combustible le plus approprié pour ses besoins : le bois, le gaz naturel, le mazout ou encore le propane. Il cherche avant tout un système qui offre un bon rendement énergétique, qui sera abordable, peu polluant et sécuritaire. Pour conseiller votre ami à ce sujet, vous devrez déterminer le rendement énergétique de chacun des combustibles mentionnés. Considérant les équations chimiques des réactions de combustion, et à partir d'une liste de réactions intermédiaires et de leur bilan énergétique, le recours à la loi de Hess permettra de calculer le bilan énergétique total pour chaque type de combustible. Les produits de la réaction, en particulier les gaz émis, vous permettront aussi de déterminer le type et l'ampleur de la pollution occasionnée ainsi que son impact sur l'environnement. Finalement, une recherche sur le prix de chacune de ces ressources vous permettra d'estimer le coût associé à l'utilisation de ces systèmes de chauffage. Compte tenu de ces informations, vous serez en mesure de suggérer à votre ami le système le plus approprié à ses besoins.

Pour déterminer le niveau de pollution engendrée, vous devez déterminer les produits de la combustion, rechercher leurs effets sur l'environnement et les classer.

Une recherche commentée sur les normes d'installation et d'utilisation est nécessaire pour assurer la sécurité du système.

Le dossier devra inclure :

- l'équation chimique balancée de chaque réaction de combustion;
- les réactions intermédiaires de chaque réaction de combustion et le bilan énergétique total;
- le coût approximatif de chaque combustible et les sources documentaires consultées à ce sujet;
- une liste des produits de combustion de chaque système et leurs effets sur l'environnement;
- une recommandation relative au système de chauffage, incluant les justifications scientifiques appropriées.

ATTENTES DE FIN DE COURS

Le traitement de situations d'apprentissage suppose que l'adulte s'approprié une démarche d'investigation faisant appel à l'expérimentation, à la modélisation ou à l'observation. Les situations proposées impliquent la mise en œuvre des habiletés de résolution de problème, l'utilisation des connaissances acquises et la production de messages.

L'adulte qui résout un problème lié aux comportements des gaz ou à l'énergie liée aux transformations chimiques s'en donne une représentation à la suite de la lecture et de l'interprétation de messages à caractère scientifique ou technologique. Il élabore un plan d'action adapté à l'une de ses hypothèses, exploitant ainsi ses connaissances sur les propriétés chimiques et physiques des gaz et sur l'énergie liée aux transformations chimiques. Pour arriver à ces résultats, l'adulte est orienté dans la préparation d'un protocole expérimental et la détermination des paramètres constants, de la variable indépendante et de la variable dépendante ainsi que dans la rédaction des consignes liées aux manipulations. Il met en œuvre un plan d'action en réalisant des activités au laboratoire, recueille des données en tenant compte de l'incertitude expérimentale liée à l'écriture des données numériques et applique les règles de sécurité appropriées. À l'aide d'un canevas, il traite les données expérimentales, analyse les résultats et rédige la discussion et la conclusion de l'expérience. S'il y a lieu, son rapport fait mention des sources d'erreurs pouvant expliquer l'écart entre ses résultats et ceux que la théorie prédit.

L'adulte qui étudie un phénomène ou une application technologique liés aux comportements des gaz ou à l'aspect énergétique des transformations chimiques formule des questions relatives aux aspects contextuels et fait ressortir les principes de chimie qui s'y manifestent. À l'aide de concepts, de lois, de théories ou de modèles, il explique l'utilisation ou la manipulation particulière de certains gaz en relation avec leurs propriétés et les échanges énergétiques entre les molécules durant une transformation chimique. C'est ainsi qu'il détermine la quantité de gaz présent ou la quantité d'énergie associée à de telles réactions et qu'il illustre le comportement des gaz ou le processus réactionnel de réactions chimiques. Enfin, l'adulte démontre sa compréhension des principes de chimie en décrivant l'effet de la variation de certains paramètres initiaux et en transposant son explication à d'autres phénomènes ou applications régis par les mêmes principes.

CRITÈRES D'ÉVALUATION DES COMPÉTENCES VISÉES PAR LE COURS

Critères d'évaluation de la compétence 1	Critères d'évaluation de la compétence 2	Critères d'évaluation de la compétence 3
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Représentation adéquate de la situation ▪ Élaboration d'un plan d'action pertinent ▪ Mise en œuvre adéquate du plan d'action ▪ Élaboration d'explications, de solutions ou de conclusions pertinentes 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Formulation d'un questionnement approprié ▪ Utilisation pertinente des connaissances en chimie ▪ Production adéquate d'explications 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Interprétation juste de messages à caractère scientifique ou technologique ▪ Production ou transmission adéquate de messages à caractère scientifique ou technologique

Cours
CHI-5062-2
Cinétique et équilibre chimique

Programme d'études



PRÉSENTATION DU COURS

Le cours *Cinétique et équilibre chimique* vise à rendre l'adulte apte à traiter efficacement des situations des familles *Recherche* et *Expertise* qui concernent les aspects de la cinétique et de l'équilibre chimique.

L'adulte inscrit à ce cours étudie des phénomènes ou des applications technologiques en lien avec la vitesse d'une réaction chimique ou l'équilibre chimique et cherche des réponses ou des solutions à des problèmes qui s'y rattachent. Il acquiert donc des connaissances sur la loi des vitesses de réaction, les constantes d'équilibre, les facteurs qui influent sur la vitesse de réaction et sur l'état d'équilibre, le principe de Le Châtelier ainsi que la relation entre le pH et la concentration molaire des ions hydronium et hydroxyde. Ces connaissances l'amènent à expliquer les facteurs en cause dans la manifestation de certains phénomènes, par exemple le contrôle du pH sanguin ou les réactions enzymatiques, et lui permettent de comprendre le fonctionnement d'une application technologique, comme les produits d'entretien des piscines et les matières plastiques biodégradables. De plus, comme l'expérimentation et la modélisation occupent une place centrale dans le développement des compétences et la construction de connaissances en lien avec les concepts de ce cours, l'adulte effectue plusieurs activités au laboratoire destinées à lui faire exercer, de manière autonome, des habiletés particulières liées aux techniques et aux méthodes.

Au terme de ce cours, dans des situations de *Recherche* et d'*Expertise*, l'adulte est en mesure :

- de mettre en œuvre une démarche d'investigation intégrant une expérimentation qui lui permet de résoudre un problème lié à la cinétique chimique ou à l'équilibre chimique;
- d'analyser un phénomène ou une application technologique impliquant les facteurs qui influent sur la vitesse d'une réaction ou encore sur l'état d'équilibre;
- de prédire les conséquences de la modification d'un paramètre sur la vitesse d'une réaction chimique ou sur l'état d'équilibre d'un système chimique;
- de suivre le protocole expérimental qu'il a lui-même préparé et qui porte sur la cinétique chimique ou sur l'état d'équilibre d'un système chimique;
- de rédiger un rapport de laboratoire qui traite de cinétique chimique ou de l'état d'équilibre d'un système chimique.

COMPÉTENCES DISCIPLINAIRES

Le tableau qui suit énumère, pour chacune des compétences, les composantes étudiées dans ce cours. Les manifestations de ces composantes sont présentées à l'annexe 4.

Compétence 1 Chercher des réponses ou des solutions à des problèmes relevant de la chimie	Compétence 2 Mettre à profit ses connaissances en chimie	Compétence 3 Communiquer sur des questions de chimie à l'aide des langages utilisés en science et en technologie
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Cerner un problème ▪ Élaborer un plan d'action ▪ Concrétiser le plan d'action ▪ Analyser les résultats 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Dégager les principes de chimie liés à un phénomène ou à une application ▪ Analyser des principes de chimie liés à un phénomène ou à une application ▪ Expliquer un phénomène ou une application sous l'angle de la chimie 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Interpréter des messages à caractère scientifique ou technologique ▪ Produire des messages à caractère scientifique ou technologique

DÉMARCHES

L'adulte est apte à résoudre un problème impliquant des principes de chimie ainsi qu'à étudier une application ou un phénomène relevant de principes liés à la cinétique et à l'équilibre chimique grâce aux démarches d'investigation. Voici un rappel des étapes de telles démarches :

- définir le problème;
- formuler une hypothèse;
- vérifier l'hypothèse;
- tirer des conclusions et communiquer.

Les démarches d'investigation les plus appropriées à ce cours sont : la démarche expérimentale, la démarche de modélisation et la démarche d'observation. C'est à l'étape de la vérification de l'hypothèse qu'elles se distinguent. La section 3.5 et les annexes 1 à 3 présentent des démarches d'investigation, assorties de leurs caractéristiques respectives.

L'expérimentation en laboratoire, inscrite dans ce cours, exige l'exécution de tâches particulières, dans le respect des limites et des précisions suivantes.

Expérimentation	
Étapes	Tâches
1. Planifier une expérience	L'adulte : <ul style="list-style-type: none"> - rédige un protocole expérimental en chimie; - choisit le matériel nécessaire pour faire une expérience; - détermine les règles de sécurité applicables, les paramètres constants et les paramètres à investiguer (variables indépendante et dépendante).
2. Réaliser l'expérience	L'adulte : <ul style="list-style-type: none"> - suit le protocole rédigé et l'ajuste au besoin; - prend des mesures en tenant compte de l'incertitude expérimentale; - applique les règles de sécurité appropriées.
3. Interpréter les résultats	Dans la rédaction de son rapport, l'adulte : <ul style="list-style-type: none"> - tient compte des chiffres significatifs dans le traitement des données; - analyse les résultats; - estime l'erreur maximale de mesure associée à l'utilisateur et à l'environnement; - discute des résultats; - rédige la conclusion en établissant des liens avec le problème posé.

COMPÉTENCES TRANSVERSALES

Les compétences transversales complètent les compétences disciplinaires, le développement des unes contribuant au développement des autres. Le cours CHI-5062-2 permet de mettre en œuvre l'ensemble des compétences transversales. Certaines d'entre elles, inscrites sur une trame grise dans le tableau ci-dessous, sont particulièrement visées dans l'exemple de situation d'apprentissage présenté pour les besoins du cours.

Compétences transversales			
Ordre intellectuel	Ordre de la communication	Ordre personnel et social	Ordre méthodologique
Exploiter l'information	Communiquer de façon appropriée	Actualiser son potentiel	Se donner des méthodes de travail efficaces
Résoudre des problèmes		Coopérer	Exploiter les technologies de l'information et de la communication
Exercer son jugement critique			
Mettre en œuvre sa pensée créatrice			

CONTENU DISCIPLINAIRE

A) SAVOIRS

Les concepts et les techniques prescrits sont présentés dans les tableaux des deux sections suivantes.

1. Concepts

Les connaissances inscrites en italiques ont été construites dans les programmes d'études de science et technologie et doivent être de nouveau mobilisées dans ce cours.

Univers matériel	
<p>Concept général : Vitesse de réaction</p> <p>Le rythme de transformation des réactifs en produits est soumis à l'influence de plusieurs facteurs (nature des réactifs, concentration, surface de contact, température, catalyseurs). Les possibilités d'intervention sont donc multiples lorsqu'il s'agit d'accélérer ou de ralentir les changements qui s'opèrent dans la matière. L'intérêt de la loi des vitesses de réaction réside dans l'écriture d'expressions algébriques qui permettent de comparer la vitesse de diverses réactions chimiques et, dans certains cas, d'en calculer la valeur numérique. Cette loi favorise une meilleure compréhension de la nature dynamique de l'équilibre et conduit à l'expression mathématique des constantes d'équilibre.</p>	
CONCEPTS PRESCRITS	CONNAISSANCES CONSTRUITES ANTÉRIEUREMENT
Concentration	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Décrire l'effet d'une variation de la quantité de soluté ou de solvant sur la concentration d'une solution.</i> • <i>Déterminer la concentration d'une solution aqueuse (g/L, pourcentage, ppm, mol/L).</i>
Stœchiométrie	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Déterminer des quantités de réactifs ou de produits à l'aide de calculs stœchiométriques.</i>
CONCEPTS PRESCRITS	CONNAISSANCES À CONSTRUIRE
Facteurs qui influent sur la vitesse de réaction : <ul style="list-style-type: none"> - nature des réactifs - concentration - surface de contact - température - catalyseur 	<ul style="list-style-type: none"> • Déterminer de façon expérimentale des moyens d'influer sur la vitesse d'une réaction. • Expliquer l'effet de la nature des réactifs sur la vitesse d'une réaction. • Expliquer l'effet de la concentration des réactifs sur la vitesse d'une réaction. • Expliquer l'effet de la surface de contact des réactifs sur la vitesse d'une réaction. • Expliquer l'effet de la température des réactifs sur la vitesse d'une réaction. • Expliquer l'effet d'un catalyseur sur la vitesse d'une réaction.
Loi des vitesses de réaction	<ul style="list-style-type: none"> • Décrire la relation entre la concentration des réactifs et la vitesse d'une réaction à l'aide d'expressions algébriques. • Déterminer l'effet d'une variation de la concentration d'un réactif sur la vitesse d'une réaction à l'aide de son expression algébrique.

Concept général : Équilibre chimique

L'équilibre dynamique est un état qui caractérise de nombreux systèmes chimiques, physiques et biologiques. L'étude qualitative de l'état d'équilibre et des facteurs qui l'influencent est nécessaire à la compréhension de nombreux phénomènes ou de nombreuses applications. Le principe de Le Châtelier sert, entre autres, à prévoir l'évolution des systèmes dont les conditions ont été modifiées.

Quel que soit le système considéré, l'interprétation et le calcul de l'expression de la constante d'équilibre (constante d'ionisation de l'eau, constantes d'acidité et de basicité, constante du produit de solubilité) permettent de traiter à la fois des aspects qualitatifs et quantitatifs de l'équilibre chimique. On aura recours aux équations de premier ou de deuxième degré, si nécessaire.

La constante d'ionisation de l'eau conduit à la compréhension de l'interdépendance des concentrations molaires des ions hydronium et hydroxyde. La détermination de l'une ou l'autre de ces concentrations permet, avec l'emploi des fonctions logarithmiques, de calculer le pH des solutions aqueuses. La maîtrise de la notation scientifique est exigée.

CONCEPTS PRESCRITS	CONNAISSANCES CONSTRUITES ANTÉRIEUREMENT
Nature de la liaison (ionique)	<ul style="list-style-type: none"> • Définir une liaison ionique comme étant une liaison qui résulte d'un gain ou d'une perte d'électron. • Représenter schématiquement une liaison ionique. • Identifier des molécules qui comportent une liaison ionique (ex. : NaCl, NH₄OH) • Associer la présence d'une liaison ionique à une substance électrolytique.
Force des électrolytes	<ul style="list-style-type: none"> • Associer qualitativement la force d'un électrolyte à son degré de dissociation.
Conductibilité électrique	<ul style="list-style-type: none"> • Décrire le mécanisme permettant la conductibilité électrique dans une solution aqueuse (dissolution électrolytique d'un soluté, formation d'ions mobiles).
Réaction de neutralisation acidobasique	<ul style="list-style-type: none"> • Donner des exemples de réaction de neutralisation acidobasique (ex. : l'ajout de chaux pour neutraliser l'acidité d'un lac). • Nommer les produits formés lors d'une neutralisation acidobasique (sel et eau). • Reconnaître une neutralisation acidobasique à l'aide de son équation.
Sels	<ul style="list-style-type: none"> • Déterminer la formule moléculaire du sel produit lors de la neutralisation d'un acide et d'une base donnés.
Échelle pH	<ul style="list-style-type: none"> • Décrire l'échelle pH (acidité, alcalinité, neutralité, valeurs croissantes et décroissantes).
CONCEPTS PRESCRITS	CONNAISSANCES À CONSTRUIRE
Facteurs qui influent sur l'état d'équilibre : - la concentration - la température - la pression	<ul style="list-style-type: none"> • Expliquer de façon qualitative l'état d'équilibre dynamique. • Expliquer l'effet d'une modification de la concentration d'un réactif ou d'un produit sur l'état d'équilibre d'un système. • Expliquer l'effet d'une modification de la température sur l'état d'équilibre d'un système. • Expliquer l'effet d'une modification de la pression sur l'état d'équilibre d'un système.
Principe de Le Châtelier	<ul style="list-style-type: none"> • Prévoir le sens du déplacement de l'état d'équilibre d'un système à la suite d'une modification de la concentration, de la température ou de la pression. • Prévoir les effets du déplacement de l'état d'équilibre d'un système sur les concentrations des réactifs et des produits.

Équilibre chimique (Suite)	
CONCEPTS PRESCRITS	CONNAISSANCES À CONSTRUIRE
Constante d'équilibre : - constante d'ionisation de l'eau - constantes d'acidité et de basicité - constante du produit de solubilité Relation entre le pH et la concentration molaire des ions hydronium et hydroxyde	<ul style="list-style-type: none"> • Exprimer, sous forme d'expression algébrique, la constante d'équilibre de l'ionisation de l'eau. • Calculer la concentration molaire des ions hydronium et hydroxyde à l'aide de la constante d'ionisation de l'eau, à 25 °C. • Exprimer, sous forme d'une expression algébrique, la constante d'équilibre de la dissociation d'un acide ou d'une base. • Déterminer de façon expérimentale la constante d'acidité ou la constante de basicité d'un système. • Associer la force des acides et des bases à la valeur de leur constante d'acidité ou de basicité. • Exprimer, sous forme d'expression algébrique la constante d'équilibre de la dissociation de diverses substances dans l'eau. • Calculer la constante du produit de solubilité d'une substance. • Expliquer l'utilisation de diverses substances à l'aide de leur constante du produit de solubilité (ex. : les sels à dissolution rapide ont une constante élevée). • Décrire la relation entre le pH et la concentration molaire des ions hydronium et hydroxyde. • Appliquer la relation entre le pH et la concentration molaire des ions hydronium ($pH = -\log_{10} [H^+]$).

2. Techniques

Les techniques présentées ici sont réparties en deux catégories. Plusieurs de ces techniques requièrent l'utilisation d'instruments ou la manipulation de produits chimiques. La sécurité et l'utilisation de l'équipement de sécurité doivent demeurer une préoccupation constante pour les utilisateurs.

Au laboratoire	
TECHNIQUES	CONNAISSANCES À CONSTRUIRE
<p>Manipulation</p> <ul style="list-style-type: none"> – Utilisation sécuritaire du matériel de laboratoire – Préparation de solutions – Collecte d'échantillons <p>Mesure</p> <ul style="list-style-type: none"> – Vérification de la fidélité, de la justesse et de la sensibilité des instruments de mesure – Interprétation des résultats de la mesure (chiffres significatifs, erreurs liées aux mesures) 	<ul style="list-style-type: none"> • Utiliser le matériel de laboratoire de façon sécuritaire (ex. : laisser refroidir une plaque chauffante, utiliser une pince à béccher). • Manipuler les produits chimiques de façon sécuritaire (ex. : effectuer les prélèvements à l'aide d'une spatule, procéder aux aspirations avec une poire à pipette). • Préparer une solution aqueuse de concentration donnée à partir d'un soluté solide. • Préparer une solution aqueuse de concentration donnée à partir d'une solution aqueuse concentrée. • Prélever des échantillons de façon adéquate (ex. : stériliser le contenant, utiliser une spatule, réfrigérer l'échantillon). • Effectuer plusieurs fois la même mesure pour vérifier la fidélité de l'instrument utilisé. • Effectuer les opérations requises afin de s'assurer de la justesse d'un instrument de mesure (ex. : nettoyer et calibrer une balance, sécher un cylindre gradué). • Tenir compte de la sensibilité d'un instrument de mesure (ex. : utiliser un cylindre gradué de 25 ml plutôt que de 100 ml pour mesurer un volume de 18 ml d'eau). • Déterminer l'incertitude attribuable à un instrument de mesure (ex. : l'incertitude de la mesure effectuée à l'aide d'un cylindre gradué est fournie par le fabricant ou correspond à la moitié de la plus petite graduation). • Estimer les erreurs de mesure associées à l'utilisateur et à l'environnement. • Exprimer un résultat avec un nombre de chiffres significatifs qui tient compte des erreurs de mesure (ex. : une mesure située entre 10,3 et 10,4 cm, effectuée avec une règle graduée en millimètres, devrait s'écrire 10,35 cm ou 103,5 mm). • Exprimer la valeur d'une mesure avec son incertitude absolue ou relative (ex. : 24,1 ± 0,1 ml, ou 24,1 ml ± 0,4 %).

B) REPÈRES CULTURELS

Les repères culturels rendent les situations d'apprentissages plus signifiantes. Le tableau qui suit présente un certain nombre de ces repères, en lien avec le cours. Les situations d'apprentissage peuvent faire appel à d'autres repères culturels.

Repères culturels				
Objets techniques, systèmes technologiques, procédés et produits.	<p>Cinétique</p> <ul style="list-style-type: none"> - Vitesse de combustion. - Système de protection contre les incendies. - Convertisseur catalytique. - Catalyseur et inhibiteur. - Additif alimentaire. - Réaction enzymatique. - Pharmacocinétique (action et élimination des médicaments). - Matière plastique biodégradable. - Vitesse de dissolution des engrais. - Traitement des surfaces contre la corrosion. <p>Équilibre chimique</p> <ul style="list-style-type: none"> - Produits d'entretien ménager. - Produits d'entretien de piscines. - Procédé Haber. - Aquariophilie. - Contrôle du pH sanguin. - Contrôle de l'activité gastrique. - Impact de l'activité humaine sur les cycles biogéochimiques. - Biocides (pesticide, insecticide, etc.) - Ozone stratosphérique. - Dépollution physico-chimique des sols. - Cycle de l'eau. - Cycle du carbone. 			
	Univers	Hommes et femmes de science	Ressources du milieu	Intervention humaine
Matériel	James Clerk Maxwell James Prescott Joule Ludwig Boltzmann Svante August Arrhenius J.H. Van't Hoff Henry-Louis Le Châtelier Fritz Haber Wilhelm Ostwald Alfred Nobel Nicolas Leblanc Ernest Solvay	Association francophone pour le savoir (ACFAS) Conseil de développement du loisir scientifique (CDLS) Conseil national de recherche Canada (CNRC) Institut de chimie du Canada (ICC) Union internationale de chimie pure et appliquée (UICPA)		Expositions scientifiques Prix Nobel de chimie

FAMILLES DE SITUATIONS D'APPRENTISSAGE

Les situations d'apprentissage du présent cours, issues des familles *Recherche* et *Expertise*, sont liées à la cinétique et l'équilibre chimique, tant pour les gaz placés dans un système fermé que pour des solutions aqueuses et acido-basiques. Les paragraphes suivants donnent des exemples de tâches que l'adulte peut être amené à effectuer dans de telles situations.

Une situation impliquant la vitesse des réactions chimiques peut exiger que l'adulte explique le rôle des enzymes dans la digestion. Il peut ainsi réaliser différentes expérimentations afin de valider son explication.

À partir d'une situation abordant la question des facteurs pouvant influencer sur l'état d'équilibre d'un système, l'adulte peut préparer un protocole expérimental dans le but de cerner l'effet de ces facteurs sur le sens d'une réaction, de réaliser l'expérimentation et de rédiger un rapport complet.

Dans une autre situation, il aura à étudier, à comprendre et à expliquer les facteurs à considérer pour introduire une nouvelle espèce de poisson dans un aquarium équilibré qui abrite déjà un spécimen. Il peut décrire les caractéristiques du milieu, proposer les actions à entreprendre qui tient compte de la cinétique chimique et présenter les liens qui unissent les facteurs externes et leurs effets sur l'état d'équilibre, le tout accompagné de justifications scientifiques.

Dans l'exemple de situation d'apprentissage de la page suivante, les principales tâches soutiennent le développement des première et troisième compétences : elle appartient donc à la famille de situations *Recherche*.

DOMAINES GÉNÉRAUX DE FORMATION

Les situations d'apprentissage sont plus signifiantes pour l'adulte lorsqu'elles sont liées, en raison de leur contexte, aux domaines généraux de formation. Les domaines généraux *Santé et bien-être*, *Orientation et entrepreneuriat*, *Environnement et consommation* et *Vivre-ensemble et citoyenneté* sont les plus susceptibles d'être exploités pour créer des situations d'apprentissage pour le cours CHI-5062-2. L'exemple ci-dessous rejoint l'intention éducative du domaine général de formation *Environnement et consommation*.

Domaines généraux de formation
Santé et bien-être
Orientation et entrepreneuriat
Environnement et consommation
Médias
Vivre-ensemble et citoyenneté

EXEMPLE DE SITUATION D'APPRENTISSAGE

FABRIQUER DE L'AMMONIAC? FACILE!

Votre oncle travaille dans une industrie qui fabrique de l'ammoniac à partir du procédé Haber. Sachant que vous suivez actuellement un cours de chimie, il vous lance le défi suivant : lui expliquer le procédé de synthèse de l'ammoniac, en termes de température et de pression. Il ne vous mentionne que les réactifs, soit de l'hydrogène et de l'azote. De plus, il souhaiterait, en prenant en compte les moyens disponibles à votre centre, que vous ayez recours à une réaction dont les propriétés sont similaires afin d'illustrer votre propos.

Pour répondre à la demande de votre oncle, vous devrez d'abord déterminer l'équation chimique correspondant à la fabrication industrielle de l'ammoniac à partir du procédé Haber. Vous devrez ensuite établir un protocole expérimental vous permettant de vérifier l'effet de la température, de la pression ou de la concentration de produits ou de réactifs sur l'état d'équilibre d'une réaction chimique similaire. Finalement, vous expliquerez le procédé Haber, vous exposerez les conditions de température, de pression ainsi que la possibilité d'utiliser un catalyseur favorisant la synthèse de l'ammoniac. Vous devrez illustrer l'effet de ces facteurs à partir d'une réaction similaire de votre choix.

Votre dossier devra inclure :

- une recherche sommaire sur le procédé Haber où l'équation chimique est bien posée;
- un protocole expérimental et un rapport de laboratoire;
- une explication du procédé Haber;
- la présentation d'une réaction réversible similaire où l'influence d'au moins deux facteurs parmi les suivants — température, pression, catalyseur, concentration des produits ou des réactifs — est illustrée.

ATTENTES DE FIN DE COURS

Le traitement de situations d'apprentissage suppose que l'adulte s'approprié une démarche d'investigation faisant appel à l'expérimentation, à la modélisation ou à l'observation. Les situations lui permettent, en chimie, de mettre en œuvre des habiletés de résolution de problème, d'utiliser ses connaissances et de produire des messages.

L'adulte amené à résoudre un problème lié à la cinétique ou à l'état d'équilibre d'un système chimique s'en donne une représentation à la suite de la lecture et de l'interprétation de messages à caractère scientifique et technologique. Il élabore un plan d'action adapté à l'une de ses hypothèses, exploitant ainsi ses connaissances sur la vitesse des réactions et la constante d'équilibre, notamment les facteurs qui influent sur la vitesse et l'état d'équilibre, le principe de Le Châtelier ainsi que la relation entre le pH et la concentration molaire des ions hydronium et hydroxyde. Pour ce faire, il rédige un protocole expérimental dans lequel il choisit le matériel nécessaire, il établit les

consignes relatives aux manipulations et il détermine les règles de sécurité applicables à la situation. Son plan d'action est mis en œuvre par la tenue des activités de laboratoire prévues. Durant ces activités, il manipule adéquatement le matériel, applique les règles de sécurité appropriées et prend des mesures en tenant compte de l'incertitude associée aux instruments utilisés et aux conditions expérimentales. Dans un rapport de laboratoire, il présente une analyse rigoureuse des résultats et les discute. Finalement, il rédige les conclusions de l'expérience en établissant les liens avec le problème posé. Son rapport fait mention des sources d'erreurs et de l'estimation de leurs valeurs.

L'adulte qui étudie un phénomène ou une application technologique impliquant la cinétique chimique ou l'équilibre chimique formule des questions liées à des aspects contextuels et fait ressortir les principes de chimie qui s'y manifestent. À l'aide de concepts, de lois, de théories ou de modèles, il explique la relation entre le pH et la concentration molaire des ions hydronium et hydroxyde ou encore comment la modification de certains facteurs influe sur la vitesse de réaction ou sur l'état d'équilibre. C'est ainsi qu'il illustre l'influence de certains facteurs sur la cinétique des réactions chimiques ou sur l'état d'équilibre d'un système chimique, qu'il détermine graphiquement la vitesse d'une réaction ou qu'il calcule, la constante d'équilibre, les concentrations molaires des substances ou le pH d'une solution. Enfin, l'adulte démontre sa compréhension des principes de chimie en décrivant l'effet de la variation de certains paramètres initiaux et en transposant son explication à d'autres phénomènes ou applications régis par les mêmes principes.

CRITÈRES D'ÉVALUATION DES COMPÉTENCES VISÉES PAR LE COURS

Critères d'évaluation de la compétence 1	Critères d'évaluation de la compétence 2	Critères d'évaluation de la compétence 3
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Représentation adéquate de la situation ▪ Élaboration d'un plan d'action pertinent ▪ Mise en œuvre adéquate du plan d'action ▪ Élaboration d'explications, de solutions ou de conclusions pertinentes 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Formulation d'un questionnement approprié ▪ Utilisation pertinente des connaissances en chimie ▪ Production adéquate d'explications 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Interprétation juste de messages à caractère scientifique ou technologique ▪ Production ou transmission adéquate de messages à caractère scientifique ou technologique

Annexes



Annexe 1

Les stratégies d'exploration et d'analyse permettent de progresser plus efficacement vers une réponse ou une solution durant une démarche d'investigation.

Stratégies d'exploration

- Inventorier le plus grand nombre possible d'informations scientifiques, technologiques et contextuelles qui seront utiles ultérieurement pour cerner un problème ou prévoir des tendances.
- Évoquer des problèmes similaires déjà résolus.
- Anticiper les résultats d'une démarche.
- Élaborer divers scénarios possibles.
- Explorer diverses pistes de solution.
- Envisager divers points de vue liés aux problématiques scientifiques.

Stratégies d'analyse

- Déterminer les contraintes et les éléments importants pour la résolution d'un problème.
- Diviser un problème complexe en sous-problèmes plus simples.
- Faire appel à divers modes de raisonnement (ex. : inférer, induire, déduire, comparer, classier, sérier) pour traiter des informations.
- Reasonner par analogie pour traiter des informations et adapter des connaissances scientifiques et technologiques.
- Établir des généralisations à partir de cas particuliers, structurellement semblables.
- Sélectionner des critères pertinents qui permettent de se situer au regard d'une problématique scientifique.

Annexe 2

Démarches d'investigation en science	
Étapes	Exemples
Définir le problème	Circonscrire les informations appropriées. Rechercher les notions en cause. Recourir à des connaissances théoriques personnelles, à des savoirs théoriques tirés de documents, à des expériences antérieures, à des situations vécues ou à la logique.
Formuler une hypothèse	Élaborer un questionnement à partir de différents faits. Créer des analogies ou essayer de prédire des résultats. Établir des relations causales. Proposer un modèle.
Vérifier l'hypothèse	Préparer et faire des observations, réaliser une expérimentation ou mettre un modèle au point pour affirmer ou infirmer l'hypothèse de départ.
Tirer des conclusions	Exprimer sa compréhension des faits. Produire une explication, un nouveau modèle ou une nouvelle théorie.
Communiquer	Produire une réponse, une solution, une explication, un modèle ou une opinion.

Annexe 3

Méthodes scientifiques de vérification d'une hypothèse

La modélisation	
La modélisation consiste à construire une représentation concrète d'une situation abstraite, difficilement accessible ou carrément invisible. Elle doit faciliter la compréhension de la réalité, expliquer certaines propriétés de ce qu'elle vise à représenter et permettre de prédire de nouveaux phénomènes. Le modèle élaboré peut prendre diverses formes : texte, dessin, formule, équation (mathématique ou chimique), programme informatique ou maquette.	
Étapes	Exemples
1. Élaborer un modèle	<ul style="list-style-type: none">- Déterminer les composantes et les relations.- Choisir le mode de représentation.
2. Réaliser le modèle	<ul style="list-style-type: none">- Faire une maquette, un schéma.- Élaborer une formule.
3. Valider le modèle	<ul style="list-style-type: none">- Repérer les contradictions et les incohérences possibles.- Vérifier la validité des éléments.- Apporter des modifications ou revenir aux étapes précédentes, si nécessaire.

L'observation	
L'observation, sous l'angle de la science, permet d'interpréter des faits selon des critères déterminés et à partir d'éléments qui font consensus dans un cadre disciplinaire donné. À la lumière des informations recueillies, l'observateur arrive à une nouvelle compréhension des faits qui demeure toutefois tributaire du contexte de l'observation. En raison de sa manière d'interpréter et d'organiser les informations, l'observateur fait une relecture du monde en tenant compte de ses connaissances antérieures et des schémas conceptuels qu'il applique aux faits observés.	
Étapes	Exemples
1. Planifier l'observation	<ul style="list-style-type: none">- Déterminer des critères d'observation.- Préparer une grille d'observation.
2. Recueillir les informations	<ul style="list-style-type: none">- Recueillir les informations en se référant aux critères d'observation.
3. Interpréter les informations	<ul style="list-style-type: none">- Organiser les informations dans le but d'expliquer le phénomène ou l'application.- Établir des relations avec les données recueillies.

L'expérimentation	
<p>L'expérimentation implique l'élaboration d'un protocole qui inclut la définition d'un certain nombre de variables. Le but du protocole est de faire émerger des éléments observables ou quantifiables, de les mettre en relation et de les confronter aux hypothèses. Les interactions entre les diverses étapes de la méthode expérimentale permettent de soulever des questions judicieuses, de formuler de nouvelles hypothèses, d'apporter des ajustements à sa mise en œuvre et de tenir compte les limites de l'expérimentation.</p>	
Étapes	Exemples
1. Planifier une expérience	<ul style="list-style-type: none"> - Déterminer les variables possibles. - Déterminer la variable à mesurer. - Articuler les étapes de l'expérimentation.
2. Réaliser l'expérience	<ul style="list-style-type: none"> - Réaliser un montage expérimental. - Effectuer un ensemble de manipulations. - Recueillir des observations ou des mesures.
3. Interpréter les résultats	<ul style="list-style-type: none"> - Traiter les données recueillies. - Établir des relations. - Discuter des erreurs possibles.

Annexe 4

Compétence 1 Chercher des réponses ou des solutions à des problèmes relevant de la chimie	Compétence 2 Mettre à profit ses connaissances scientifiques en chimie	Compétence 3 Communiquer sur des questions de chimie à l'aide des langages utilisés en science et en technologie
<p>Cerner un problème</p> <ul style="list-style-type: none"> Repérer les éléments qui semblent pertinents. Déterminer les relations qui unissent les différents éléments. Reformuler le problème en faisant appel à des concepts de chimie. Proposer des hypothèses vraisemblables ou des solutions possibles. <p>Élaborer un plan d'action</p> <ul style="list-style-type: none"> Sélectionner une hypothèse ou une solution. Déterminer les ressources nécessaires. Planifier les étapes de la mise en œuvre du plan d'action. <p>Concrétiser le plan d'action</p> <ul style="list-style-type: none"> Procéder aux manipulations ou aux opérations planifiées. Recueillir les données ou noter des observations pouvant être utiles. Apporter, si nécessaire, des corrections à l'élaboration ou à la mise en œuvre du plan d'action. <p>Analyser les résultats</p> <ul style="list-style-type: none"> Traiter les données recueillies ou les observations notées. Rechercher les tendances ou les relations significatives. Établir des liens entre les résultats et les concepts de chimie. Juger de la pertinence de la réponse ou de la solution apportée. Énoncer de nouvelles hypothèses ou solutions, s'il y a lieu. 	<p>Dégager les principes de chimie liés à un phénomène ou une application</p> <ul style="list-style-type: none"> Considérer les éléments du contexte. Repérer les principes de chimie. Se donner une représentation du phénomène ou de l'application en se basant sur les concepts de chimie. <p>Analyser des principes de chimie liés à un phénomène ou une application</p> <ul style="list-style-type: none"> Décrire les principes de chimie liés au phénomène ou à l'application de manière qualitative ou quantitative. Mettre en relation les principes de chimie liés au phénomène ou à l'application à l'aide de concepts, de loi, de théories ou de modèles. <p>Expliquer un phénomène ou une application sous l'angle de la chimie</p> <ul style="list-style-type: none"> Élaborer une explication en s'appuyant sur des concepts, des lois et des modèles de chimie. Justifier une explication à l'aide d'un formalisme scientifique et s'il y a lieu mathématique. Transposer l'explication proposée dans d'autres contextes, s'il y a lieu. 	<p>Interpréter des messages à caractère scientifique et technologique</p> <ul style="list-style-type: none"> Situer le message dans son contexte. S'assurer de la fiabilité des sources. Repérer les éléments appropriés à l'interprétation du message. Saisir le sens précis des mots ou des énoncés. Établir des liens entre des concepts et leurs représentations graphiques ou symboliques. <p>Produire des messages à caractère scientifique ou technologique</p> <ul style="list-style-type: none"> Structurer son message. Utiliser un vocabulaire scientifique et technologique. Recourir aux langages symboliques et graphiques associés à la science et à la technologie. Respecter les normes et les conventions établies pour les différents langages. Démontrer de la rigueur et de la cohérence. Respecter les droits de la propriété intellectuelle.

Références bibliographiques

QUÉBEC. MINISTÈRE DE L'ÉDUCATION. *Programme de formation de l'école québécoise, Enseignement secondaire, 1^{er} cycle*, 2004, 575 p.

QUÉBEC. MINISTÈRE DE L'ÉDUCATION. *Programme d'études Science et technologie, Enseignement secondaire, 2^e cycle*, 2007, 75 p.

QUÉBEC. MINISTÈRE DE L'ÉDUCATION. *Programme d'études Chimie, Enseignement secondaire, 2^e cycle*, 2009, 45 p.

QUÉBEC. MINISTÈRE DE L'ÉDUCATION, DU LOISIR ET DU SPORT. *Progression des apprentissages au secondaire, Science et technologie 1 cycle, Science et technologie 2 cycle, Science et technologie de l'environnement*, [En ligne], 2011, mise à jour le 24 novembre 2011.

[http://www1.mels.gouv.qc.ca/progressionSecondaire/domaine_mathematique/science/index.aspx]

QUÉBEC. MINISTÈRE DE L'ÉDUCATION, DU LOISIR ET DU SPORT. *Progression des apprentissages au secondaire, Science et technologie 1 cycle, Applications technologiques et scientifiques, Science et environnement*, [En ligne], 2011, mise à jour le 24 novembre 2011.

[http://www1.mels.gouv.qc.ca/progressionSecondaire/domaine_mathematique/scienceApp/index.asp]

QUÉBEC. MINISTÈRE DE L'ÉDUCATION, DU LOISIR ET DU SPORT. *Progression des apprentissages au secondaire, Chimie, Programme optionnel de 5 secondaire*, [En ligne], 2011,

[http://www1.mels.gouv.qc.ca/progressionSecondaire/domaine_mathematique/chimie/index.asp]

