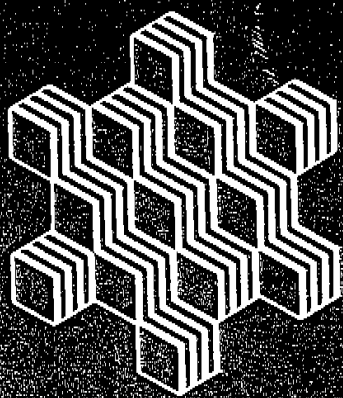


programme d'études



SECONDAIRE

CHIMIE 534

**À la découverte de la matière
et de l'énergie**

Québec 

programme d'études

SECONDAIRE

CHIMIE 534

**À la découverte de la matière
et de l'énergie**

Ce programme-guide de

CHIMIE 534

À la découverte de la matière et de l'énergie

est la propriété de

Il a été enrichi au fur et à mesure de mes préparations de cours et de mes observations pendant les activités avec les élèves.

© Gouvernement du Québec
Ministère de l'Éducation, 1992 — 9192-0852

ISBN 2-550-23333-6

Dépôt légal — deuxième trimestre 1992
Bibliothèque nationale du Québec

*Le présent programme d'études **Chimie 534** pour la cinquième année du secondaire est édicté en conformité avec l'article 461 de la Loi sur l'instruction publique.*

J'ai reçu l'avis des comités confessionnels du Conseil supérieur de l'éducation, conformément aux dispositions du paragraphe a) de l'article 23 de la Loi sur le Conseil supérieur de l'éducation, tel que remplacé par l'article 569 de la Loi sur l'instruction publique (1988, chap. 84).

L'application de ce programme est autorisée dans toutes les écoles à compter de septembre 1992.

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Michel Pagé', with a stylized flourish at the end.

*Michel Pagé
Ministre de l'Éducation*

REMERCIEMENTS

La réalisation de ce programme-guide a été rendue possible grâce à la collaboration de nombreux agents et agentes d'éducation des enseignements secondaire et collégial.

Le ministère de l'Éducation remercie ces personnes et organismes.

Un remerciement particulier s'adresse aux personnes qui ont contribué à l'analyse de besoins relative à l'enseignement des programmes de chimie et de physique du second cycle et à l'élaboration du document précisant leurs orientations de même qu'aux enseignantes et enseignants qui ont mis à l'essai les projets de programmes-guides.

Conception et rédaction:	Denis Chabot Responsable des programmes de sciences de la nature Ministère de l'Éducation Raymond Gervais Conseiller pédagogique en sciences de la nature CS Jérôme-Le Royer Claude Délisle Enseignant de sciences (chimie) CECM Bernard Tousignant Enseignant de sciences (physique) CS de Trois-Rivières
Contribution:	Ken Tannahill Enseignant de sciences (physique) CS District of Bedford
Traitement de textes:	Micheline Marois Hélène Bouchard
Traduction:	La Coordination du développement pédagogique en langue anglaise du Ministère
Révision linguistique:	Les Services linguistiques et la Coordination de la condition féminine du Ministère

TABLE DES MATIÈRES

	page
AVANT-PROPOS	9
 1. INTRODUCTION	 11
1.1 Bref historique	11
1.2 Analyse de la situation	11
1.2.1 Situation présente	12
1.2.2 Situation désirée	13
1.3 Relation avec d'autres programmes	14
 2. ORIENTATIONS DU PROGRAMME	 15
2.1 Valeurs	15
2.2 Fondements	16
2.2.1 Fondements d'ordre sociologique	16
2.2.2 Fondements d'ordre didactique	16
2.2.3 Fondements d'ordre épistémologique	17
2.3 Objets d'études et éléments intégrateurs	18
2.4 Démarche d'apprentissage	19
2.5 Rôle du personnel enseignant (démarche pédagogique) .	21
2.6 Rôle de l'élève	22
2.7 Principes directeurs	23
2.8 Synthèse des orientations	24
 3. OBJETS D'APPRENTISSAGE DU PROGRAMME	 26
3.1 Objectif global	26
3.2 Buts	26
3.3 Objets d'études et éléments intégrateurs	28
3.4 Objectifs du programme	28
3.5 Objectifs généraux	28
3.6 Objectifs particuliers	29
3.7 Cheminement d'apprentissage	35

3.8	Éléments de planification	35
3.9	Recherche de l'élève	37
4.	STRUCTURE DU PROGRAMME ET DES CONTENUS DE FORMATION	38
4.1	Relation entre les modules	38
4.2	Module «Recherche»	39
4.3	Module «Les gaz et leurs applications»	39
4.4	Module «Réactions chimiques: énergie»	39
4.5	Module «Réactions chimiques: vitesse de réaction»	39
4.6	Module «Réactions chimiques: équilibre»	40
5.	STRUCTURE NOTIONNELLE DU PROGRAMME	41
6.	PROGRAMME-GUIDE	51
7.	ÉVALUATION	203
7.1	Une évaluation conforme aux principes du programme .	203
7.2	Responsabilités de l'évaluation	203
8.	COMPOSANTES DE LA MISE EN OEUVRE DU PROGRAMME	204
9.	DOCUMENTS LIÉS AU PROGRAMME	208
ANNEXE I:	LISTE D'HABILETÉS ET D'ATTITUDES	209
ANNEXE II:	TAXONOMIE	221
ANNEXE III:	LISTE DES DOCUMENTS DE RÉFÉRENCE SUGGÉRÉS	223
ANNEXE IV:	RENSEIGNEMENTS SUPPLÉMENTAIRES ...	245
ANNEXE V:	TABLEAU PÉRIODIQUE DES ÉLÉMENTS ...	251

AVANT-PROPOS

Le présent document constitue le programme-guide de chimie. Il s'adresse aux élèves de 5^e secondaire qui ont réussi le cheminement enrichi (436) du programme de Sciences physiques de 4^e secondaire et qui ont l'intention de poursuivre leurs études en sciences de la nature ou dans certains programmes de l'enseignement professionnel ou collégial. Les élèves de 4^e secondaire qui ont réussi le cheminement 436 de Sciences physiques et qui désirent tout simplement parfaire leurs habiletés, leurs attitudes et leurs connaissances liées à l'étude des propriétés chimiques de la matière peuvent également le suivre.

Élaboré par la Direction de la formation générale des programmes à l'intention des enseignantes et des enseignants de chimie, il présente un contenu obligatoire et un contenu facultatif (d'enrichissement). Les directrices et les directeurs des services éducatifs, les coordonnatrices et les coordonnateurs, les conseillères et les conseillers pédagogiques en sciences de la nature pourront utiliser ce document pour la préparation et l'animation des activités d'information et de perfectionnement relatives à ce programme.

Il revient à chacune des commissions scolaires, à la lumière des renseignements fournis au chapitre 8, de structurer l'encadrement pédagogique et de fournir le matériel propre à favoriser l'atteinte des objectifs par les élèves.

Les enseignantes et les enseignants aidés des conseillères et des conseillers pédagogiques ont toute latitude pour déterminer l'enrichissement qu'ils offriront aux élèves qui ont la capacité, le goût ou encore le temps de dépasser le contenu obligatoire. Ils pourront utiliser, à cet effet, les objectifs facultatifs (précédés d'un double **) proposés ou en définir d'autres.

L'ensemble de ce document constitue un «programme-guide». Il délimite les habiletés, les attitudes et les connaissances que doivent parfaire les élèves. Il suggère aussi pour chaque objectif intermédiaire un cheminement d'apprentissage, des stratégies d'enseignement et des renseignements visant à orienter les enseignantes et les enseignants dans la planification de leurs cours et l'évaluation formative des apprentissages de leurs élèves.

1. INTRODUCTION

1.1 BREF HISTORIQUE

En 1977, le ministère de l'Éducation menait dans le milieu scolaire une vaste enquête qui révéla que l'enseignement ne répondait plus adéquatement aux besoins tant des élèves que de la société. À la lumière de ces résultats, il entreprit, dès 1978, une révision de l'ensemble des programmes d'études du primaire et du secondaire.

En 1979, un plan d'action¹ redéfinissait les objectifs de l'école québécoise et proposait des moyens pour corriger les problèmes relevés par le milieu scolaire et la société. On précisait, notamment, pour chacune des années du primaire et du secondaire, un ensemble de programmes obligatoires et facultatifs.

Le Régime pédagogique publié en 1981, révisé en 1986 et en 1990, oblige tous les élèves de 4^e secondaire à suivre un cours de 6 crédits contenant à la fois des éléments de chimie et de physique et à réussir ce dernier pour obtenir leur diplôme d'études secondaires. Ce cours offre deux cheminement: un cheminement de base et un cheminement enrichi. Les élèves qui réussiront le cheminement 436 (enrichi) pourront suivre en 5^e secondaire un cours de chimie (Chimie 534) et un cours de physique (Physique 534).

1.2 ANALYSE DE LA SITUATION

Jugeant de première importance les transformations apportées à l'enseignement de la chimie et de la physique, la Direction des programmes procéda, en 1986, à une vaste consultation des agentes et des agents d'éducation intéressés. Elle devait permettre de préciser les orientations et les contenus de formation que les nouveaux programmes devaient véhiculer, déterminer les priorités et assurer une harmonisation des cours du secondaire avec ceux du collégial.

Cette analyse de besoins mena à la publication du *Document d'orientation*² qui trace le portrait de la situation actuelle dans l'enseignement de la chimie et de la physique et précise des moyens et des orientations pour l'améliorer. Ce document a servi de base à une nouvelle consultation des agentes et agents intéressés.

-
1. Ministère de l'Éducation. L'École québécoise. Énoncé de politique et plan d'action, 1979.
 2. Ministère de l'Éducation. Direction de la formation générale. Document d'orientation, programmes de sciences physiques, 2^e cycle du secondaire, juin 1986.

Au cours des années quatre-vingt, d'autres études furent consacrées à l'enseignement des sciences: le Rapport Evalensci, l'analyse du groupe ASOPE, le projet d'orientation de l'éducation scientifique de la Direction générale du développement pédagogique, les mémoires de l'Association des professeurs de sciences du Québec, divers rapports de recherche sur l'état de l'enseignement des sciences et sur la culture scientifique, tels ceux de Jacques Desautels, de Pierre-Léon Trempe et de leurs associés, les rapports du Conseil des sciences du Canada, les avis du Conseil supérieur de l'éducation, l'enquête sur l'enseignement des sciences dans le Canada français. Ces travaux et d'autres, de même que diverses études comparatives sur l'enseignement des sciences au Québec et ailleurs, ont guidé l'équipe chargée de l'élaboration du présent programme-guide.

1.2.1 Situation présente

L'enseignement de la chimie en 5^e secondaire des deux dernières décennies fut grandement teinté de la méthode américaine CHEM STUDY. Cette méthode fut utilisée dans les années soixante auprès des élèves du cours préparatoire aux études supérieures, c'est-à-dire des jeunes qui avaient terminé leur douzième année de scolarité mais qui ne pouvaient accéder directement à l'université.

Avec l'apparition des cégeps, la méthode fut offerte aux élèves talentueux en sciences de 4^e et 5^e secondaire. D'un enseignement descriptif de la chimie, on passait à un enseignement qui tentait d'expliquer des phénomènes. Les concepts à structurer n'étaient cependant pas toujours adaptés au développement intellectuel des jeunes.

Graduellement, le temps d'enseignement alloué à cette discipline fut réduit. La quantité d'éléments notionnels que les élèves devaient assimiler ne fut pas réduite proportionnellement à la diminution du temps. Les instruments d'évaluation (ministériels et locaux) prenaient principalement en considération les connaissances et négligeaient les habiletés et les attitudes, orientant ainsi le style d'enseignement.

Le contexte d'enseignement n'était alors guère favorable à l'adoption par les enseignantes et les enseignants de méthodes d'enseignement facilitant l'application de la méthode expérimentale. L'enseignement était plutôt dogmatique. L'élève était ainsi un agent passif plutôt que d'être l'artisan de sa propre formation scientifique. Habiletés et attitudes scientifiques devinrent, par la force des choses, des dimensions de la formation négligées.

De plus, il semble qu'au départ les élèves ont une attitude positive à l'égard des sciences mais qu'elle se modifie graduellement, au point de faire place à la fin du secondaire à un désintéressement pour les sciences telles qu'elles sont enseignées. Elles sont perçues comme une froide étude des choses, fondée sur des hypothèses artificielles et éloignée des aspects humains de la vie actuelle, comme un ensemble de règles formelles que la plupart des élèves sont incapables de comprendre.

Pas surprenant alors que les universités québécoises ne fournissent pas le contingent de scientifiques requis par la société. Les inscriptions en sciences appliquées plafonnent et même diminuent dans les collèges et les universités.

1.2.2 Situation désirée

L'enseignement de la chimie en 5^e secondaire devrait assurer une formation adéquate aux jeunes Québécoises et Québécois désireux de poursuivre des études ultérieures en sciences, tout en les préparant à vivre les défis de maintenant et de demain qui sont fortement influencés par les découvertes scientifiques et technologiques. L'étude de la chimie permet de participer aux processus de prise de décision qui influent sur l'avenir de l'humanité.

On s'entend alors pour recommander des cours de chimie invitants pour les élèves, afin de donner à cet enseignement un souffle nouveau, en faisant en sorte qu'il soit fondé sur les assises nouvelles de la culture contemporaine. Conjointement avec l'éthique, la science constitue un des éléments fondamentaux du développement, un des volets importants de la formation fondamentale. L'expression d'une identité culturelle ne pourra survenir qu'en symbiose avec une forme d'autonomie scientifique et technique.

Il importe ainsi de vivre les activités scientifiques en faisant référence à l'histoire des sciences de même qu'au contexte social et environnemental actuel. Une telle approche est présentement considérée comme un puissant catalyseur de changement. L'étude de la chimie au secondaire devrait d'abord éduquer les jeunes à devenir citoyennes et citoyens du monde et aussi les préparer au marché du travail.

Modifier l'enseignement de la chimie n'est pas facile. Nous en sommes toutes et tous convaincus. Les influences traditionnelles sont fortes: la formation des enseignantes et des enseignants de sciences, les valeurs et les préjugés de notre société, nos modes d'évaluation, etc. Il est cependant impératif de le faire. Nous sommes également conscients que l'atteinte de ces objectifs serait compromise sans une valorisation collective de la culture scientifique et technique.

1.3 RELATION AVEC D'AUTRES PROGRAMMES

Le présent programme de chimie de 5^e secondaire est le prolongement de la version 436 du programme de Sciences physiques 416-436. Il s'appuie sur les mêmes fondements et s'inscrit dans les mêmes orientations.

Il permet d'utiliser et de renforcer les acquis faits par les élèves depuis le primaire en ce qui concerne les attitudes et les habiletés associées à la méthode scientifique, l'éthique, les attitudes d'ordre environnemental et les connaissances de phénomènes de la nature et de la technologie liés à la chimie. Il exploite également certains phénomènes d'ordre biologique. Il applique des notions de mathématiques étudiées antérieurement.

Par les méthodes de travail, les modes de pensée et les contenus de formation qu'il permet aux jeunes de construire, ce cours assure enfin une préparation immédiate de ces derniers pour aborder l'étude de la chimie et de certaines techniques qui relèvent de l'enseignement postsecondaire.

2. ORIENTATIONS DU PROGRAMME

2.1 VALEURS

La conception de la personne qui est à la base de ce programme et la conception même de la science qu'il essaie de véhiculer président à un ensemble de valeurs dans le sens desquelles il s'inscrit.

L'élève de 5^e secondaire qui aura l'occasion d'investiguer des phénomènes de la nature et de la technologie liés à la chimie pourra améliorer diverses facettes de ce qu'on appelle couramment la «culture scientifique», ce qui devrait le préparer aux défis de l'avenir.

Il s'agit de valeurs:

- ° intellectuelles, telles:
 - le sens du travail rigoureux et méthodique;
 - le goût de la recherche;
 - le sens de la recherche constante de la vérité;
 - ...
- ° sociales et culturelles, telles:
 - la perception du savoir scientifique et technologique comme activités culturelles;
 - le sens de l'égalité des jeunes (filles et garçons) vis-à-vis des sciences et de la technologie;
 - le sens de la solidarité internationale face aux grands problèmes de l'heure;
 - le sens de la nature;
 - l'esprit d'équipe;
 - le souci d'une langue correcte;
 - ...
- ° morales, telles:
 - le sens du respect de la vie et de l'environnement;
 - le sens des responsabilités;
 - le souci de santé et de sécurité;
 - le sens de l'effort et de la discipline personnelle;
 - ...

Ce programme prescrit, à l'intention des élèves de 5^e secondaire, un ensemble de contenus de formation (des attitudes, des habiletés et des connaissances) à construire et s'inscrivant dans le sens de ces valeurs.

2.2 FONDEMENTS

Le présent programme-guide s'inspire des données récentes de la didactique et de l'épistémologie qu'il essaie de prendre en considération même si la structure d'un programme par objectifs ne s'y prête pas particulièrement. Il repose sur les fondements d'ordre sociologique, didactique et épistémologique suivants.

2.2.1 Fondements d'ordre sociologique

La chimie trouve de multiples applications dans divers domaines. Certaines sont usuelles comme la conservation des aliments, la photographie, etc. Les supraconducteurs et les carburants pour fusées sont peut-être moins connus. Ils n'en ont pas moins des conséquences sur la vie de chacun d'entre nous, sur l'ensemble de la société et sur l'environnement. Chaque année, plus de 200 000 composés s'ajoutent aux 10 000 000 de substances chimiques déjà répertoriées.

Force nous est de constater l'omniprésence de la chimie et de la technologie qui lui est afférente dans une grande part de l'activité humaine. L'une engendre l'autre et inversement. Il est important d'aider les élèves à construire des connaissances sur des phénomènes de la nature et de la technologie liés à la chimie, à manipuler des équations, etc., mais aussi de consacrer un peu de temps à prendre conscience que la chimie concourt au bien-être des humains. Nous croyons que les élèves pourraient en tirer profit. Ils sont intéressés à comprendre les diverses fonctions et réalisations de la chimie en tant qu'instrument de la connaissance et de la technologie, en tant que moyen d'action.

Prendre connaissance de l'apport de chimistes, au cours des âges, à la connaissance que nous avons du comportement de la matière, participer à des recherches ou expérimentations individuelles et collectives comme le font les scientifiques, devraient aider les jeunes à développer des aptitudes pour l'analyse, la prise de décision, la communication et à devenir des citoyennes et citoyens éclairés.

2.2.2 Fondements d'ordre didactique

Rien de ce que nous apprenons ne peut être maîtrisé sans que nous l'ayons vraiment intégré. Un geste aussi simple que manipuler un marteau ne peut être maîtrisé sans se servir d'un marteau. De multiples travaux réalisés au cours des dernières décennies en didactique des sciences et en psychologie tendent à confirmer que l'apprentissage des contenus de formation se fonde sur l'activité de celle ou de celui qui apprend. Il est alors important de permettre à l'élève d'être actif intellectuellement et physiquement. La pédagogie adoptée doit être centrée sur la personne et non sur des contenus notionnels.

On pense souvent, à tort, que les élèves apprennent ce que nous exposons, retiennent ce que nous montrons, appliquent les méthodes que nous démontrons, font leurs valeurs que nous prêchons. La recherche en didactique nous éclaire à ce sujet. On est ainsi très éloigné de ce qu'on entend par culture scientifique. Enseigner, dans le sens de ce programme, c'est organiser des situations qui permettront aux élèves de découvrir eux-mêmes des structures, c'est accompagner les élèves dans leurs démarches d'apprentissage, de formation. Pour l'élève, apprendre c'est participer conséquemment à son processus d'apprentissage au lieu de recevoir passivement un flux d'information, ce qui se manifeste normalement par des changements d'attitudes.

Les élèves à qui le présent programme est destiné n'ont pas atteint, pour la plupart, le stade formel. Certains peuvent éprouver des difficultés cognitives tout à fait fondamentales ou n'ont pas encore atteint un niveau suffisant de capacité déductive. Voilà pourquoi il est préférable d'adopter une approche inductive.

On tiendra compte des acquis de l'élève, qu'il s'agisse de connaissances, d'habiletés ou d'attitudes, et de situations issues de son environnement pour susciter chez lui un questionnement. Il est inutile de tenter d'entreprendre un apprentissage significatif en l'absence d'un intérêt approprié, lequel se manifeste souvent par une remise en question.

On l'aidera ensuite à construire des contenus de formation à partir de ses préconceptions naïves (premières explications, représentations initiales) à l'aide de manipulations concrètes. À l'occasion, on aura recours à une démonstration, à une simulation, à un protocole établi ou à une autre technique appropriée. On l'accompagnera enfin dans sa démarche de rétroaction.

Aussi, pour faciliter la réalisation d'un apprentissage, faut-il être très circonspect dans le choix des interventions. On a malheureusement tendance à passer trop rapidement d'une structure qualitative d'un problème qui intéresse les jeunes à une structure quantitative ou mathématique normalement employée par les chimistes.

2.2.3 Fondements d'ordre épistémologique

La connaissance scientifique est une résultante de l'activité de l'intelligence. Elle est constituée par l'action humaine et son développement est marqué d'erreurs, de succès, d'arrêts, de reprises, de collaborations productives. Elle est enracinée dans l'histoire aussi bien que dans les situations actuelles. La connaissance «se construit». Elle n'est pas nécessairement, comme on nous l'a souvent laissé voir, un reflet absolu de la réalité.

On a alors tout intérêt à faciliter chez les élèves l'expression de leurs propres hypothèses, protocoles, modèles, conclusions, etc., et à leur permettre de les rejeter, de les conserver, de les perfectionner en les confrontant avec la nature elle-même, les opinions qu'en ont leurs collègues et l'acceptation générale-

ment reconnue de la communauté scientifique. Ils prendront progressivement conscience du bien-fondé et des limites de la méthode expérimentale, de la valeur relative des théories, et apprécieront le travail de femmes et d'hommes en quête de vérités. On les fera travailler comme travaillent les scientifiques.

La science doit être considérée comme une «construction» de l'intelligence en quête de connaissances et de compréhension de faits et de phénomènes naturels et fabriqués. On doit donc aider les élèves à «construire» leurs connaissances et à se «construire».

2.3 OBJETS D'ÉTUDES ET ÉLÉMENTS INTÉGRATEURS

Ce programme de chimie s'articule autour des éléments intégrateurs suivants:

- des méthodes de travail «scientifiques», plus précisément la méthode expérimentale;
- des modes de pensée «scientifiques», plus précisément le mode inductif.

Il a pour objet d'études:

- une continuation de la structuration des concepts de matière et d'énergie à travers une investigation de phénomènes de la nature et de la technologie liés à la chimie;
- la notion de modèle;
- la nature même de la science.

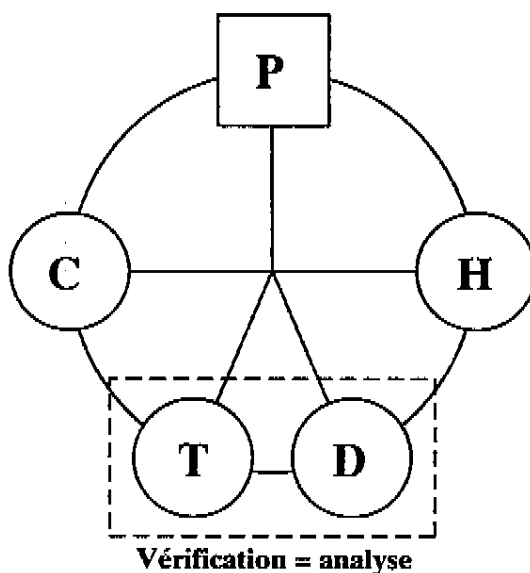
Ces objets d'études devraient se «construire» en permettant notamment aux élèves d'explorer leur environnement, des liens entre la science, la technologie et la société dans un contexte historique et actuel et d'effectuer des manipulations en laboratoire et des simulations au moyen de l'ordinateur.

2.4 DÉMARCHE D'APPRENTISSAGE

Pour aider les élèves à acquérir des connaissances, des habiletés et des attitudes qui devraient leur permettre de continuer de connaître et de comprendre la matière qui les entoure et de saisir le concept d'énergie, nous encourageons une démarche d'apprentissage s'apparentant à une technique de résolution de problèmes. Les acquis actuels et futurs devraient leur servir dans diverses situations de leur vie.

Le schéma qui suit représente une démarche privilégiée. Il en précise les principaux points de repère. Il ne laisse malheureusement pas voir la place importante de l'imagination et de la créativité. Comme pour le développement de la connaissance, ce cheminement n'est pas nécessairement linéaire, cumulatif, sans échecs ni erreurs, d'autant plus que l'activité intellectuelle des jeunes en cause ne va pas nécessairement dans le sens des exigences rationnelles de cette démarche.

DÉMARCHE DE RÉOLUTION DE PROBLÈMES



Légende:	P:	définition du Problème
	H:	formulation d'anticipation(s) ou d'Hypothèse(s)
	D:	cueillette de Données
	T:	Traitement des données
	C:	Conclusion(s)

• DÉFINITION DU PROBLÈME

Des observations de l'environnement naturel ou construit, des manipulations expérimentales, des mesures, des lectures, des projections de documents audiovisuels, de l'élève surgissent une foule de questions. Une telle situation crée chez lui un certain «déséquilibre cognitif». Il essaiera de trouver des éléments de réponse à ses questions s'il prévoit en tirer profit et avantage. L'élève essaie d'abord de définir le plus précisément possible la situation-problème qui l'intéresse.

- FORMULATION D'HYPOTHÈSE(S)

L'élève formule ses réactions, une ou des solutions qui lui semblent plausibles au problème qui l'intéresse. Ces anticipations peuvent être intuitives, rationnelles ou explicatives, mais elles sont des solutions temporaires à soumettre à la vérification, à l'analyse.

- CUEILLETTE DE DONNÉES

L'élève recherche et explore l'information ou les sources de données rattachées à la situation-problème. Elles peuvent être obtenues par des observations, mesures, manipulations expérimentales, enquêtes, recherches documentaires, etc.

- TRAITEMENT DES DONNÉES

L'élève organise ses données, les classifie, les compare, les interprète en fonction de son ou de ses hypothèses. Il les met en relation avec les buts qu'il poursuit.

- CONCLUSION(S)

À la suite de l'analyse des données, l'élève porte un jugement sur la valeur de son ou de ses hypothèses et présente les résultats de sa recherche sous diverses formes: rapport, modèle, loi, théorie, etc.

Il effectue un retour sur l'ensemble de la situation d'apprentissage qu'il vient de vivre: processus et produit. Il pourra appliquer ses acquis à une situation d'apprentissage analogue.

On a tenté de décrire, en simplifiant, ce que fait un élève qui apprend en résolvant des problèmes qui l'intéresse. Mais l'élève, avant tout, s'initie graduellement à une méthode de travail qui ne mène pas à coup sûr de l'ignorance à la vérité, mais qui lui permettra certainement d'intégrer des contenus de formation (habiletés, connaissances, attitudes) qui lui rendront service toute sa vie.

Cette méthode pourrait être qualifiée de «scientifique». On s'entend généralement pour la définir comme une technique de recherche de solutions à un problème.

2.5 RÔLE DU PERSONNEL ENSEIGNANT (DÉMARCHE PÉDAGOGIQUE)

L'apprentissage étant défini comme un processus dynamique, un processus de «construction», l'enseignante ou l'enseignant guidera les élèves dans leurs démarches d'apprentissage. C'est l'apprentissage qui devrait orienter l'enseignement et non l'inverse. Le personnel enseignant engagera les élèves dans le développement de leurs talents en choisissant des stratégies et des activités d'apprentissage les mieux appropriées. L'acte pédagogique se fonde ainsi sur le potentiel même des élèves et ne suppose, en aucune façon, un modèle unique. La tâche des enseignantes et des enseignants est de faire de la chimie une expérience fascinante pour les élèves.

Le défi qui attend le personnel enseignant est d'aider leurs élèves à comprendre des phénomènes de la nature et de la technologie liés à la chimie en leur permettant de les explorer.

L'enseignement de la chimie au secondaire aurait avantage à passer par des éléments de la technologie, les deux étant étroitement liées, comme il devrait exploiter l'environnement des élèves. Cette approche rend l'apprentissage plus tangible et la matière plus passionnante.

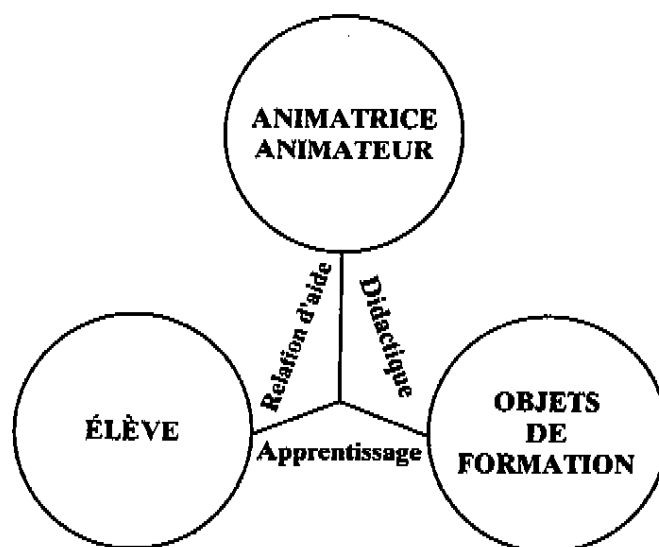
L'enseignante ou l'enseignant imaginera et organisera un certain nombre de stratégies propre à favoriser la démarche d'apprentissage de ses élèves. Elles seront adaptées à leurs capacités et aux sujets qui les intéressent, concrètes, variées, en rapport direct avec leur expérience de vie. Elles devront aussi susciter un souci de respect de l'environnement, de santé et de sécurité.

Le rôle des enseignantes et des enseignants peut, dans certains cas, être profondément modifié. Même si le personnel enseignant connaît la bonne réponse et la bonne manière de faire, il doit préparer les situations d'apprentissage à proposer aux élèves, les guider dans leur cheminement, les soutenir et les aider à faire un retour sur leurs expériences et sur ce qu'ils ont pu acquérir. Il constitue, en quelque sorte, l'**élément principal** sur lequel s'appuie l'orientation nouvelle à donner à l'enseignement de la chimie.

Il importe de porter une attention particulière aux rapports d'expérimentation et de recherche écrits à faire réaliser par les élèves en classe ou à la maison. Une trop grande quantité pourrait porter atteinte à la qualité des travaux, «dégouter» les élèves de l'apprentissage des sciences, alourdir la tâche de correction du personnel enseignant... On aurait intérêt à varier les exigences et à faire preuve de créativité.

C'est donc une approche interactive qui est privilégiée. Le personnel enseignant est invité à favoriser le contact des élèves avec la réalité, la communication entre eux et avec l'enseignante ou l'enseignant.

RÔLE DE L'ENSEIGNANTE ET DE L'ENSEIGNANT



2.6 RÔLE DE L'ÉLÈVE

Premier et principal responsable de sa formation, l'élève:

- participera à chacune des activités proposées;
- coopérera aux expérimentations collectives;
- élaborera des hypothèses et les vérifiera;
- appliquera les protocoles expérimentaux qu'il aura élaborés ou qu'on lui aura proposés;
- proposera des modèles et des théories;
- partagera ses conclusions;
- évaluera l'impact de ses gestes et de ceux de scientifiques et de technologues sur l'environnement et la qualité de vie;
- formulera des généralisations et des lois;

- confrontera ses résultats avec ceux d'autres élèves et scientifiques;
- communiquera ses résultats sous diverses formes: rapport, exposé, exposition;
- ...

Par la réalisation d'une recherche reflétant l'activité professionnelle des chimistes, l'élève intégrera ses divers savoirs (habiletés, connaissances, attitudes).

2.7 PRINCIPES DIRECTEURS

De l'analyse de besoins, des fondements et orientations énoncés précédemment, on peut dégager trois principes directeurs qui peuvent être résumés par le schéma suivant:

Fondements d'ordre sociologique

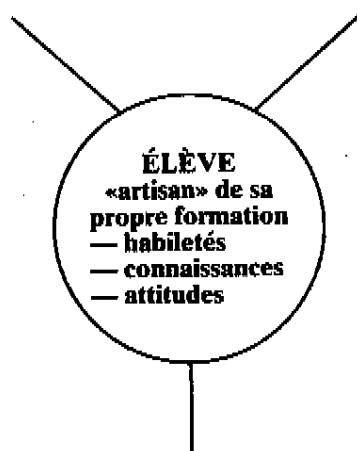
Démarche pédagogique qui favorise l'intégration des apprentissages.

(Interrelations STS)

Fondements d'ordre didactique

Démarche pédagogique qui guide l'utilisation de la méthode scientifique pour investiguer des phénomènes présents dans l'environnement.

(Méthode expérimentale)



Fondements d'ordre épistémologique

Démarche pédagogique qui prend en considération la conception «constructiviste» de la connaissance.

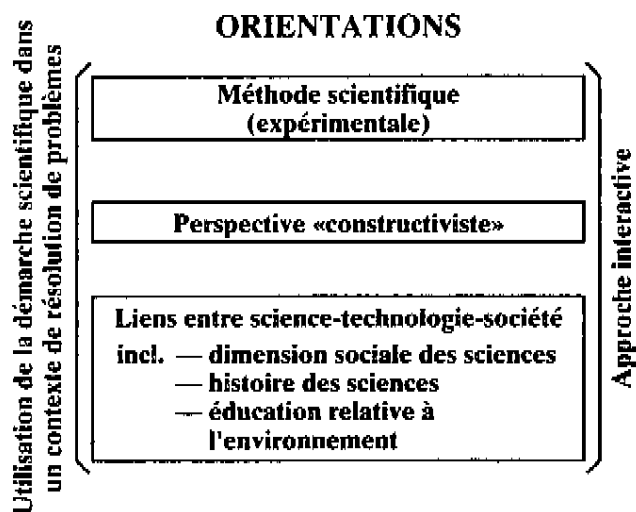
(Constructivisme)

2.8 SYNTHÈSE DES ORIENTATIONS

Ce programme met l'accent sur la familiarisation avec la méthode scientifique, le travail en laboratoire et le travail collectif. Il allie ainsi le souci d'aider les élèves à se donner une solide formation fondamentale à une excellente culture scientifique.

Sur le plan épistémologique, il s'inscrit dans la perspective «constructiviste». Comme la science elle-même se construit, l'élève construit ses connaissances en exploitant ses acquis antérieurs qu'il modifiera, améliorera, développera...

Il privilégie un enseignement interactif axé sur la méthode scientifique dans un contexte de résolution de problèmes guidée par l'enseignante ou l'enseignant. Il tend à actualiser l'enseignement de la chimie en permettant aux élèves de saisir des liens de cette discipline avec la société et la technologie et la relation interrogative et explicative qu'elle a avec la nature.



APPROCHE PÉDAGOGIQUE INTERACTIVE

Utilisation de la **MÉTHODE SCIENTIFIQUE**
dans un contexte de résolution de problèmes
GUIDÉE par l'enseignante ou l'enseignant
pour une **DÉCOUVERTE**
par l'élève

3. OBJETS D'APPRENTISSAGE DU PROGRAMME

3.1 OBJECTIF GLOBAL

Quoique le présent programme s'adresse prioritairement aux élèves qui désirent poursuivre des études en sciences, il ne prétend pas former des spécialistes. Il vise à faire aimer la chimie aux jeunes, à les aider à s'adapter aux transformations que la science provoque constamment et à les préparer à des carrières scientifiques ou technologiques. Pour ce faire, il les aide à investiguer des phénomènes de la nature et de la technologie liés à la chimie pour continuer à structurer les concepts de matière et d'énergie dans un contexte d'éducation relative à l'environnement et de prise de conscience de liens entre la chimie, la technologie et la société.

Les élèves construiront ainsi un ensemble de connaissances, d'outils intellectuels, de techniques, et d'attitudes qui devraient les aider à être des citoyennes et des citoyens du monde capables de participer aux processus de décision qui influent sur le devenir de l'humanité.

Tout comme le programme de Sciences physiques 416-436,

LE PROGRAMME DE CHIMIE 534 EST AVANT TOUT UN PROGRAMME D'ÉDUCATION À LA SCIENCE.

3.2 BUTS

Pour atteindre l'objectif global, le programme propose à l'élève un ensemble de contenus de formation formé de trois volets.

Habiletés:

- perfectionnement d'habiletés exercées en 4^e secondaire;
- développement d'habiletés requises pour les scientifiques de demain;
- acquisition d'une structure mentale «scientifique»;
- résolution de problèmes;
- exécution méthodique et sécuritaire de protocoles;
- modélisation;
- capacité de travailler en équipe.

Connaissances:

- approfondissement de connaissances acquises en 4^e secondaire;
- structuration de concepts, de lois, de principes lui permettant de comprendre, d'expliquer des faits et des phénomènes de la nature et de la technologie liés à la chimie;
- intégration de diverses théories à l'aide de la théorie cinétique de la matière;
- meilleure connaissance et utilisation du modèle atomique et moléculaire de la matière;
- sensibilisation à la nature de la chimie, à ses capacités et à ses limites;
- appréciation des limites des mesures effectuées et des techniques utilisées;
- interrelations science-technologie-société;
- évaluation des dangers liés à la pratique de la chimie;
- utilisation correcte de la langue.

Attitudes:

- renforcement d'attitudes suscitées en 4^e secondaire;
- développement d'une critique objective envers la chimie et les chimistes;
- développement d'attitudes «scientifiques»;
- développement d'une éthique sociale et environnementale;
- développement du goût pour le travail et le loisir scientifique liés à la chimie.

3.3 OBJETS D'ÉTUDES ET ÉLÉMENTS INTÉGRATEURS

Les principaux objets d'études du présent programme sont:

- certains concepts associés à la chimie et ayant des liens avec des enjeux individuels, sociaux, économiques, environnementaux et technologiques;
- des méthodes de travail et de recherche utilisées par les chimistes pour connaître et comprendre des comportements de la matière et le rôle de l'énergie et pour appliquer ces connaissances dans divers domaines;
- des attitudes favorisant une meilleure préparation à l'insertion socio-professionnelle.

Les objectifs du programme intègrent ces trois dimensions. Les concepts se structurent autour de la théorie moléculaire, de la théorie cinétique et de la notion d'énergie. Le développement des habiletés et des attitudes passe par les cheminements d'apprentissage privilégiés qui guident le choix des stratégies d'enseignement et des outils didactiques.

Chaque élève est ainsi exposé à une multitude de phénomènes et de techniques propres à éveiller chez lui un intérêt et à servir de prétextes à des réflexions multiples. Le programme s'articule autour de sources d'interrogation pour permettre aux élèves de poursuivre le développement d'habiletés, l'amélioration d'attitudes, l'acquisition de connaissances nouvelles, mais aussi pour soutenir une réflexion sur le monde, sur la science et sur la technologie.

3.4 OBJECTIFS DU PROGRAMME

Ce programme-guide intègre dans ses objectifs et cheminements d'apprentissage l'ensemble des orientations qu'il privilégie. Il existe cependant peu de références sur cette approche. Il se peut alors qu'il y ait quelques maladresses ici et là. L'important est de s'imprégner de l'esprit du programme et d'aider les élèves à «construire» les divers contenus de formation selon cet esprit.

3.5 OBJECTIFS GÉNÉRAUX

À la suite de la mise à l'essai de projets de programmes et des avis d'expertes et d'experts, cinq modules ont été retenus. Quatre modules abordent des concepts permettant la construction de contenus de formation. Un autre permet, par la réalisation d'une recherche, une intégration de divers contenus de formation.

Chacun de ces modules est coiffé d'un objectif général respectant les orientations du programme.

3.6 OBJECTIFS PARTICULIERS

Des objectifs terminaux viennent préciser l'objectif général de chaque module. Ces objectifs, hiérarchisés selon un ordre d'apprentissage indicatif, peuvent être ordonnés en séquences différentes pour répondre aux goûts, aux capacités et au cheminement d'apprentissage propres à chaque élève ainsi qu'à la personnalité de l'enseignante ou de l'enseignant.

Les objectifs terminaux véhiculent un ensemble de contenus de formation intégrés (habiletés, connaissances, attitudes) à construire en fonction des orientations du programme. Chacun est précisé par un ensemble d'objectifs intermédiaires. Un cheminement d'apprentissage suggéré et une proposition de planification balisent le domaine de chacun des objectifs intermédiaires. L'ordre dans lequel se présentent ces objectifs intermédiaires peut être modifié pour s'adapter aux élèves et aux réalités de l'école.

Les objectifs terminaux non marqués d'astérisques ont un caractère obligatoire. Ils seront évalués par le Ministère. Leur évaluation se fera selon les orientations privilégiées et véhiculées par les objectifs intermédiaires, les cheminements d'apprentissage, les contenus de formation et les limites de ces derniers.

Certains objectifs particuliers sont marqués de deux astérisques (**). Ils sont proposés à titre d'enrichissement. Leur évaluation se fera localement.

On trouvera, dans les pages suivantes, une énumération des objectifs généraux et terminaux de chaque module.

OBJECTIFS DU PROGRAMME

MODULE PREMIER: Recherche

OBJECTIF DU MODULE

Parfaire la culture et la formation scientifique de l'élève par la réalisation d'une recherche lui permettant d'intégrer les contenus de formation acquis et de poursuivre le développement de ses préoccupations environnementales.

OBJECTIFS TERMINAUX

L'élève apprendra à:

1. Communiquer, dans une langue correcte, les résultats d'une recherche expérimentale ou documentaire portant sur un phénomène chimique de son choix, en se préoccupant, selon ses intérêts, de l'aspect historique, des applications technologiques ou des impacts sur la société et sur l'environnement.

OBJECTIFS DU PROGRAMME

DEUXIÈME MODULE: Les gaz et leurs applications

OBJECTIF DU MODULE

Investiguer, à l'aide de la méthode scientifique, la matière se présentant sous ses différentes phases pour s'en donner un modèle, comprendre certains de ses comportements et se sensibiliser à ses impacts sur la société et sur l'environnement.

OBJECTIFS TERMINAUX

L'élève apprendra à:

1. Illustrer des relations entre le développement de la connaissance du comportement des gaz, l'utilisation des gaz, la qualité de vie, l'environnement et la société.
2. Prévoir, à l'aide de modèles mathématiques qu'il a induits de l'étude de phénomènes mettant en cause des gaz réels, le comportement d'un gaz dit idéal soumis à divers facteurs.
3. Expliquer, à l'aide du modèle moléculaire déjà exploré et des connaissances acquises sur le comportement des gaz, des phénomènes naturels ou issus de la technologie mettant en cause la matière sous ses différentes phases.

OBJECTIFS DU PROGRAMME

TROISIÈME MODULE: Réactions chimiques: énergie

OBJECTIF DU MODULE

Investiguer, à l'aide de la méthode scientifique, divers changements chimiques pour en découvrir certains effets, pour comprendre les transferts d'énergie qui en résultent et se sensibiliser à leurs impacts sur la société et sur l'environnement.

OBJECTIFS TERMINAUX

L'élève apprendra à:

1. Définir des transformations de substances à partir des connaissances acquises au cours de l'étude des variations d'énergie observées durant des changements chimiques et physiques.
2. Démontrer, à la suite des travaux scientifiques qu'il a réalisés, les règles qui régissent les transferts d'énergie qui se produisent au cours de réactions chimiques.
3. Décrire des transferts d'énergie qui se produisent au cours de réactions chimiques à l'aide d'un modèle analogique qu'il s'est donné.
4. Illustrer des relations entre le développement et l'utilisation des connaissances relatives à l'énergie en jeu dans une réaction chimique, les sciences de la nature, la technologie, la société et l'environnement en réalisant une étude d'impact.

OBJECTIFS DU PROGRAMME

QUATRIÈME MODULE: Réactions chimiques: vitesse de réaction

OBJECTIF DU MODULE

Investiguer, à l'aide de la méthode scientifique, divers changements chimiques pour identifier les facteurs qui influencent leur vitesse de réaction, comprendre leurs modes d'action et se sensibiliser à leurs impacts sur la société et sur l'environnement.

OBJECTIFS TERMINAUX

L'élève apprendra à:

1. Décrire des changements chimiques de son environnement à l'aide de vitesses de réaction qu'il a observées et mesurées.
2. Analyser les facteurs capables d'influencer la vitesse des réactions chimiques qu'il a découverts aux cours de ses travaux scientifiques.
3. Illustrer des relations entre le développement et l'utilisation des connaissances relatives à la vitesse des réactions chimiques, les sciences de la nature, la technologie, la société et l'environnement en réalisant une étude d'impact.

OBJECTIF DU PROGRAMME

CINQUIÈME MODULE: Réactions chimiques: équilibre

OBJECTIF DU MODULE

Investiguer, à l'aide de la méthode scientifique, divers changements chimiques pour identifier les facteurs qui influencent leur état d'équilibre, comprendre leurs modes d'action, découvrir des applications technologiques et se sensibiliser à leurs impacts sur la société et sur l'environnement.

OBJECTIFS TERMINAUX

L'élève apprendra à:

1. Analyser qualitativement le comportement de systèmes chimiques qu'il a soumis à des facteurs influençant leur état d'équilibre.
2. Analyser quantitativement, à la suite d'expériences ou à partir de valeurs données, l'état d'équilibre de divers systèmes chimiques.
3. Analyser, à l'aide de résultats expérimentaux obtenus en laboratoire, des réactions d'oxydoréduction.
4. Illustrer des relations entre le développement et l'utilisation des connaissances relatives à l'équilibre dans les réactions chimiques, les sciences de la nature, la technologie, la société et l'environnement en réalisant une étude d'impact.

3.7 CHEMINEMENT D'APPRENTISSAGE

Le cheminement d'apprentissage correspondant à un objectif intermédiaire est offert à titre de suggestion. Il constitue un ensemble ordonné d'actions que l'enseignante ou l'enseignant peut proposer à ses élèves pour les aider à atteindre l'objectif. Quel que soit le cheminement qui sera proposé aux élèves, il devra refléter les orientations du programme. Il devra aussi tenir compte des modes d'apprentissage des élèves, des sujets qui les intéressent, de leurs capacités, leur permettre d'exploiter leurs acquis et d'investiguer leur environnement dans des contextes de construction de savoirs et de résolution de problèmes.

Il arrive fréquemment qu'un ou plusieurs rappels soient indiqués au début d'un cheminement. Ils précisent des contenus de formation normalement acquis dans un ou des cours antérieurs. Ces rappels peuvent intervenir au moment approprié du cheminement.

3.8 ÉLÉMENTS DE PLANIFICATION

Pour chaque objectif intermédiaire, le présent programme-guide présente aussi, à titre indicatif, un certain nombre de rubriques dont les contenus visent à aider l'enseignante ou l'enseignant à planifier ses interventions auprès de ses élèves:

PRÉALABLES:

Indication des objectifs du présent programme sur lesquels repose l'objectif intermédiaire.

De plus, des savoirs que les élèves ont normalement acquis dans des cours antérieurs sont rappelés à l'occasion, au début du cheminement d'apprentissage, pour attirer l'attention de l'enseignante ou de l'enseignant sur la nécessité d'aider les élèves à construire de nouveaux contenus de formation à partir de ceux qu'ils ont déjà construits.

CONTENUS DE FORMATION:

Liés à chaque objectif intermédiaire, apparaissent, à titre indicatif, des contenus de formation qui viennent préciser une habileté, une ou des connaissances et une attitude que le programme privilégie. Ils sont fournis à l'enseignante ou à l'enseignant pour l'aider à planifier et à préciser son activité d'enseignement et d'évaluation.

Vous trouverez à l'annexe I la liste des habiletés et attitudes privilégiées par ce programme. La lettre et le chiffre entre parenthèses font référence à la taxonomie présentée à l'annexe II.

STRATÉGIE D'ENSEIGNEMENT:	Diverses techniques d'enseignement pouvant être utilisées isolément, séquentiellement ou concurremment. Le choix et l'agencement des techniques constituent une stratégie d'enseignement. Quelle que soit la stratégie, l'enseignante ou l'enseignant devra avoir comme référence la participation de l'élève à sa propre formation.
DURÉE:	Des indications sur le temps à consacrer pour aider l'élève à atteindre l'objectif intermédiaire. Les expressions «temps à la maison» ou «temps libre» signifient que l'élève est invité à poursuivre à la maison ou en d'autres lieux, s'il y a lieu, l'élaboration de protocoles, une expérimentation, la rédaction d'un rapport ou la réalisation d'une recherche ou d'une lecture, etc.
ÉVALUATION:	Proposition à laquelle l'enseignante ou l'enseignant pourrait porter une attention particulière au moment de l'évaluation formative de l'élève relativement à l'objectif intermédiaire.
MATÉRIEL:	Énumération d'instruments, de matériaux et de substances utiles à mettre à la disposition des élèves ou à utiliser au cours d'une démonstration, en fonction du cheminement d'apprentissage suggéré. Les substances chimiques choisies et les concentrations proposées trouvent leur justification dans un souci de minimiser des effets nuisibles qu'elles peuvent avoir sur la santé de l'élève et sur la qualité de l'environnement. Cette rubrique ne contient aucun matériel de protection et de premiers secours qui doit normalement être disponible en tout temps. Il appartient à l'enseignante ou à l'enseignant de s'assurer de la disponibilité d'équipements de protection, de premiers secours et de leur utilisation par les élèves lorsque des activités l'exigent. Des indications sont fournies dans la rubrique suivante: «Prévention».

PRÉVENTION:

Indications concernant l'éducation à la santé, à la sécurité et au respect de l'environnement. La part du matériel de protection individuelle de même que la disponibilité du matériel de premiers secours ne font pas l'objet d'une mention particulière. Ces éléments sont considérés comme étant présents automatiquement.

La consultation de Santé et sécurité dans l'enseignement des Sciences de la nature et Guide de manipulation et d'élimination des substances dangereuses dans les établissements scolaires (*cf.* chapitre 9).

DOCUMENTS DE RÉFÉRENCE SUGGÉRÉS:

S'il y a lieu, suggestions de volumes, d'articles de revues, de documents audiovisuels et de logiciels éducatifs. Certaines s'adressent aux enseignantes et aux enseignants, d'autres aux élèves.

Les numéros se rapportent à la liste des documents de référence suggérés présentée à l'annexe III.

La plupart des logiciels de langue anglaise n'ayant pas fait l'objet d'une évaluation formelle, il importe d'y recourir avec circonspection.

NOTES PERSONNELLES:

Les enseignantes et les enseignants sont invités à utiliser cette section pour compléter les éléments de planification et de documentation à partir de leurs propres expériences. Ils peuvent y colliger toutes les indications utiles pour un enseignement ultérieur.

3.9 RECHERCHE DE L'ÉLÈVE

Le présent programme-guide préconise la réalisation d'au moins une recherche de son choix au cours de l'année. Le premier module propose, à titre indicatif, des suggestions de sujets de nature à intéresser les élèves de même qu'une proposition de marche à suivre pour les réaliser.

Les élèves peuvent exécuter ce projet individuellement ou en groupe limité, en classe, à la maison, dans les activités parascolaires, à n'importe quel moment de l'année.

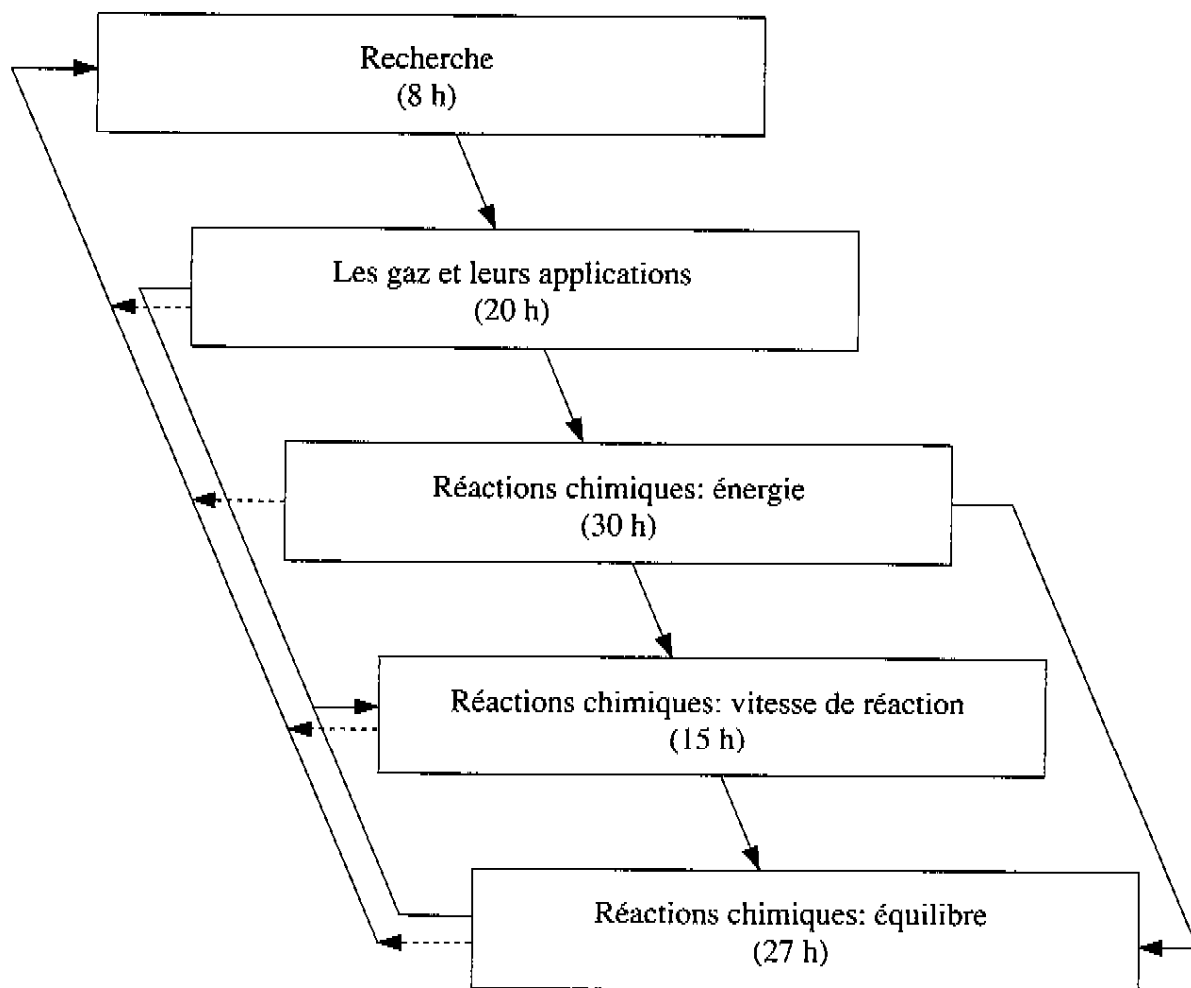
On ne saurait trop encourager la présentation par les élèves des résultats de leur recherche en classe ou au cours d'expo-sciences. Une telle présentation, on le comprendra, a une valeur formatrice aussi bien pour la personne qui présente que pour celles qui reçoivent.

4. STRUCTURE DU PROGRAMME ET DES CONTENUS DE FORMATION

Ce programme-guide de chimie «À la découverte de la matière et de l'énergie» comprend cinq modules obligatoires dont le premier est une recherche à réaliser au moment jugé opportun par l'enseignante ou l'enseignant. Chacun d'eux est hiérarchisé en fonction d'une séquence d'apprentissage propre à offrir aux élèves des situations significatives s'inscrivant dans les orientations du programme.

4.1 RELATION ENTRE LES MODULES

Le schéma suivant illustre l'agencement des cinq modules les uns par rapport aux autres.



Tous les modules offrent des objectifs d'enrichissement aux élèves qui ont atteint les objectifs obligatoires en moins de temps que celui qui est normalement dévolu, soit 100 heures. L'enseignante ou l'enseignant a toute liberté de diriger l'intérêt des élèves sur des objectifs d'enrichissement proposés, d'en définir d'autres afin de répondre aux sujets particuliers qui les intéressent ou de les aider à explorer de nouveaux sujets de nature à les intéresser. Bien qu'on ait le souci louable de préparer les élèves en vue de l'enseignement collégial, il importe de maintenir leur goût pour les sciences.

4.2 MODULE «RECHERCHE»

Ce module permet à l'élève d'approfondir, de compléter, de consolider ou d'explorer, sous la forme d'une recherche expérimentale ou documentaire, un ou des sujets de son choix se rapportant aux thèmes véhiculés dans les quatre autres modules. Il lui permet d'intégrer des acquis antérieurs (habiletés, connaissances, attitudes) dans l'application de la méthode scientifique avec laquelle il continuera de se familiariser.

4.3 MODULE «LES GAZ ET LEURS APPLICATIONS»

L'investigation, à l'aide de la méthode scientifique, de la matière se présentant sous ses différentes phases soulèvera des interrogations qui devraient amener les élèves, guidés par leur enseignante ou leur enseignant, à comprendre certains comportements de la matière, à en proposer un modèle et à saisir des liens entre les sciences de la nature, la technologie, la société et l'environnement. Voilà une tâche exigeante mais combien enrichissante.

4.4 MODULE «RÉACTIONS CHIMIQUES: ÉNERGIE»

L'utilisation de l'énergie chimique sous diverses formes est chose courante depuis longtemps. Déterminer des chaleurs de réaction exige des élèves la pratique d'habiletés à mesurer particulières et permet la découverte de lois fondamentales. L'imagination joue un rôle important lorsqu'on veut comprendre d'où vient et où va l'énergie thermique mise en jeu au cours des transformations chimiques. Voilà une occasion d'appliquer la méthode scientifique pour se familiariser davantage avec elle et de découvrir des applications technologiques.

4.5 MODULE «RÉACTIONS CHIMIQUES: VITESSE DE RÉACTION»

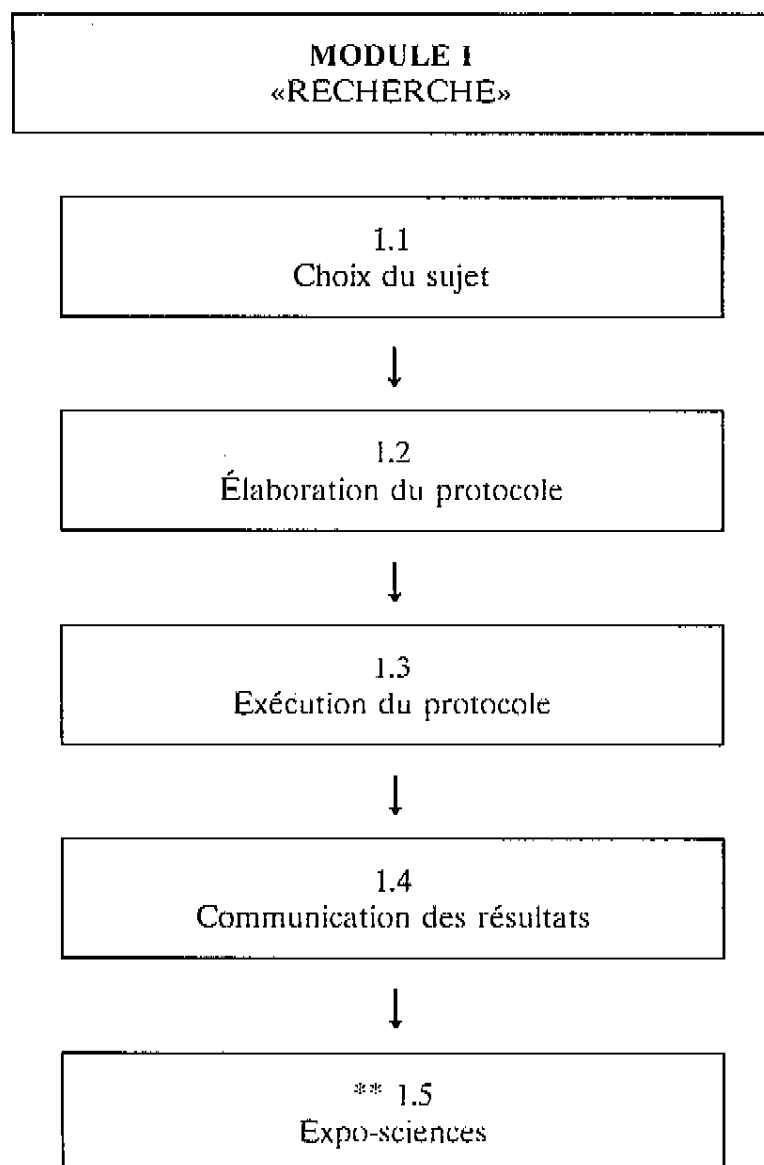
Les réactions chimiques peuvent être classées en fonction de la vitesse à laquelle elles se produisent. Investiguer des facteurs qui en permettent le contrôle, expliquer leur mode d'action, préciser l'importance de chacun dans une réaction donnée, découvrir des applications technologiques et des manifestations naturelles, voilà, une fois de plus, des occasions de saisir des liens entre la science, la technologie et l'environnement.

4.6 MODULE «RÉACTIONS CHIMIQUES: ÉQUILIBRE»

Les réactions chimiques qui se produisent dans la nature ou en laboratoire s'épuisent-elles faute de réactants? Y a-t-il des facteurs qui peuvent modifier une réaction chimique? L'équilibre existe-t-il dans une réaction chimique? Quelles règles les chimistes ont-ils établies pour prédire la possibilité d'une réaction chimique? Comment la technologie industrielle exploite-t-elle le concept d'équilibre d'une réaction pour favoriser la production d'une substance chimique désirée? Quel est le niveau de risque pour la santé humaine et la qualité des écosystèmes que créent certaines réactions chimiques produites à la suite de déversements toxiques accidentels dans l'environnement?

Autant de questions, autant de découvertes pour l'élève qui entreprend l'étude de ce cinquième module.

5. STRUCTURE NOTIONNELLE DU PROGRAMME



MODULE 2
«LES GAZ ET LEURS APPLICATIONS»

1.1
Importance de l'utilisation
des gaz



1.2
Les gaz dans les sociétés industrielles



2.1
Facteurs modifiant le
volume des gaz



2.2, 2.9
Lois des gaz



2.3, 2.9
Les échelles de température



2.4, 2.9
Hypothèse d'Avogadro



2.5, 2.9
Un modèle mathématique du
comportement des gaz

**** 2.6**
Volume molaire d'un gaz

2.7, 2.9
Identification d'un gaz

**** 2.8**
Pressions partielles de Dalton



2.9
Applications mathématiques

3.1
Les phases de la matière



3.2
Phénomènes de diffusion



3.3
Les mouvements moléculaires
dans la matière

MODULE 3
«RÉACTIONS CHIMIQUES : énergie»

1.1, 1.2 et 1.3
Réactions endothermiques et
réactions exothermiques



2.1, 2.6
Calorimétrie, loi des transferts d'énergie



2.2, 2.6
Chaleur massique et chaleur
molaire de dissolution



2.3, 2.6
Chaleur molaire de dissolution

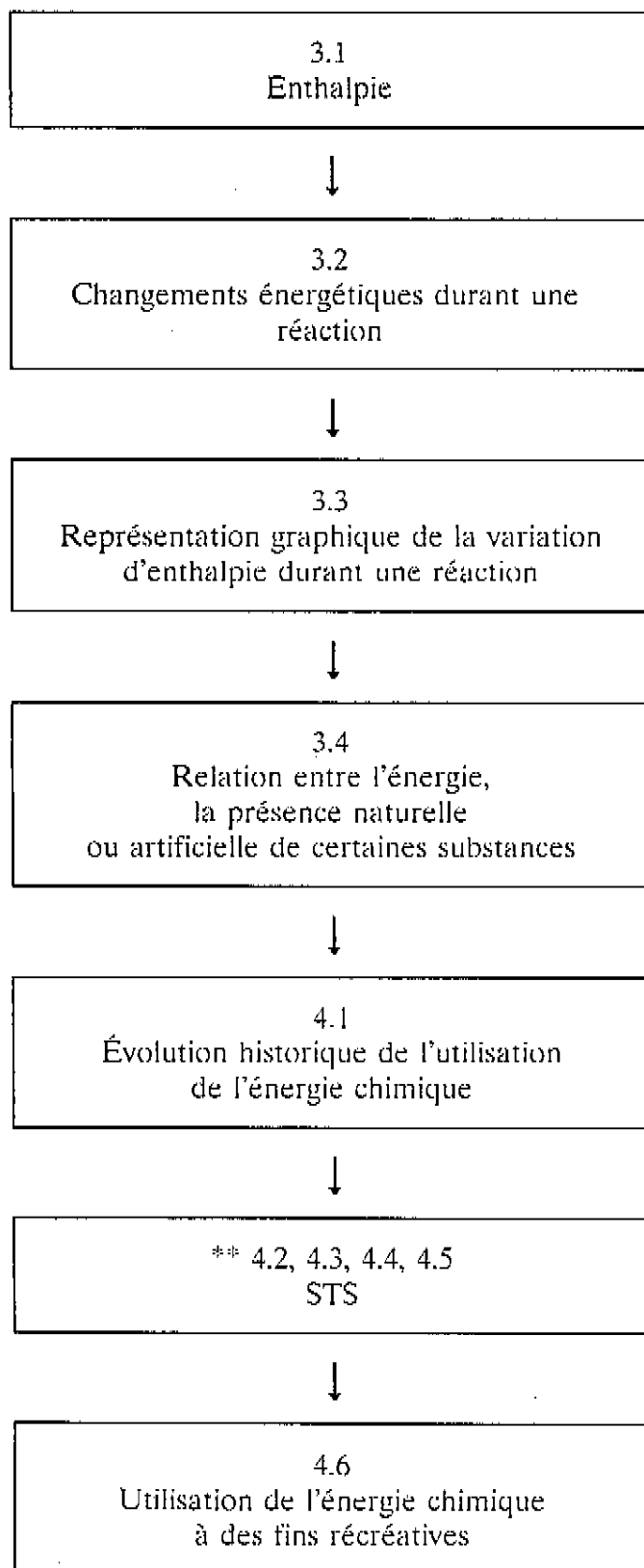


2.4, 2.6
Loi de Hess



2.5, 2.6
Chaleur de formation

2.6
Exercices numériques et graphiques
sur la calorimétrie



MODULE 4
«RÉACTIONS CHIMIQUES : vitesse de réaction»

1.1
Classification des réactions
en fonction de leur vitesse



1.2
Mesure de la vitesse d'une réaction



2.1
Facteurs qui influencent la vitesse
d'une combustion



2.2
Facteurs qui influencent la vitesse
d'une réaction



2.3
Théorie cinétique et théorie des collisions



3.1
Évolution historique des connaissances
relatives à la vitesse de réaction



** 3.2, 3.3, 3.4, ** 3.5
STS

MODULE 5
« RÉACTIONS CHIMIQUES : équilibre »

1.1
Aspects macroscopiques de l'équilibre



1.2
Facteurs qui influencent l'équilibre



1.3
Principe de Le Chatelier



1.4
Applications du principe de Le Chatelier

1.5
Impact de l'action humaine sur
l'équilibre de la planète

2.1
Aspect microscopique de l'équilibre



2.2
Expression générale de la constante
d'équilibre d'une réaction chimique



2.3
Expression de la constante de dissociation
ionique de l'eau

** 2.4
Titrage



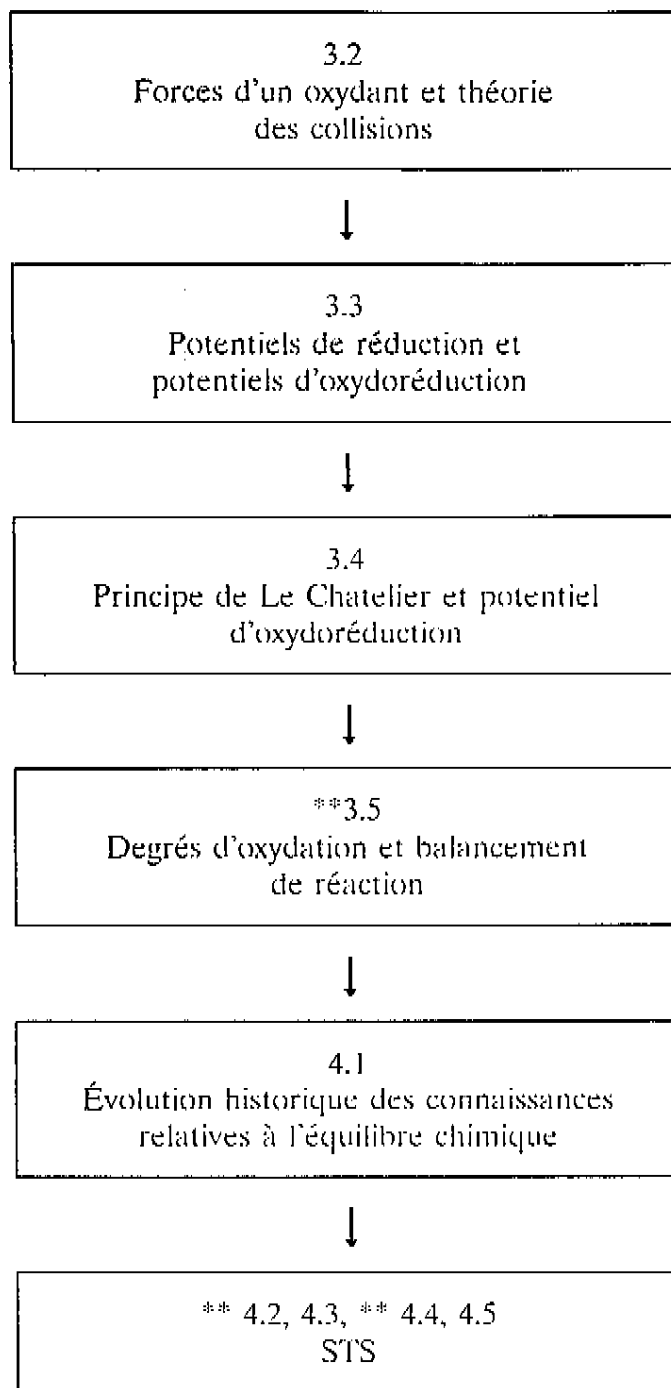
2.5
Constante de dissociation des acides,
% de dissociation et force des acides



** 2.6
Exercices mathématiques sur les relations
entre les concentrations
et les constantes d'équilibre

3.1
Description d'une réaction d'oxydoréduction





6. PROGRAMME-GUIDE

MODULE PREMIER

RECHERCHE

OBJECTIF DU MODULE: Parfaire la culture et la formation scientifique de l'élève par la réalisation d'une recherche lui permettant d'intégrer les contenus de formation acquis et de poursuivre le développement de ses préoccupations environnementales.

OBJECTIFS PARTICULIERS
(terminaux et intermédiaires)

L'ÉLÈVE APPRENDRA À:

1 Communiquer, dans une langue correcte, les résultats d'une recherche expérimentale ou documentaire portant sur un phénomène chimique de son choix, en se préoccupant, selon ses intérêts, de l'aspect historique, des applications technologiques ou des impacts sur la société et sur l'environnement.

1.1 Délimiter le sujet d'une recherche.

PRÉALABLES:

CONTENUS DE FORMATION:

- **HABILETÉ:** Perception d'un problème. (C-1)
- **CONNAISSANCE:** Méthodologie du choix. (A-7)
- **ATTITUDE:** Avidité intellectuelle. (H-5)

PLANIFICATION PROPOSÉE:

A. STRATÉGIE D'ENSEIGNEMENT:

Exposé, brainstorming, travail individuel, travail en équipe.

B. DURÉE: 50 min + temps à la maison.

C. ÉVALUATION: Originalité du sujet.

D. MATÉRIEL: Liste de sujets de recherche, documentation appropriée.

E. PRÉVENTION: Ne s'applique pas.

DOCUMENTS DE RÉFÉRENCE SUGGÉRÉS:

L-1, L-33, L-64 à L-74
V-1 à V-57, V-81

CHEMINEMENT D'APPRENTISSAGE

L'ÉLÈVE:

- | | |
|-------|--|
| 1.1.0 | Revoit la méthodologie du travail de recherche proposée dans le programme Sciences physiques 416-436 (objectif 1 de chacun des modules). |
| 1.1.1 | Prend connaissance des sujets de recherche proposés. |
| 1.1.2 | Suggère d'autres sujets de recherche qui l'intéressent. |
| 1.1.3 | Formule sous forme de problème à résoudre le sujet de recherche qu'il choisit. |
| 1.1.4 | Précise les grandes lignes de sa recherche. |
| 1.1.5 | Fait approuver sa recherche. |

NOTES PERSONNELLES:

Liste de quelques sujets de recherche pouvant répondre à l'objectif 1

Cette liste est fournie à titre d'exemple. Les élèves devraient d'abord produire leur propre liste de sujets. Puis, si l'enseignante ou l'enseignant considère que la liste soumise par les élèves n'est pas suffisante, elle ou il peut utiliser ces sujets ou en proposer d'autres.

Les sujets de recherche suggérés sont regroupés en fonction des modules.

Module 2: Les gaz et leurs applications

- Vitesses de diffusion d'une substance ou de plusieurs substances dans un fluide à diverses températures.
- Quantité de gaz contenu dans un récipient (extincteur chimique, plongée sous-marine, domaine médical, dirigeable, montgolfière...).
- Vitesses de modification de phase d'un fluide (condensation, évaporation, liquéfaction...).
- Tension superficielle entre diverses substances et un fluide.
- Levage de grandes masses par des gaz (amortisseur, ballon de soulèvement, montgolfière...).
- Rôles des gaz dans des objets usuels (bombe aérosol, moteur-fusée, moteur à réaction, ballon-sonde, ensachage d'aliments et d'autres substances, ballon de sécurité, conservation d'aliments, pneu, lampe...).
- Rôle des gaz dans le maintien de la vie, de la santé et le traitement des maladies (mal des caissons, anesthésie...).
- Étude de l'éclatement de substances sous la chaleur (pneu, maïs, cristaux de sel...).
- Biographies de femmes et d'hommes qui ont permis de mieux connaître les gaz et favorisé le développement de technologies mettant en cause les gaz (Otto von Guericke, Denis Papin, Schule, Joseph-Michel de Montgolfier, Murdock, Arnauld et Giffard, Van der Waals, Johannes Diderik, Van Helmont, Daniel Bernouilli, Dalton, Regnault, Maxwell, Boltzmann, Gibbs, James Duvor, Brillouin...).

Module 3: Réactions chimiques: énergie

- Chaleur de combustion de différentes substances (propane, éthanol, méthanol, huile végétale et substances alimentaires).
- Étude de différentes chaleurs molaires de substances (combustion, dissolution, neutralisation, réaction).
- Étude et construction d'un calorimètre de précision.
- Étude de la fabrication et de l'utilisation de différents carburants et comburants (aluminium, éthanol, hydrogène, oxygène...).
- Évolution de l'utilisation des substances dans des réactions chimiques.
- Évolution de la calorimétrie au cours des derniers siècles.
- Biographies de femmes et d'hommes qui ont contribué à la compréhension des énergies dans des réactions chimiques (Laurent Lavoisier, Germain Henri Hess, Alfred Nobel, James Watt, Berthelot, Bunsen, Helmholtz, Dulong et Petit, Laplace, Boyle, Joseph Black, Sadi Carnot, Marc Séguin, Walther Hermann Nernst...).

Module 4: Réactions chimiques: vitesse de réaction

- Étude des vitesses de réaction de diverses substances organiques et inorganiques sous l'effet de différents facteurs (catalyseur, lumière, chaleur, concentration, dissolution).
- Étude de la combustion de mélanges de différentes substances (sucre et cendre...).
- Étude de réactions oscillantes et de facteurs qui peuvent les influencer.
- Étapes de l'élaboration de la théorie de l'activation dans les réactions chimiques.
- Usage de catalyseurs dans l'industrie chimique (plastiques, colles, pétrole, substances synthétiques (fibre, diamant)...).
- Rôle des catalyseurs sur des êtres vivants ou du matériel relatif au vivant (métabolisme, digestion, croissance, yaourt, compost).
- Relation entre la composition d'une essence et son indice d'octane.
- Condition d'explosion d'un carburant et mesures de sécurité (bon fonctionnement des moteurs, réchaud, BBQ...).
- Importance des vitesses de réaction dans des produits pharmaceutiques (crèmes solaires, analgésiques, antihistaminiques...).

- Facteurs qui modifient la vitesse de réaction dans le processus de conservation des aliments.
- Biographies de femmes et d'hommes qui ont contribué à la compréhension des vitesses de réaction dans les réactions chimiques et à l'application de ces connaissances (Fahrenheit, Réaumur, Kelvin, Bernard Palissy, Sainte-Claire, Deville, Pasteur, Berthelot, A. Fleming, Paul Sabatier...).

Module 5: Réactions chimiques: équilibre

- Étude des facteurs qui modifient l'état d'équilibre d'une réaction chimique.
- Analyse de courbes de titrage de substances chimiques (acide et base faibles ou forts, polyacide...).
- Étude de constantes (d'équilibre, K , de dissociation d'acides, K_a , de bases, K_b , de l'eau, K_{eau} , du produit de solubilité, K_{ps} ...) pour diverses substances chimiques.
- Expériences en laboratoire mettant en cause le concept d'équilibre chimique (pile, accumulateur, bac galvanique...).
- Étude de phénomènes naturels ou artificiels mettant en cause le concept d'équilibre (oxygénation du sang, oxydation des aliments, des métaux, gazéification de boissons, formation de stalactites et de stalagmites...).
- Étude de procédés de fabrication industrielle mettant en cause le concept d'équilibre (synthèse de substances chimiques, raffinage de métaux, anode sacrificielle, notion de rendement dans un processus industriel réversible...).
- Étude d'impact des industries chimiques au Québec sur la qualité de la vie (environnement et économie), sur le développement des connaissances (scientifiques, technologiques, sociologiques, démographiques...).
- Biographies de femmes et d'hommes qui ont contribué à la compréhension du concept d'équilibre chimique et favorisé le développement de technologies mettant en cause le principe d'équilibre (Marcelin Berthelot, Léon Péan de Saint-Gilles, Henry Le Chatelier, Wilhelm Ostwald, Humphry Davy Michael Faraday, Alessandro Volta, Luigi Galvani, James Duvor, Jacobus Henricus Van't Hoff, Fritz Haber, Freidrick Berjius, Charles Martin Hall...).

OBJECTIFS PARTICULIERS
(terminaux et intermédiaires)

L'ÉLÈVE APPRENDRA À:

1.2 Élaborer un plan de recherche.

PRÉALABLES:

1.1

CONTENUS DE FORMATION:

- **HABILETÉ:** Élaboration d'un protocole. (C-4)
- **CONNAISSANCE:** Rédaction d'un protocole ou d'un plan de recherche. (A-7)
- **ATTITUDE:** Sens du problème. (H-3)

PLANIFICATION PROPOSÉE:

A. STRATÉGIE D'ENSEIGNEMENT:

Travail en équipe, travail individuel, rencontre élève-maître.

B. DURÉE: 75 min + temps à la maison.

C. ÉVALUATION: Qualités du plan de recherche.

D. MATÉRIEL: Documentation.

E. PRÉVENTION: Ne s'applique pas.

DOCUMENTS DE RÉFÉRENCE SUGGÉRÉS:

V-58 à V-67, V-81

CHEMINEMENT D'APPRENTISSAGE

L'ÉLÈVE:

- | | |
|-------|--|
| 1.2.1 | Détermine le but de sa recherche en précisant les aspects particuliers qu'il entend traiter (identification du problème). |
| 1.2.2 | Établit la liste des éléments de documentation (bibliographiques, audiovisuels, imprimés, témoignages, logiciels, etc.) utiles à sa recherche. |
| 1.2.3 | Prévoit le type de communication des résultats de sa recherche en considérant les ressources du milieu. |
| 1.2.4 | Prépare un calendrier des travaux à exécuter en tenant compte du temps alloué. |
| 1.2.5 | Fait approuver son plan de recherche. |

NOTES PERSONNELLES:

OBJECTIFS PARTICULIERS
(terminaux et intermédiaires)

L'ÉLÈVE APPRENDRA À:

1.3 Réaliser le protocole ou le plan d'une recherche.

PRÉALABLES:

1.2

CONTENUS DE FORMATION:

- **HABILETÉ:** Organisation des données. (D-1)
- **CONNAISSANCE:** Méthodes de recherche. (A-7)
- **ATTITUDE:** Sens de l'objectivité. (H-3)

PLANIFICATION PROPOSÉE:

A. STRATÉGIE D'ENSEIGNEMENT:

Travail individuel, travail en équipe, travail à la bibliothèque, travail en laboratoire, entrevue, visite.

B. DURÉE: 175 min + temps à la maison.

C. ÉVALUATION: Qualités des méthodes et des techniques de travail.

D. MATÉRIEL: Selon les besoins du protocole.

E. PRÉVENTION: Selon le matériel et la méthode utilisée.

DOCUMENTS DE RÉFÉRENCE SUGGÉRÉS:

V-81

- | | |
|-------|---|
| 1.3.1 | Se procure le matériel (documentation, matériel de manipulation...) pertinent à sa recherche. |
| 1.3.2 | Consulte, s'il y a lieu, des personnes-ressources. |
| 1.3.3 | Collige les données pertinentes. |
| 1.3.4 | Analyse les données en fonction du problème à résoudre. |
| 1.3.5 | Conclut, à partir de ses analyses, en tenant compte du but de sa recherche. |



OBJECTIFS PARTICULIERS
(terminaux et intermédiaires)

L'ÉLÈVE APPRENDRA À:

1.4 Communiquer les résultats d'une recherche.

PRÉALABLES:

1.3

CONTENUS DE FORMATION:

- **HABILETÉ:** Communication. (F-4)
- **CONNAISSANCE:** Règles de rédaction d'une communication scientifique. (A-4)
- **ATTITUDE:** Souci de rigueur. (H-3)

PLANIFICATION PROPOSÉE:

A. STRATÉGIE D'ENSEIGNEMENT:

Exposé, démonstration, exposition...

B. DURÉE: 180 min + temps à la maison.

C. ÉVALUATION: Qualités de la communication.

D. MATÉRIEL: Selon la méthode et la technique utilisées.

E. PRÉVENTION: Selon la méthode et la technique utilisées.

DOCUMENTS DE RÉFÉRENCE SUGGÉRÉS:

V-68 à V-77

L'ÉLÈVE:

- 1.4.1 Prend connaissance des règles de rédaction d'une communication scientifique.
- 1.4.2 Rédige le rapport de sa recherche selon les règles.
- 1.4.3 Utilise des outils de présentation, tels un tableau, un graphique...
- 1.4.4 S'assure de la disponibilité du matériel nécessaire à sa communication (projecteur, magnétoscope, films, vidéocassettes, photographies, diapositives...), s'il y a lieu.
- 1.4.5 Présente les conclusions de sa recherche en les justifiant, si nécessaire.
- 1.4.6 Indique les difficultés rencontrées au cours de sa recherche.
- 1.4.7 Indique les moyens utilisés pour surmonter les difficultés.

NOTES PERSONNELLES:



OBJECTIFS PARTICULIERS
(terminaux et intermédiaires)

L'ÉLÈVE APPRENDRA À:

- ** 1.5** Présenter, dans le cadre d'une Expo-sciences, les résultats de la recherche expérimentale ou documentaire qu'il a réalisée.

PRÉALABLES:

1.4

CONTENUS DE FORMATION:

- **HABILETÉ:** Communication. (F-4)
- **CONNAISSANCE:** Méthodes et techniques de présentation d'un kiosque dans une Expo-sciences, techniques de soutenance d'arguments en public. (H-5)
- **ATTITUDE:** Avidité intellectuelle. (H-5)

PLANIFICATION PROPOSÉE:

A. STRATÉGIE D'ENSEIGNEMENT:

Travail individuel, travail en équipe, travail en atelier, exposé en public.

B. DURÉE: Minimum de 400 min en activité parascolaire.

C. ÉVALUATION: Qualités de la présentation (selon les normes des Expo-sciences).

D. MATÉRIEL: Selon le projet et le kiosque à réaliser.

E. PRÉVENTION: Selon le projet et le kiosque à réaliser.

DOCUMENTS DE RÉFÉRENCE SUGGÉRÉS:

R-81

- | | |
|-------|---|
| 1.5.0 | Revoit les méthodes et les techniques de présentation d'un rapport de recherche (Sciences physiques 416-436). |
| 1.5.1 | Réalise son kiosque selon les normes des Expo-sciences. |
| 1.5.2 | Expose les résultats de ses travaux au public visiteur (élèves et adultes). |
| 1.5.3 | Soutient ses arguments lors de discussions avec les personnes qui l'interrogent. |

Date	Time	Location	Observer	Weather	Wind	Temp	Humidity	Pressure	Remarks

DEUXIÈME MODULE

LES GAZ ET LEURS APPLICATIONS

OBJECTIF DU MODULE: Investiguer, à l'aide de la méthode scientifique, la matière se présentant sous ses différentes phases pour s'en donner un modèle, comprendre certains de ses comportements et se sensibiliser à ses impacts sur la société et sur l'environnement.

OBJECTIFS PARTICULIERS
(terminaux et intermédiaires)

L'ÉLÈVE APPRENDRA À:

- 1 Illustrer des relations entre le développement de la connaissance du comportement des gaz, l'utilisation des gaz, la qualité de vie, l'environnement et la société.**
- 1.1 Démontrer, par des exemples de phénomènes naturels et d'applications technologiques qu'il a directement observés ou trouvés dans des documents de référence, l'influence de l'utilisation des gaz sur le développement de la connaissance des gaz, la qualité de vie, l'environnement et la société.**

PRÉALABLES:

CONTENUS DE FORMATION:

- **HABILETÉ:** Généralisation. (F-2)
- **CONNAISSANCE:** Domaines dans lesquels des gaz sont en cause: géologie, industrie, loisir, médecine, météorologie, etc., influence des gaz... (A-10)
- **ATTITUDE:** Avidité intellectuelle. (H-5)

PLANIFICATION PROPOSÉE:

- A. STRATÉGIE D'ENSEIGNEMENT:**
Brainstorming, travail individuel.
- B. DURÉE:** 75 min + temps à la maison.
- C. ÉVALUATION:** Qualités de la communication.
- D. MATÉRIEL:** Documentation.
- E. PRÉVENTION:** Ne s'applique pas.

DOCUMENTS DE RÉFÉRENCE SUGGÉRÉS:

AV-9, AV-24, AV-38
L-75
R-16, R-20, R-50, R-55
V-10, V-82 à V-85, V-88 à V-90

- | | |
|-------|---|
| 1.1.1 | Identifie, dans son environnement, des phénomènes naturels et des applications technologiques qui mettent en cause des gaz. |
| 1.1.2 | Évalue, pour au moins deux des faits identifiés, leur impact économique et social. |
| 1.1.3 | Évalue, pour au moins deux des faits identifiés, leur impact sur la qualité de vie. |
| 1.1.4 | Évalue, pour au moins deux des faits identifiés, leur impact sur l'environnement biologique et physique. |
| 1.1.5 | Évalue, pour au moins deux des faits identifiés, leur impact sur le développement de la connaissance. |
| 1.1.6 | Rédige une communication de ses évaluations. |



OBJECTIFS PARTICULIERS
(terminaux et intermédiaires)

L'ÉLÈVE APPRENDRA À:

- 1.2 Décrire, à l'aide de références documentaires, des influences réciproques de la société et du développement de la connaissance des gaz et de ses applications.

PRÉALABLES:

1.1

CONTENUS DE FORMATION:

- **HABILETÉ:** Perception d'un problème. (C-1)
- **CONNAISSANCE:** Relation société et recherche: la guerre et les gaz, l'énergie et les plasmas, Convention de Montréal sur l'utilisation des CFC... (A-1)
- **ATTITUDE:** Sens des responsabilités. (I-5)

PLANIFICATION PROPOSÉE:

A. STRATÉGIE D'ENSEIGNEMENT:

Brainstorming, travail individuel, exposé, plénière.

B. DURÉE: 50 min + temps à la maison.

C. ÉVALUATION: Qualités de l'argumentation.

D. MATÉRIEL: Documentation.

E. PRÉVENTION: Ne s'applique pas.

DOCUMENTS DE RÉFÉRENCE SUGGÉRÉS:

L-25
R-82, R-91
V-1, V-10, V-16, V-19, V-105

CHEMINEMENT D'APPRENTISSAGE

L'ÉLÈVE:

- | | |
|-------|--|
| 1.2.1 | Montre, par des exemples, que les «personnes en situation de pouvoir» dans les domaines public et privé influencent l'opinion publique, et vice-versa. |
| 1.2.2 | Prend conscience que les «personnes en situation de pouvoir» influencent la création et la mission des centres de recherche. |
| 1.2.3 | Illustre, par des exemples tirés de l'histoire ancienne et récente, l'action de l'opinion publique et des décisions politiques sur le développement de la recherche sur les gaz. |
| 1.2.4 | Prend conscience que les scientifiques peuvent influencer les lois et règlements régissant l'utilisation des gaz. |
| 1.2.5 | Illustre, par des exemples tirés de l'histoire de la magie et autres attrapes, comment les connaissances sur le comportement des gaz furent utilisées pour mystifier certaines personnes naïves et crédules. |

NOTES PERSONNELLES:

OBJECTIFS PARTICULIERS
(terminaux et intermédiaires)

L'ÉLÈVE APPRENDRA À:

- 2 Prévoir, à l'aide de modèles mathématiques qu'il a induits de l'étude de phénomènes mettant en cause des gaz réels, le comportement d'un gaz dit idéal soumis à divers facteurs.**
- 2.1 Identifier, à partir d'observations d'applications technologiques ou de phénomènes naturels, des facteurs qui influencent le volume d'un gaz.**

PRÉALABLES:

1.1

CONTENUS DE FORMATION:

- **HABILETÉ:** Observation. (B-1)
- **CONNAISSANCE:** Facteurs qui influencent le volume d'un gaz. (A-1)
- **ATTITUDE:** Sens de l'objectivité. (H-3)

PLANIFICATION PROPOSÉE:

- A. STRATÉGIE D'ENSEIGNEMENT:**
Brainstorming, démonstration, simulation, plénière.
- B. DURÉE:** 50 min .
- C. ÉVALUATION:** Qualités des observations.
- D. MATÉRIEL:** Documentation, ballon (baudruche), bain-marie, plaque chauffante, gaz comprimés, pompe à bicyclette, pompe à vide, compresseur d'air...
- E. PRÉVENTION:** Chaleur.

DOCUMENTS DE RÉFÉRENCE SUGGÉRÉS:

L-2 à L-5, L-33, L-67 à L-71
V-1, V-4, V-14, V-16, V-19, V-42, V-50, V-51, V-53, V-54, V-56, V-78, V-79, V-80

CHEMINEMENT D'APPRENTISSAGE

L'ÉLÈVE:

- | | |
|-------|--|
| 2.1.0 | Revoit la notion de pression (Sciences physiques 214). |
| 2.1.1 | Anticipe des facteurs qui peuvent influencer le volume d'un gaz. |
| 2.1.2 | Discute de ses anticipations avec ses collègues. |
| 2.1.3 | Observe, à l'aide de moyens appropriés, des effets de la pression, de la température et de la quantité de gaz sur le volume. |
| 2.1.4 | Discute de l'effet conjugué de plusieurs de ces facteurs sur le volume. |
| 2.1.5 | Infère, de ces facteurs, l'effet de la variation de volume d'un gaz. |

NOTES PERSONNELLES:

OBJECTIFS PARTICULIERS
(terminaux et intermédiaires)

L'ÉLÈVE APPRENDRA À:

2.2 Analyser, à la suite d'expériences, l'effet de divers facteurs sur le volume d'un gaz.

PRÉALABLES:

2.1

CONTENUS DE FORMATION:

- **HABILETÉ:** Organisation des données. (D-2)
- **CONNAISSANCE:** Loi de Gay-Lussac, loi de Charles, loi de Boyle-Mariotte, interprétation graphique des lois. (A-8)
- **ATTITUDE:** Sens des responsabilités. (G-3)

PLANIFICATION PROPOSÉE:

A. STRATÉGIE D'ENSEIGNEMENT:

Travail en équipe, travail collectif en laboratoire, travail individuel, plénière, simulation.

B. DURÉE: 150 min + temps à la maison.

C. ÉVALUATION: Qualités de la participation à l'expérimentation collective.

D. MATÉRIEL: Seringues de 5 mL, 10 mL, 140 mL, seringue en verre de 30 mL, tube en caoutchouc de 30 cm, cylindre gradué de 10 mL, bechers de 250 mL et 600 mL, eau, thermomètre, bouche-seringue vissant, glace, plaque chauffante, fil métallique de 45 cm, pince pour burette, support universel, boîte de masse de 200 g à 1 000 g avec crochet, bouchon n° 10 à un trou, tube en verre de 10 cm, «serum stopper», aiguille pour seringue, sac en plastique, élastique, gaz peu soluble dans l'eau (air, N₂, O₂...), documentation.

E. PRÉVENTION: Verrerie, chaleur, aiguilles.

DOCUMENTS DE RÉFÉRENCE SUGGÉRÉS:

AV-4, AV-5
L-6 à L-21
V-16, V-81

CHEMINEMENT D'APPRENTISSAGE

L'ÉLÈVE:

- | | |
|--------|--|
| 2.2.0 | Revoit la notion de relations proportionnelles (directes et inverses) (Mathématique 416).

Revoit les représentations graphiques de relations proportionnelles (directes et inverses) (Mathématique 416).

Revoit la notion de constante de proportionnalité (Mathématique 416). |
| 2.2.1 | Anticipe l'effet de chacun des facteurs énumérés en 1.1 sur le volume d'un gaz. |
| 2.2.2 | Propose un graphique pour illustrer les effets anticipés. |
| 2.2.3 | Formule ses anticipations sous forme de relations mathématiques. |
| 2.2.4 | Justifie ses anticipations auprès de ses collègues. |
| 2.2.5 | Vérifie ses anticipations à l'aide d'un des protocoles expérimentaux proposés. |
| 2.2.6 | Compare ses résultats avec ses anticipations. |
| 2.2.7 | Ajoute ses résultats dans un tableau de compilation collectif. |
| 2.2.8 | Discute, s'il y a lieu, des différences dans les résultats obtenus par ses collègues. |
| 2.2.9 | Modifie, s'il y a lieu, les relations mathématiques formulées en 2.2.3. |
| 2.2.10 | Compare les relations mathématiques proposées, en se référant à l'histoire de l'étude des gaz, avec celles proposées par Boyle, Charles, Gay-Lussac et Mariotte. |
| 2.2.11 | Prend conscience de l'importance de la sécurité dans les travaux de laboratoire, en se référant aux accidents graves survenus à Gay-Lussac malgré ses qualités légendaires d'habile manipulateur. |
| 2.2.12 | Rédige un rapport de ses travaux. |

NOTES PERSONNELLES:

Cf. annexe IV

OBJECTIFS PARTICULIERS
(terminaux et intermédiaires)

L'ÉLÈVE APPRENDRA À:

- 2.3 Construire, à partir de résultats expérimentaux qu'il a obtenus en laboratoire, une échelle de température dont les valeurs ne sont que positives.

PRÉALABLES:

2.2

CONTENUS DE FORMATION:

- **HABILETÉ:** Interprétation des données. (D-4)
 - **CONNAISSANCE:** Historique des échelles de température, techniques d'extrapolation graphique, échelle Kelvin (absolue). (A-4)
 - **ATTITUDE:** Sens du problème. (H-3)

PLANIFICATION PROPOSÉE:

- A. STRATÉGIE D'ENSEIGNEMENT:**
Plénière, travail en équipe, travail individuel.

B. DURÉE: 50 min .

C. ÉVALUATION: Qualités de l'argumentation.

D. MATÉRIEL: Résultats expérimentaux de l'objectif 2.2.

E. PRÉVENTION: Ne s'applique pas.

DOCUMENTS DE RÉFÉRENCE SUGGÉRÉS:

L-9, L-12, L-14, L-15, L-17, L-19 à L-21
R-1, R-2, R-47, R-50
V-6, V-10, V-16, V-28

CHEMINEMENT D'APPRENTISSAGE

L'ÉLÈVE:

- 2.3.1 Anticipe la valeur du volume occupé par un gaz à 0 °C, et à des températures inférieures à 0 °C.
- 2.3.2 Justifie son anticipation auprès de ses collègues.
- 2.3.3 Détermine, à l'aide du graphique du volume en fonction de la température tracé, la température à laquelle le volume occupé en 2.2 par un gaz serait nul.
- 2.3.4 Compare la valeur de son extrapolation avec celles obtenues par ses collègues.
- 2.3.5 Propose une échelle de température qui ne comporterait que des valeurs positives.
- 2.3.6 Compare sa proposition avec celles de ses collègues.
- 2.3.7 Compare la proposition retenue avec celle proposée par Rudolf Clausius (XIX^e siècle).
- 2.3.8 Discute de l'incidence de la connaissance de cette valeur sur les travaux de Gay-Lussac.
- 2.3.9 Relate, à l'aide de références documentaires, l'histoire de la mise au point de diverses échelles de température.
- 2.3.10 Précise l'apport de scientifiques à l'élaboration des échelles de température (Celsius, Clausius, Fahrenheit, Galilée, Rankine, Réaumur, Röwer, Thomson).

NOTES PERSONNELLES:

[illegible]

OBJECTIFS PARTICULIERS
(terminaux et intermédiaires)

L'ÉLÈVE APPRENDRA À:

- 2.4 Utiliser des moyens appropriés pour établir une relation entre les volumes égaux de divers gaz et le nombre de molécules qu'ils contiennent aux mêmes conditions de température et de pression.

PRÉALABLES:

2.2

CONTENUS DE FORMATION:

- **HABILETÉ:** Formulation d'hypothèses. (C-2)
- **CONNAISSANCE:** Hypothèse (loi) d'Avogadro. Raisons du délai d'adoption de l'hypothèse d'Avogadro. (A-8)
- **ATTITUDE:** Sens du problème. (H-3)

PLANIFICATION PROPOSÉE:

A. STRATÉGIE D'ENSEIGNEMENT:

Démonstration, travail en équipe, plénière, simulation, exposé.

B. DURÉE: 100 min .

C. ÉVALUATION: Qualités des hypothèses.

D. MATÉRIEL: Source de courant, rhéostat, électrodes recourbées (platine, acier inoxydable), fils de connexion avec pinces, becher de 600 mL, 2 cylindres gradués de 10 mL, solution de NaOH 2 mol/L, solution de HCl 2 mol/L, indicateur, documentation.

E. PRÉVENTION: Verrerie, substances toxiques.

DOCUMENTS DE RÉFÉRENCE SUGGÉRÉS:

AV-7, AV-8
L-13, L-14, L-15, L-17, L-19, L-20, L-63
V-14, V-16, V-18, V-56, V-81

CHEMINEMENT D'APPRENTISSAGE

L'ÉLÈVE:

- 2.4.0 Revoit le modèle atomique de Dalton (Sciences physiques 416-436, Module 4.3).
Revoit la notion de stoechiométrie (Sciences physiques 416-436, Module 3-5.6).
Revoit les résultats de l'électrolyse de l'eau (Sciences physiques 416-436, Module 1-6.1).
- 2.4.1 Anticipe, à la suite d'une démonstration, le nombre de molécules contenues dans deux volumes égaux de gaz différents.
- 2.4.2 Compare son anticipation avec celles de ses collègues.
- 2.4.3 Formule une hypothèse sur le nombre de molécules contenues dans deux volumes de gaz soumis à des pressions et à des températures identiques.
- 2.4.4 Discute de son hypothèse avec ses collègues.
- 2.4.5 Vérifie l'hypothèse retenue à l'aide d'un moyen approprié (équations équilibrées, logiciels, vidéos...).
- 2.4.6 Compare l'hypothèse retenue avec celle d'Amedeo Avogadro (XVIII^e et XIX^e siècles).
- 2.4.7 Précise, à l'aide d'une documentation appropriée, les raisons qui ont retardé l'adoption de l'hypothèse d'Avogadro par la communauté scientifique du début du XIX^e siècle.
- 2.4.8 Décrit brièvement les rôles respectifs d'Ampère et de Cannizzaro relativement à cette hypothèse.
- 2.4.9 Propose une règle pour nommer une hypothèse, une loi ou une théorie à laquelle deux ou plusieurs scientifiques ont travaillé.
- 2.4.10 Compare une application de sa règle avec des exemples connus:
- Boyle-Mariotte,
- Avogadro-Ampère,
- Charles-Gay Lussac,
- Snell-Descartes,
- Dulong et Petit,
- ...

NOTES PERSONNELLES:

Cf. annexe IV

OBJECTIFS PARTICULIERS
(terminaux et intermédiaires)

L'ÉLÈVE APPRENDRA À:

- 2.5 Traduire, sous la forme d'une relation mathématique unique, les résultats de l'analyse des comportements d'un gaz soumis à divers facteurs.

PRÉALABLES:

2.4

CONTENUS DE FORMATION:

- **HABILETÉ:** Construction d'un modèle. (E-2)
- **CONNAISSANCE:** Loi des gaz parfaits: $pV = nRT$ et $\frac{p_1 V_1}{n_1 T_1} = \frac{p_2 V_2}{n_2 T_2}$
définition d'un gaz parfait, postulats de la théorie cinétique liés aux gaz parfaits. (A-9)
- **ATTITUDE:** Sens de l'intégration des connaissances. (I-1)

PLANIFICATION PROPOSÉE:

A. STRATÉGIE D'ENSEIGNEMENT:

Plénière, travail individuel, travail en laboratoire, travail en équipe, simulation.

B. DURÉE: 150 min + temps à la maison.

C. ÉVALUATION: Qualités de l'argumentation.

D. MATÉRIEL: Résultats des objectifs 2.2 et 2.3.

E. PRÉVENTION: Ne s'applique pas.

DOCUMENTS DE RÉFÉRENCE SUGGÉRÉS:

L-9, L-12, L-14, L-17 à L-20, L-22, L-39

CHEMINEMENT D'APPRENTISSAGE

L'ÉLÈVE:

- | | |
|--------|---|
| 2.5.1 | Formule, à partir des résultats expérimentaux obtenus en 2.2 et des savoirs acquis en 2.4, des hypothèses sur le comportement d'un gaz soumis à divers facteurs. |
| 2.5.2 | Compare ses hypothèses avec celles de ses collègues. |
| 2.5.3 | Élabore un protocole expérimental pour chacune des hypothèses retenues. |
| 2.5.4 | Présente, sous forme de graphiques, ses résultats. |
| 2.5.5 | Détermine, à la suite d'une analyse des graphiques, la constante de proportionnalité de la relation mathématique réunissant tous les facteurs qui influencent le comportement du gaz. |
| 2.5.6 | Discute de son résultat avec ses collègues. |
| 2.5.7 | Trouve, à la suite de la discussion, une valeur conventionnelle de la constante de proportionnalité. |
| 2.5.8 | Détermine, par traitement d'unités des variables de la relation mathématique établie, l'unité de la constante de proportionnalité. |
| 2.5.9 | Discute de l'expression «gaz parfait» utilisée dans l'énoncé des lois. |
| 2.5.10 | Rédige un rapport de ses travaux. |

NOTES PERSONNELLES:

OBJECTIFS PARTICULIERS
(terminaux et intermédiaires)

L'ÉLÈVE APPRENDRA À:

- 2.6 Déterminer, à la suite d'une expérience portant sur le volume occupé par une mole de gaz, la valeur de la constante des gaz parfaits.

PRÉALABLES:

2.5

CONTENUS DE FORMATION:

- **HABILETÉ:** Mesure. (B-3)
- **CONNAISSANCE:** Constante d'Avogadro (N), constante molaire des gaz parfaits (R), constante de Boltzmann (k), techniques de mesure du volume molaire d'un gaz, calcul du volume molaire d'un gaz. (A-7)
- **ATTITUDE:** Créativité. (H-3)

PLANIFICATION PROPOSÉE:

A. STRATÉGIE D'ENSEIGNEMENT:

Travail individuel, plénière, travail collectif au laboratoire.

B. DURÉE: 150 min + temps à la maison.

C. ÉVALUATION: Qualités des mesures.

D. MATÉRIEL: Seringue de 140 mL, clou, bouche-seringue vissant, O_2 , N_2 , CO_2 ..., balance au $\pm 0,01$ g, thermomètre, baromètre, tableau de compilation collectif.

E. PRÉVENTION: Gaz sous pression.

DOCUMENTS DE RÉFÉRENCE SUGGÉRÉS:

AV-6, AV-7
V-56, V-81

CHEMINEMENT D'APPRENTISSAGE

L'ÉLÈVE:

- 2.6.0 Revoit la notion de masse atomique (Sciences physiques 416-436, Module 1-5.1).
Revoit la notion de mole (Sciences physiques 416-436, Module 3-3.3).
Revoit la notion de masse molaire (Sciences physiques 416-436, Module 3-3.5).
- 2.6.1 Imagine la grandeur du volume occupé par une mole de gaz.
- 2.6.2 Propose des moyens pour déterminer le volume occupé par une mole de gaz dans des conditions de température et de pression ambiantes.
- 2.6.3 Compare ses propositions avec celles de ses collègues.
- 2.6.4 Élabore, à l'aide du matériel disponible, un protocole expérimental pour vérifier un des moyens proposés.
- 2.6.5 Ajoute son résultat au tableau de compilation collectif.
- 2.6.6 Détermine, à l'aide de la relation mathématique établie en 2.5, la constante de proportionnalité de la relation entre les facteurs qui influencent le comportement d'une mole d'un gaz.
- 2.6.7 Détermine, par un traitement d'unités, l'unité de la constante de proportionnalité.
- 2.6.8 Compare son résultat avec ceux de ses collègues.
- 2.6.9 Compare la valeur de la constante de proportionnalité retenue avec celle généralement acceptée (constante molaire des gaz parfaits).
- 2.6.10 Modifie, s'il y a lieu, la relation mathématique établie en 2.5.
- 2.6.11 Prend connaissance de la valeur de la constante d'Avogadro.
- 2.6.12 Détermine la valeur de la constante des gaz parfaits pour une molécule réelle ($\frac{R}{N} = k$).
- 2.6.13 Associe cette valeur à la constante de Boltzmann.

NOTES PERSONNELLES:

Cf. annexe IV

OBJECTIFS PARTICULIERS
(terminaux et intermédiaires)

L'ÉLÈVE APPRENDRA À:

2.7 Identifier, à l'aide d'une expérience collective ou d'une simulation, un gaz inconnu.

PRÉALABLES:

2.6

CONTENUS DE FORMATION:

- **HABILETÉ:** Généralisation. (F-1)
- **CONNAISSANCE:** Techniques d'identification d'un gaz, masse molaire et autres propriétés d'un gaz, $pV = \frac{m}{M}RT$. (A-10)
- **ATTITUDE:** Sens d'intégration des connaissances. (F-1)

PLANIFICATION PROPOSÉE:

A. STRATÉGIE D'ENSEIGNEMENT:

Travail individuel, travail en laboratoire, simulation, plénière.

B. DURÉE: 100 min + temps à la maison.

C. ÉVALUATION: Qualité du protocole.

D. MATÉRIEL: Seringue de 140 mL, clou, bouche-seringue vissant, O₂, N₂, CO₂..., balance au ± 0,01 g, éprouvettes 13 mm x 100 mm, bouchons, eau de chaux, éclipse en bois, allumettes, documentation, vade-mecum.

E. PRÉVENTION: Verrerie, chaleur.

DOCUMENTS DE RÉFÉRENCE SUGGÉRÉS:

L-17 à L-20, L-39
V-81

CHEMINEMENT D'APPRENTISSAGE

L'ÉLÈVE:

- | | |
|-------|--|
| 2.7.0 | Revoit l'identification des substances par leurs propriétés caractéristiques (Sciences physiques 416-436, Module 1-2.1). |
| | Revoit la notion de masse molaire. (Sciences physiques 416-436, Module 3-3.5) |
| 2.7.1 | Discute de moyens pour identifier un gaz. |
| 2.7.2 | Élabore un protocole pour vérifier un des moyens retenus. |
| 2.7.3 | Décrit ses résultats dans un tableau de compilation collectif. |
| 2.7.4 | Confirme ses résultats en utilisant une autre propriété caractéristique du gaz. |
| 2.7.5 | Rédige un rapport de ses travaux. |

NOTES PERSONNELLES:

OBJECTIFS PARTICULIERS
(terminaux et intermédiaires)

L'ÉLÈVE APPRENDRA À:

**** 2.8** Déterminer, à la suite d'une expérience, la pression totale d'un mélange de gaz.

PRÉALABLES:

2.2, 2.4

CONTENUS DE FORMATION:

- **HABILETÉ:** Organisation des données. (D-2)
- **CONNAISSANCE:** Loi des pressions partielles de Dalton, utilisation d'un par-nomètre. (A-8)
- **ATTITUDE:** Sens du problème. (H-3)

PLANIFICATION PROPOSÉE:

A. STRATÉGIE D'ENSEIGNEMENT:

Travail en équipe, travail en laboratoire, travail individuel, plénière.

B. DURÉE: 150 min + temps à la maison.

C. ÉVALUATION: Qualités de la justification de la prévision.

D. MATÉRIEL: Erlenmeyer à filtration de 250 mL, bouchon à 1 trou, tube en verre de 10 cm de longueur, «serum stopper», tube en caoutchouc de 15 cm de longueur, manomètre, seringue de 30 mL, support universel, pince pour burette, baromètre (anéroïde), He, O₂, documentation.

E. PRÉVENTION: Verrerie, gaz sous pression.

DOCUMENTS DE RÉFÉRENCE SUGGÉRÉS:

AV-6, AV-7
V-16, V-81, V-92

CHEMINEMENT D'APPRENTISSAGE

L'ÉLÈVE:

- | | |
|--------|--|
| 2.8.0 | Revoit la notion et l'unité de mesure de la pression atmosphérique (Sciences physiques 214, Module 1). |
| 2.8.1 | Anticipe la grandeur du changement de la pression due à l'addition de gaz dans un volume donné lorsqu'on maintient la température constante. |
| 2.8.2 | Discute de son anticipation avec ses collègues. |
| 2.8.3 | Élabore un protocole expérimental pour vérifier les anticipations retenues. |
| 2.8.4 | Détermine les causes d'erreurs possibles autres que les erreurs dues à l'étalonnage des instruments. |
| 2.8.5 | Indique l'effet possible de ces erreurs sur les résultats des mesures. |
| 2.8.6 | Propose une relation mathématique entre la pression totale d'un mélange de gaz et la pression de chacun des gaz. |
| 2.8.7 | Compare sa proposition avec celles de ses collègues. |
| 2.8.8 | Compare la proposition retenue avec celle de John Dalton. |
| 2.8.9 | Décrit le rôle de John Dalton dans la connaissance scientifique de la phase gazeuse de la matière. |
| 2.8.10 | Illustre, par des exemples, des applications technologiques de la loi des pressions partielles de Dalton. |

NOTES PERSONNELLES:

OBJECTIFS PARTICULIERS
(terminaux et intermédiaires)

L'ÉLÈVE APPRENDRA À:

- 2.9 Utiliser ses savoirs sur le comportement des gaz en solutionnant des problèmes, des exercices numériques et graphiques.

PRÉALABLES:

2.2, 2.3, 2.4, 2.5, 2.6, 2.7

CONTENUS DE FORMATION:

- **HABILETÉ:** Interprétation des données. (D-1)
- **CONNAISSANCE:** Application de modèles mathématiques sur les comportements de gaz. (A-7)
- **ATTITUDE:** Souci de rigueur. (H-3)

PLANIFICATION PROPOSÉE:

A. STRATÉGIE D'ENSEIGNEMENT:

Travail individuel, travail en équipe, travail en laboratoire, simulation.

B. DURÉE: 100 min + temps à la maison.

C. ÉVALUATION: Techniques de calcul et d'analyse graphique.

D. MATÉRIEL: Selon les situations-problèmes proposées, calculatrice (facultatif).

E. PRÉVENTION: Selon les situations-problèmes proposées.

DOCUMENTS DE RÉFÉRENCE SUGGÉRÉS:

L-7, L-13, L-17, L-23, L-24

CHEMINEMENT D'APPRENTISSAGE

L'ÉLÈVE:

- | | |
|-------|---|
| 2.9.1 | Relève dans des situations-problèmes proposées les données utiles à leur résolution. |
| 2.9.2 | Associe les unités pertinentes aux grandeurs physiques utilisées dans les situations-problèmes. |
| 2.9.3 | Utilise correctement les opérateurs mathématiques dans la résolution des situations-problèmes. |
| 2.9.4 | Estime la valeur de la réponse à l'aide des valeurs énoncées. |
| 2.9.5 | Vérifie la plausibilité de la solution à l'aide du traitement des unités. |
| 2.9.6 | Vérifie la plausibilité de la solution par l'ordre de grandeur. |
| 2.9.7 | Vérifie la plausibilité de la solution à l'aide d'une expérience ou d'une simulation. |
| 2.9.8 | Présente la solution la plus élégante. |

NOTES PERSONNELLES:

OBJECTIFS PARTICULIERS
(terminaux et intermédiaires)

L'ÉLÈVE APPRENDRA À:

- 3 Expliquer, à l'aide du modèle moléculaire déjà exploré et des connaissances acquises sur le comportement des gaz, des phénomènes naturels ou issus de la technologie mettant en cause la matière sous ses différentes phases.**
- 3.1 Identifier, à l'aide des propriétés caractéristiques des phases de la matière, des utilisations de substances sous une phase donnée dans des objets naturels ou techniques.**

PRÉALABLES:

2.2

CONTENUS DE FORMATION:

- **HABILETÉ:** Perception d'un problème. (C-1)
- **CONNAISSANCE:** Propriétés des phases de la matière. (A-1)
- **ATTITUDE:** Sens de l'objectivité. (H-3)

PLANIFICATION PROPOSÉE:

A. STRATÉGIE D'ENSEIGNEMENT:

Brainstorming, plénière.

B. DURÉE: 50 min .

C. ÉVALUATION: Qualités des justifications.

D. MATÉRIEL: Documentation.

E. PRÉVENTION: Ne s'applique pas.

DOCUMENTS DE RÉFÉRENCE SUGGÉRÉS:

AV-1, AV-2
L-21, L-26, L-72
R-3, R-6, R-9, R-51
V-81

CHEMINEMENT D'APPRENTISSAGE

L'ÉLÈVE:

- | | |
|-------|---|
| 3.1.0 | Revoit la notion de propriétés caractéristiques de la matière (Sciences physiques 416-436, Module 1-2.2). |
| 3.1.1 | Énumère des propriétés caractéristiques de chacune des phases de la matière. |
| 3.1.2 | Associe aux propriétés énumérées des phénomènes naturels ou issus de la technologie. |
| 3.1.3 | Justifie, par les propriétés caractéristiques des phases, l'utilisation de substances sous une phase donnée de la matière dans des objets naturels ou techniques. |
| 3.1.4 | Anticipe les comportements des molécules de la matière utilisée sous chacune des phases. |
| 3.1.5 | Compare ses anticipations avec celles de ses collègues. |

NOTES PERSONNELLES:

OBJECTIFS PARTICULIERS
(terminaux et intermédiaires)

L'ÉLÈVE APPRENDRA À:

- 3.2 Interpréter, à l'aide du modèle moléculaire et des connaissances acquises sur les gaz, des comportements de la matière se présentant sous chacune des phases.

PRÉALABLES:

3.1

CONTENUS DE FORMATION:

- **HABILETÉ:** Observation. (B-1)
- **CONNAISSANCE:** Mouvement brownien, diffusion, modèles des phases de la matière. (A-7)
- **ATTITUDE:** Sens de l'objectivité. (H-3)

PLANIFICATION PROPOSÉE:

A. STRATÉGIE D'ENSEIGNEMENT:

Démonstration, brainstorming, travail en équipe, travail collectif en laboratoire, plénière.

B. DURÉE: 100 min .

C. ÉVALUATION: Qualités de l'interprétation.

D. MATÉRIEL: Modèle mécanique du mouvement moléculaire, bechers de 100 mL, eau à la température ambiante, eau chaude, éprouvettes 18 mm x 50 mm, gélatine incolore, cristaux de KMnO_4 , cristaux de CuSO_4 , cristaux de CoSO_4 , chronomètre, thermomètre, morceaux fraîchement coupés d'une vieille boîte de conserve, morceaux fraîchement coupés d'une boîte de conserve de fabrication récente, microscope, appareil pour observer le mouvement brownien, pompe à vide et cloche, ballon, bidon métallique, élastique, bille en acier, tableau de compilation collectif, documentation.

E. PRÉVENTION: Verrerie, produits chimiques.

DOCUMENTS DE RÉFÉRENCE SUGGÉRÉS:

AV-3, AV-8, AV-10
L-15, L-27
V-81

CHEMINEMENT D'APPRENTISSAGE

L'ÉLÈVE:

- 3.2.0 Revoit la notion de pression atmosphérique (Sciences physiques 214, Module 1).
Revoit la notion de solution homogène (Sciences physiques 214, Module 3).
Revoit le concept de la discontinuité de la matière (Sciences physiques 416-436, Module 1-4.1).
- 3.2.1 Observe, au cours d'une démonstration, le comportement d'un modèle mécanique qui simule le mouvement moléculaire dans la phase gazeuse.
- 3.2.2 Anticipe les comportements du modèle mécanique dans les autres phases de la matière.
- 3.2.3 Compare ses anticipations avec celles de ses collègues.
- 3.2.4 Observe, à l'aide de moyens appropriés, le phénomène de diffusion de substances dans chacune des phases de la matière.
- 3.2.5 Propose un modèle pour interpréter ses observations.
- 3.2.6 Relate par des exemples tirés de spectacles scéniques (scénographie) des utilisations de changements de phase afin de créer une ambiance féerique.
- 3.2.7 Énumère les arguments de Robert Brown qui le conduisirent à énoncer sa théorie sur le mouvement des molécules dans un fluide.
- 3.2.8 Discute des vitesses de diffusion de diverses substances.
- 3.2.9 Discute, avec ses collègues, d'un modèle pouvant représenter les déplacements des molécules d'une même substance.

NOTES PERSONNELLES:

OBJECTIFS PARTICULIERS
(terminaux et intermédiaires)

L'ÉLÈVE APPRENDRA À:

3.3 Illustrer, à l'aide d'un modèle moléculaire, les mouvements possibles des molécules dans les différentes phases de la matière.

PRÉALABLES:

3.2

CONTENUS DE FORMATION:

- **HABILETÉ:** Construction d'un modèle. (E-6)
- **CONNAISSANCE:** Modèle moléculaire de translation, rotation et oscillation de molécules (vibration), éléments historiques. (A-3)
- **ATTITUDE:** Créativité. (H-3)

PLANIFICATION PROPOSÉE:

A. STRATÉGIE D'ENSEIGNEMENT:

Travail individuel, travail en équipe, simulation, travail en laboratoire, plénière.

B. DURÉE: 75 min + temps à la maison.

C. ÉVALUATION: Qualités des simulations.

D. MATÉRIEL: Modèles moléculaires, matériel requis par les manipulations ou démonstrations proposées, documentation.

E. PRÉVENTION: Selon les manipulations et démonstrations proposées.

DOCUMENTS DE RÉFÉRENCE SUGGÉRÉS:

AV-3 à AV-8, AV-10
L-27
V-1, V-4, V-6, V-11

CHEMINEMENT D'APPRENTISSAGE

L'ÉLÈVE:

- 3.3.1 Prend connaissance de représentations mécaniques que se font les scientifiques des mouvements moléculaires dans la matière pour chacune de ses phases.
- 3.3.2 Propose des démonstrations ou des manipulations qui simulent l'existence dans la matière de ces différents mouvements moléculaires.
- 3.3.3 Discute de ces propositions avec ses collègues.
- 3.3.4 Réalise certaines de ces démonstrations ou manipulations.
- 3.3.5 Associe à ces simulations des phénomènes naturels.
- 3.3.6 S'interroge sur la validité de ces simulations pour décrire le comportement de la matière dans des conditions de température et de pression extrêmes (plasmas, zéro kelvin...).
- 3.3.7 Montre, à l'aide de références documentaires, l'apport de Daniel Bernouilli (XVIII^e et XIX^e siècles), de Robert Brown (XVIII^e et XIX^e siècles), de Sadi Carnot (XVIII^e et XIX^e siècles) et de Clausius (XIX^e siècle) dans l'élaboration de la théorie cinétique de la matière.
- 3.3.8 Montre comment Ludwig Boltzmann lança par sa mécanique statique un pont entre les théories classiques du XIX^e siècle et les théories quantiques du XX^e siècle sur l'explication des propriétés de la matière.
- 3.3.9 Commente cette assertion: «L'interprétation d'un phénomène est une représentation abstraite et symbolique correspondant aux théories admises par l'expérimentateur.»
- 3.3.10 Rédige un rapport de ses travaux.

NOTES PERSONNELLES:

TROISIÈME MODULE

RÉACTIONS CHIMIQUES: ÉNERGIE

OBJECTIF DU MODULE: Investiguer, à l'aide de la méthode scientifique, divers changements chimiques pour en découvrir certains effets, pour comprendre les transferts d'énergie qui en résultent et se sensibiliser à leurs impacts sur la société et sur l'environnement.

OBJECTIFS PARTICULIERS
(terminaux et intermédiaires)

L'ÉLÈVE APPRENDRA À:

- 1 Définir des transformations de substances à partir des connaissances acquises au cours de l'étude des variations d'énergie observées durant des changements chimiques et physiques.**
- 1.1 Relever, au cours d'observations de son environnement et en laboratoire, des changements chimiques et physiques qui dégagent plus d'énergie qu'ils n'en absorbent.**

PRÉALABLES:

CONTENUS DE FORMATION:

- **HABILETÉ:** Observation. (B-1)
- **CONNAISSANCE:** Échange d'énergie: dégagement, chaleur. (A-1)
- **ATTITUDE:** Sens de l'émerveillement. (H-3)

PLANIFICATION PROPOSÉE:

A. STRATÉGIE D'ENSEIGNEMENT:

Brainstorming, travail individuel, travail en équipe, démonstration, plénière.

B. DURÉE: 75 min + temps à la maison.

C. ÉVALUATION: Qualités de l'observation du milieu.

D. MATÉRIEL: Selon la dissolution utilisée.

E. PRÉVENTION: Selon la dissolution utilisée.

DOCUMENTS DE RÉFÉRENCE SUGGÉRÉS:

L-2, L-33, L-67, L-68, L-69, L-70, L-71, L-73
V-1, V-8, V-9, V-14, V-15, V-16, V-18, V-23, V-24, V-27, V-29, V-33, V-35, V-37, V-38,
V-50, V-52, V-53, V-54

CHEMINEMENT D'APPRENTISSAGE

L'ÉLÈVE:

- | | |
|-------|---|
| 1.1.0 | Revoit la notion de transfert d'énergie (Écologie 114, Biologie humaine 314 et Biologie générale 534).

Revoit les notions de changement chimique et de changement physique (Sciences physiques 416-436, Module 1-3.2).

Revoit la notion de formes d'énergie (Sciences physiques 416-436, Module 2-6.1). |
| 1.1.1 | Énumère des transformations de la matière, dans son environnement, qui sont accompagnées d'un dégagement d'énergie. |
| 1.1.2 | Ressent l'énergie dégagée au cours d'une dissolution. |
| 1.1.3 | Classe ces transformations en changements chimiques et en changements physiques. |
| 1.1.4 | Associe les transformations énumérées à la forme d'énergie dégagée durant le changement. |
| 1.1.5 | Trouve la forme d'énergie qui est la plus souvent dégagée durant ces transformations de la matière. |
| 1.1.6 | Cherche, parmi les transformations énumérées, celles qui doivent être amorcées par une source d'énergie. |
| 1.1.7 | Décrit brièvement le processus d'une transformation de la matière qui dégage de l'énergie. |

NOTES PERSONNELLES:

OBJECTIFS PARTICULIERS
(terminaux et intermédiaires)

L'ÉLÈVE APPRENDRA À:

- 1.2 Identifier, au cours d'observations de son environnement et en laboratoire, des changements chimiques et physiques qui absorbent plus d'énergie qu'ils n'en dégagent.

PRÉALABLES:

CONTENUS DE FORMATION:

- **HABILETÉ:** Observation. (B-1)
- **CONNAISSANCE:** Échange d'énergie: absorption, chaleur. (A-1)
- **ATTITUDE:** Sens de l'émerveillement. (H-3)

PLANIFICATION PROPOSÉE:

A. STRATÉGIE D'ENSEIGNEMENT:

Brainstorming, travail individuel, travail en équipe, démonstration, plénière.

B. DURÉE: 50 min + temps à la maison.

C. ÉVALUATION: Qualités de la description.

D. MATÉRIEL: Selon la dissolution utilisée.

E. PRÉVENTION: Selon la dissolution utilisée.

DOCUMENTS DE RÉFÉRENCE SUGGÉRÉS:

L-2, L-33, L-67, L-68, L-69, L-70, L-71, L-73
V-1, V-8, V-9, V-14, V-15, V-16, V-18, V-23, V-24, V-27, V-29, V-33, V-35, V-37, V-38,
V-50, V-52, V-53, V-54

CHEMINEMENT D'APPRENTISSAGE

L'ÉLÈVE:

- | | |
|-------|---|
| 1.2.1 | Énumère des transformations de la matière, dans son environnement, qui absorbent de l'énergie. |
| 1.2.2 | Ressent l'énergie absorbée au cours d'une dissolution. |
| 1.2.3 | Classe ces transformations en changements chimiques et en changements physiques. |
| 1.2.4 | Associe chaque transformation énumérée à la forme d'énergie utilisée pour produire le changement. |
| 1.2.5 | Trouve la forme d'énergie qui est la plus souvent utilisée pour produire ces transformations. |
| 1.2.6 | Décrit brièvement le processus d'une transformation de la matière qui absorbe de l'énergie. |
| 1.2.7 | Discute de la possibilité qu'il y ait simultanément absorption et dégagement d'énergie thermique au cours d'une transformation de la matière. |

NOTES PERSONNELLES:

OBJECTIFS PARTICULIERS
(terminaux et intermédiaires)

L'ÉLÈVE APPRENDRA À:

- 1.3 Classer, à la suite de démonstrations et d'expériences, des changements chimiques et physiques en transformations exothermique et endothermique.

PRÉALABLES:

1.1, 1.2

CONTENUS DE FORMATION:

- **HABILETÉ:** Élaboration d'un protocole. (C-4)
- **CONNAISSANCE:** Définitions de transformations exothermique et endothermique. (A-6)
- **ATTITUDE:** Sens de l'interprétation. (H-3)

PLANIFICATION PROPOSÉE:

A. STRATÉGIE D'ENSEIGNEMENT:

Travail en équipe, travail en laboratoire, démonstration, travail individuel, plénière.

B. DURÉE: 175 min + temps à la maison.

C. ÉVALUATION: Qualités de la classification.

D. MATÉRIEL:

Balance, nacelle de pesée, thermomètre, éprouvette 18 mm x 150 mm, eau, Drano, engrais soluble, NaNO_3 , ballon, ficelle, perche de 2 m, allumettes, becher de 100 mL, NH_4SCN , $\text{Ba}(\text{OH})_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$, agitateur, thermomètre, becher de 250 mL, NaCl, ruban de Mg, fil en Cu n° 16, horloge au quartz ou moteur miniature, rétroprojecteur, vase de Pétri, solution de KI 1 mol/L, phénolphthaléine, électrodes en C, source de courant 6 V, fils de connexion avec pinces, documentation.

E. PRÉVENTION: Hydrogène, substances corrosives, verrerie.

DOCUMENTS DE RÉFÉRENCE SUGGÉRÉS:

V-3, V-81

CHEMINEMENT D'APPRENTISSAGE

L'ÉLÈVE:

- | | |
|--------|---|
| 1.3.1 | Observe, au cours de démonstrations, des changements chimiques et physiques qui mettent en jeu de l'énergie thermique. |
| 1.3.2 | Classe les changements observés en changements qui dégagent ou absorbent de l'énergie thermique. |
| 1.3.3 | Compare sa classification avec celle de ses collègues. |
| 1.3.4 | Élabore, à l'aide du matériel disponible, un protocole expérimental pour déterminer si des changements chimiques ou physiques dégagent ou absorbent de l'énergie thermique. |
| 1.3.5 | Compare ses résultats avec ceux de ses collègues. |
| 1.3.6 | Ajoute à sa classification les changements observés. |
| 1.3.7 | Anticipe, pour les changements observés, d'où vient l'énergie dégagée et où va l'énergie absorbée. |
| 1.3.8 | Compare ses anticipations avec celles de ses collègues. |
| 1.3.9 | Propose, à l'aide de l'étymologie, une définition des termes «exothermique» et «endothermique». |
| 1.3.10 | Valide ses définitions à l'aide de références documentaires. |
| 1.3.11 | Trouve à quelle époque les chimistes ont utilisé ces termes pour la première fois. |

NOTES PERSONNELLES:

Cf. annexe IV

OBJECTIFS PARTICULIERS
(terminaux et intermédiaires)

L'ÉLÈVE APPRENDRA À:

- 2 Démontrer, à la suite des travaux scientifiques qu'il a réalisés, les règles qui régissent les transferts d'énergie qui se produisent au cours de réactions chimiques.**
- 2.1 Analyser, à l'aide de mesures et de calculs, des transferts d'énergie thermique qui se produisent durant la formation d'un mélange.**

PRÉALABLES:

1.3

CONTENUS DE FORMATION:

- **HABILETÉ:** Mesure. (B-3)
- **CONNAISSANCE:** Lois des transferts d'énergie: $m_1 c_1 \Delta T_1 = m_2 c_2 \Delta T_2$. (A-8)
- **ATTITUDE:** Confiance en soi. (I-4)

PLANIFICATION PROPOSÉE:

A. STRATÉGIE D'ENSEIGNEMENT:

Brainstorming, travail en équipe, travail en laboratoire, travail individuel, plénière.

B. DURÉE: 125 min + temps à la maison.

C. ÉVALUATION: Qualités du rapport.

D. MATÉRIEL: Verres en polystyrène, cylindre gradué de 100 mL, eau froide, eau chaude, thermomètre, carton gaufré de 15 cm x 15 cm ou couvercles s'adaptant aux verres.

E. PRÉVENTION: Verrerie, chaleur, réutilisation des verres en polystyrène.

DOCUMENTS DE RÉFÉRENCE SUGGÉRÉS:

L-28, L-29
V-13, V-14, V-15, V-16, V-27, V-29
V-34, V-35, V-36, V-37, V-38, V-43, V-44, V-46, V-50
V-52, V-53, V-54, V-56, V-81

CHEMINEMENT D'APPRENTISSAGE

L'ÉLÈVE:

- 2.1.0 Revoit la notion de mélange (Sciences physiques 214, Module 3).
Revoit la notion d'énergie thermique (Sciences physiques 416-436, Module 2-5.2).
- 2.1.1 Énumère des exemples de la vie courante où de l'énergie thermique passe d'une substance à une autre.
- 2.1.2 Propose une description de ce qui se passe au cours de ces transferts d'énergie.
- 2.1.3 Compare sa proposition avec celles de ses collègues.
- 2.1.4 Élabore un protocole expérimental afin de déterminer les quantités d'énergie thermique dégagée et absorbée par chacune des substances au cours d'un mélange.
- 2.1.5 Exécute son protocole.
- 2.1.6 Propose, à partir des résultats expérimentaux, une relation mathématique entre les quantités d'énergie transférées.
- 2.1.7 Discute de sa proposition avec ses collègues.
- 2.1.8 Rédige un rapport de ses travaux.

NOTES PERSONNELLES:

OBJECTIFS PARTICULIERS
(terminaux et intermédiaires)

L'ÉLÈVE APPRENDRA À:

- 2.2 Déterminer, pour une mole de substance, les quantités d'énergie thermique en jeu durant une dissolution qu'il a réalisée en laboratoire.

PRÉALABLES:

2.1

CONTENUS DE FORMATION:

- **HABILETÉ:** Élaboration d'un protocole. (C-4)
- **CONNAISSANCE:** Chaleur massique de dissolution (Δh), chaleur molaire de dissolution (ΔH), techniques de détermination de la valeur de ces grandeurs, capacité thermique (C), capacité thermique molaire (C_m) de l'eau, unités de mesure, application de la 1^{re} loi de la thermodynamique. (A-7)
- **ATTITUDE:** Souci de rigueur. (H-3)

PLANIFICATION PROPOSÉE:

A. STRATÉGIE D'ENSEIGNEMENT:

Travail en équipe, travail en laboratoire, plénière.

B. DURÉE: 150 min + temps à la maison.

C. ÉVALUATION: Qualités du protocole.

D. MATÉRIEL: LiCl, NaNO₃, NaOH_(s), eau, verres en polystyrène, carton gaufré de 15 cm x 15 cm ou couvercles s'adaptant aux verres, thermomètre, nacelle de pesée, balance au $\pm 0,01$ g.

E. PRÉVENTION: Verrerie, substances chimiques, réutilisation des verres en polystyrène.

DOCUMENTS DE RÉFÉRENCE SUGGÉRÉS:

L-26, L-30, L-31, L-32, L-33, L-71
V-81

CHEMINEMENT D'APPRENTISSAGE

L'ÉLÈVE:

- 2.2.0 Revoit la notion de dissolution (Sciences physiques 214, Module 3).
- Revoit la notion de la chaleur massique d'une substance (Sciences physiques 214, Module 4).
- Revoit la notion de dissociation d'un électrolyte (Sciences physiques 416-436, Module 3-2.8).
- Revoit les notions de mole et de masse molaire (Sciences physiques 416-436, Module 3-3.5).
- 2.2.1 Ressent la chaleur dégagée ou absorbée durant une dissolution.
- 2.2.2 Associe la chaleur dégagée ou absorbée à un transfert d'énergie thermique.
- 2.2.3 Détermine, à la suite d'une expérience dont le protocole est proposé, la quantité d'énergie thermique en jeu durant la dissolution d'une quantité de substance.
- 2.2.4 Calcule, à partir de ses résultats, la quantité d'énergie thermique en jeu pour une mole de chacune des substances dissoutes.
- 2.2.5 Associe cette valeur à ce que les chimistes nomment «chaleur molaire de dissolution» ou «chaleur de dissolution».
- 2.2.6 Associe la chaleur molaire de dissolution à une chaleur de réaction.
- 2.2.7 Distingue «chaleur molaire de dissolution» de ce que les chimistes nomment «chaleur massique de dissolution».
- 2.2.8 Rédige un rapport de ses travaux.

NOTES PERSONNELLES:

Cf. annexe IV

OBJECTIFS PARTICULIERS
(terminaux et intermédiaires)

L'ÉLÈVE APPRENDRA À:

- 2.3 Déterminer, pour une mole de substance, la quantité d'énergie en jeu durant une neutralisation qu'il a réalisée en laboratoire.

PRÉALABLES:

2.2

CONTENUS DE FORMATION:

- **HABILETÉ:** Mesure. (B-3)
- **CONNAISSANCE:** Chaleur de neutralisation, chaleur de réaction. (A-3)
- **ATTITUDE:** Souci de rigueur. (H-3)

PLANIFICATION PROPOSÉE:

A. STRATÉGIE D'ENSEIGNEMENT:

Travail en équipe, travail en laboratoire, plénière.

B. DURÉE: 100 min .

C. ÉVALUATION: Qualités de l'interprétation.

D. MATÉRIEL: Verres en polystyrène, cartons de 15 cm x 15 cm ou couvercles s'adaptant aux verres, thermomètres, balance au $\pm 0,01$ g, nacelle de pesée, cylindre gradué de 100 mL, solution de HCl 1,0 mol/L, solution de NaOH 1,0 mol/L.

E. PRÉVENTION: Verrerie, neutralisation des solutions, réutilisation de verres en polystyrène.

DOCUMENTS DE RÉFÉRENCE SUGGÉRÉS:

L-12, L-32
V-81

CHEMINEMENT D'APPRENTISSAGE

L'ÉLÈVE:

- 2.3.0 Se rappelle la nature des produits d'une neutralisation (Sciences physiques 416-436, Module 3-5.4).
- 2.3.1 Ressent la chaleur dégagée ou absorbée durant une neutralisation.
- 2.3.2 Associe la chaleur dégagée ou absorbée à un transfert d'énergie thermique.
- 2.3.3 Détermine, à la suite d'une expérience dont le protocole est proposé, la quantité d'énergie en jeu durant la neutralisation d'une quantité de substance.
- 2.3.4 Calcule, à partir de ses résultats, la quantité d'énergie thermique en jeu pour une mole de chacune des substances neutralisées.
- 2.3.5 Associe cette valeur à ce que les chimistes nomment «chaleur molaire de neutralisation» ou «chaleur de neutralisation».
- 2.3.6 Associe la chaleur de neutralisation à une chaleur de réaction.
- 2.3.7 Distingue «chaleur molaire de neutralisation» de ce que les chimistes nomment «chaleur massique de neutralisation».
- 2.3.8 Ajoute les résultats de ses travaux au rapport commencé en 2.2.

NOTES PERSONNELLES:

Cf. annexe IV

OBJECTIFS PARTICULIERS
(terminaux et intermédiaires)

L'ÉLÈVE APPRENDRA À:

- 2.4 Déterminer la chaleur de réaction d'une suite de transformations chimiques qu'il a réalisées en laboratoire.

PRÉALABLES:

2.3

CONTENUS DE FORMATION:

- **HABILETÉ:** Généralisation. (D-6)
- **CONNAISSANCE:** Loi de Germain Henri Hess. (A-8)
- **ATTITUDE:** Sens de l'émerveillement. (H-3)

PLANIFICATION PROPOSÉE:

A. STRATÉGIE D'ENSEIGNEMENT:

Travail en équipe, travail en laboratoire, plénière.

B. DURÉE: 100 min .

C. ÉVALUATION: Souci de rigueur dans la mesure.

D. MATÉRIEL: Verres en polystyrène, cartons 15 cm x 15 cm ou couvercles s'adaptant aux verres, thermomètres, balance au $\pm 0,01$ g, nacelle de pesée, cylindre gradué de 100 mL, eau, $\text{NaOH}_{(s)}$, solution de HCl 1,0 mol/L.

E. PRÉVENTION: Verrerie, neutralisation des solutions, réutilisation des verres en polystyrène.

DOCUMENTS DE RÉFÉRENCE SUGGÉRÉS:

L-29, L-30, L-31
V-81

CHEMINEMENT D'APPRENTISSAGE

L'ÉLÈVE:

- | | |
|--------|---|
| 2.4.1 | Prévoit, à partir des résultats obtenus en 2.2 et 2.3, la chaleur de la réaction globale des deux transformations chimiques successives. |
| 2.4.2 | Compare sa prévision avec celles de ses collègues. |
| 2.4.3 | Élabore un protocole expérimental pour vérifier la prévision retenue. |
| 2.4.4 | Exécute son protocole. |
| 2.4.5 | Compare ses résultats avec la prévision retenue, en respectant la règle des chiffres significatifs. |
| 2.4.6 | Compare ses résultats avec la somme algébrique des chaleurs de réaction déterminées en 2.2 et 2.3. |
| 2.4.7 | Illustre ses résultats à l'aide d'un schéma. |
| 2.4.8 | Compare ses résultats avec ceux de Germain Henri Hess. |
| 2.4.9 | Propose, à l'aide d'équations chimiques, une représentation des réactions réalisées. |
| 2.4.10 | Ajoute, à chacune des équations chimiques, la chaleur de réaction. |
| 2.4.11 | Interprète ces équations en fonction de la chaleur globale des réactions. |
| 2.4.12 | Décrit, à l'aide de références documentaires, l'utilité de la proposition de Hess pour déterminer des chaleurs de réaction. |
| 2.4.13 | Démontre, à l'aide de références documentaires, que les travaux commencés par Lavoisier (XVIII ^e siècle) et repris par H. Hess (XIX ^e siècle) en Russie, P.-A. Fabre et J. T. Silberman en France, sont à l'origine de la thermochimie. |
| 2.4.14 | Ajoute les résultats de ses travaux au rapport commencé en 2.2 et 2.3. |

NOTES PERSONNELLES:

Cf. annexe IV

OBJECTIFS PARTICULIERS
(terminaux et intermédiaires)

L'ÉLÈVE APPRENDRA À:

- 2.5 Déterminer la chaleur de formation d'une substance, à la suite d'une séquence de transformations chimiques dont les chaleurs de réaction sont déterminées expérimentalement ou à l'aide d'un vade-mecum.

PRÉALABLES:

2.4

CONTENUS DE FORMATION:

- **HABILETÉ:** Généralisation. (F-1)
- **CONNAISSANCE:** Chaleur de formation d'une substance, application de la loi de Hess. (A-7)
- **ATTITUDE:** Sens de l'intégration des connaissances. (F-1)

PLANIFICATION PROPOSÉE:

A. STRATÉGIE D'ENSEIGNEMENT:

Démonstration, travail en équipe, travail en laboratoire, travail individuel, plénière.

B. DURÉE: 200 min .

C. ÉVALUATION: Qualités du protocole.

D. MATÉRIEL: Verres en polystyrène, cartons de 15 cm x 15 cm ou couvercles s'adaptant aux verres, thermomètre, brûleur, balance au $\pm 0,01$ g, nacelle de pesée, cylindre gradué de 50 mL, agitateur, HCl 1,0 mol/L, MgO, Mg, papier d'émeri.

E. PRÉVENTION: Verrerie, neutralisation des solutions, réutilisation des verres en polystyrène.

DOCUMENTS DE RÉFÉRENCE SUGGÉRÉS:

V-52, V-54, V-81

CHEMINEMENT D'APPRENTISSAGE

L'ÉLÈVE:

- | | |
|--------|--|
| 2.5.0 | Revoit la présentation de réactions chimiques sous la forme d'équations équilibrées (Sciences physiques 416-436, Module 3-5.4). |
| 2.5.1 | Observe, au cours d'une démonstration, la formation d'une substance. |
| 2.5.2 | Traduit, sous la forme d'une équation chimique équilibrée, la formation de la substance. |
| 2.5.3 | Discute des difficultés de déterminer expérimentalement la chaleur de formation de cette substance. |
| 2.5.4 | Propose une séquence de réactions chimiques qui lui permettra de former la même substance. |
| 2.5.5 | Identifie parmi les réactions proposées celles qu'il peut réaliser expérimentalement. |
| 2.5.6 | Élabore un protocole expérimental pour déterminer les chaleurs de réaction des transformations identifiées. |
| 2.5.7 | Trouve dans un vade-mecum les autres chaleurs de réaction. |
| 2.5.8 | Calcule, à l'aide des résultats obtenus, en respectant la règle des chiffres significatifs, la chaleur de formation de la substance. |
| 2.5.9 | Compare le résultat obtenu avec ceux de ses collègues. |
| 2.5.10 | Discute de la possibilité de généraliser le concept de chaleur de réaction à toute transformation de la matière. |
| 2.5.11 | S'informe de techniques utilisées par les scientifiques pour déterminer des valeurs de chaleur de réaction inscrites dans un vade-mecum. |
| 2.5.12 | Prend conscience que la connaissance d'un phénomène se construit souvent par la somme des connaissances parcellaires du phénomène. |

NOTES PERSONNELLES:

Cf. annexe IV

OBJECTIFS PARTICULIERS
(terminaux et intermédiaires)

L'ÉLÈVE APPRENDRA À:

- 2.6 Utiliser ses savoirs sur les transferts d'énergie thermique en solutionnant des problèmes, des exercices numériques et graphiques.

PRÉALABLES:

2.1, 2.2, 2.3, 2.4, 2.5

CONTENUS DE FORMATION:

- **HABILETÉ:** Interprétation des données. (D-1)
 - **CONNAISSANCE:** Techniques de calcul relatives à la calorimétrie. (A-7)
 - **ATTITUDE:** Souci de rigueur. (H-3)

PLANIFICATION PROPOSÉE:

A. STRATÉGIE D'ENSEIGNEMENT:

Travail individuel, travail en équipe, travail en laboratoire, simulation, plénière.

B. DURÉE: 250 min + temps à la maison.

C. ÉVALUATION: Techniques de résolution de problèmes.

D. MATÉRIEL: Selon les situations-problèmes proposées, calculatrice (facultatif).

E. PRÉVENTION: Selon les situations-problèmes proposées.

DOCUMENTS DE RÉFÉRENCE SUGGÉRÉS:

AV-11
L-23, L-34

CHEMINEMENT D'APPRENTISSAGE

L'ÉLÈVE:

- | | |
|-------|---|
| 2.6.1 | Identifie, dans des situations-problèmes proposées, les données utiles à leur résolution. |
| 2.6.2 | Associe les unités pertinentes aux grandeurs physiques utilisées dans les situations-problèmes. |
| 2.6.3 | Utilise correctement les opérateurs mathématiques dans la résolution des situations-problèmes. |
| 2.6.4 | Vérifie la plausibilité de la solution à l'aide du traitement des unités. |
| 2.6.5 | Vérifie la plausibilité de la solution par l'ordre de grandeur. |
| 2.6.6 | Vérifie, s'il y a lieu, la plausibilité de la solution à l'aide d'une expérience ou d'une simulation. |
| 2.6.7 | Présente la solution la plus élégante. |

NOTES PERSONNELLES:

OBJECTIFS PARTICULIERS
(terminaux et intermédiaires)

L'ÉLÈVE APPRENDRA À:

- 3** Décrire des transferts d'énergie qui se produisent au cours de réactions chimiques à l'aide d'un modèle analogique qu'il s'est donné.
- 3.1 Associer l'enthalpie d'une substance aux énergies internes de mouvement et de position de ses molécules.

PRÉALABLES:

Module 2-2.2, 3.2, 3.3, Module 3-1.3, 2.4

CONTENUS DE FORMATION:

- **HABILETÉ:** Construction d'un modèle. (E-2)
- **CONNAISSANCE:** Enthalpie d'une substance, énergie chimique. (A-3)
- **ATTITUDE:** Esprit critique. (H-3)

PLANIFICATION PROPOSÉE:

A. STRATÉGIE D'ENSEIGNEMENT:

Brainstorming, démonstration, travail en équipe, travail individuel, plénière.

B. DURÉE: 75 min .

C. ÉVALUATION: Qualités de la représentation.

D. MATÉRIEL: Documentation, modèle moléculaire dimensionnel, élastique, ressort, trappe à souris, marteau, pièce de métal.

E. PRÉVENTION: Protection du matériel et de l'équipement de laboratoire.

DOCUMENTS DE RÉFÉRENCE SUGGÉRÉS:

AV-10, AV-11, AV-12
L-35

CHEMINEMENT D'APPRENTISSAGE

L'ÉLÈVE:

- | | |
|-------|---|
| 3.1.0 | Revoit la notion de transformation d'énergie (Sciences physiques 416-436, Module 2-6.1). |
| 3.1.1 | Représente, à l'aide d'un modèle moléculaire, une substance donnée. |
| 3.1.2 | Observe, au cours d'une démonstration, des mouvements et des déformations d'un modèle représentant une molécule. |
| 3.1.3 | Associe les énergies dues aux mouvements, aux oscillations et aux positions des composantes du modèle moléculaire à l'énergie interne de la molécule représentée. |
| 3.1.4 | Compare sa représentation de l'énergie interne d'une molécule à ce que les scientifiques nomment «enthalpie». |
| 3.1.5 | Associe l'enthalpie d'une substance à de l'énergie chimique. |

NOTES PERSONNELLES:

OBJECTIFS PARTICULIERS
(terminaux et intermédiaires)

L'ÉLÈVE APPRENDRA À:

3.2 Associer la chaleur de réaction d'une transformation chimique à des variations de l'enthalpie des réactants et de l'enthalpie des produits.

PRÉALABLES:

3.1

CONTENUS DE FORMATION:

- **HABILETÉ:** Généralisation. (F-1)
- **CONNAISSANCE:** Variation d'enthalpie, chaleur de réaction. (A-3)
- **ATTITUDE:** Sens de l'intégration des connaissances. (H-3)

PLANIFICATION PROPOSÉE:

A. STRATÉGIE D'ENSEIGNEMENT:

Travail en équipe, travail en laboratoire, plénière.

B. DURÉE: 50 min .

C. ÉVALUATION: Qualités des anticipations.

D. MATÉRIEL: Modèle moléculaire dimensionnel.

E. PRÉVENTION: Protection du matériel et de l'équipement de laboratoire.

DOCUMENTS DE RÉFÉRENCE SUGGÉRÉS:

CHEMINEMENT D'APPRENTISSAGE

L'ÉLÈVE:

- | | |
|-------|--|
| 3.2.0 | Revoit la notion de formule moléculaire (Sciences physiques 416-436, Module 1-6.1). |
| 3.2.1 | Anticipe le comportement des composantes (atomes) d'une molécule au cours d'une réaction chimique donnée. |
| 3.2.2 | Compare son anticipation avec celles de ses collègues. |
| 3.2.3 | Propose, à l'aide du modèle moléculaire utilisé en 3.1, une représentation de la réaction chimique donnée. |
| 3.2.4 | Compare sa proposition avec celles de ses collègues. |
| 3.2.5 | Illustre, à l'aide d'un schéma, la représentation retenue. |
| 3.2.6 | Indique sur son schéma le sens du transfert d'énergie. |
| 3.2.7 | Décrit, en fonction de la variation de l'enthalpie des réactants et des produits, le transfert d'énergie. |
| 3.2.8 | Associe le transfert d'énergie durant la réaction à une chaleur de réaction. |

NOTES PERSONNELLES:

OBJECTIFS PARTICULIERS
(terminaux et intermédiaires)

L'ÉLÈVE APPRENDRA À:

- 3.3 Illustrer, à la suite des démonstrations et au moyen de graphiques, la variation de l'enthalpie des substances en jeu dans une réaction chimique endothermique et dans une réaction chimique exothermique.

PRÉALABLES:

1.3, 3.2

CONTENUS DE FORMATION:

- **HABILETÉ:** Interprétation des données. (E-1)
- **CONNAISSANCE:** Énergie d'activation, réversibilité d'une réaction. (A-2)
- **ATTITUDE:** Sens de l'interprétation. (H-3)

PLANIFICATION PROPOSÉE:

A. STRATÉGIE D'ENSEIGNEMENT:

Démonstration, travail en équipe, plénière.

B. DURÉE: 100 min .

C. ÉVALUATION: Qualités de l'interprétation des données.

D. MATÉRIEL: Erlenmeyers de 1000 mL, bouchons à 2 trous, tubes en verre de 30 cm, tubes en verre de 10 cm, tube en plastique transparent de 45 cm, tubes en plastique de 15 cm, supports universels, pince pour burette, eau colorée, modèles de molécules, documentation.

E. PRÉVENTION: Verrerie.

DOCUMENTS DE RÉFÉRENCE SUGGÉRÉS:

L-34
V-35, V-81

CHEMINEMENT D'APPRENTISSAGE

L'ÉLÈVE:

- | | |
|-------|---|
| 3.3.1 | Observe, au cours d'une démonstration, un modèle analogique qui simule une réaction exothermique et une réaction endothermique. |
| 3.3.2 | Associe l'énergie de position de la substance qui représente le réactant dans le modèle à l'enthalpie d'une substance réagissante dans une transformation chimique. |
| 3.3.3 | Traduit ses observations sous forme d'un graphique de la variation de l'enthalpie de la substance réagissante et de la substance produite en fonction du temps. |
| 3.3.4 | Interprète le graphique en fonction de l'énergie d'activation de la réaction. |
| 3.3.5 | Formule une hypothèse pour expliquer, à l'aide du modèle observé, la réversibilité de réactions chimiques données. |
| 3.3.6 | Énumère des exemples de la vie courante où une transformation chimique directe et une transformation chimique inverse se produisent simultanément. |
| 3.3.7 | Décrit, à l'aide du modèle analogique utilisé en 3.3.1, un des exemples énumérés. |
| 3.3.8 | Discute de l'utilité d'un modèle analogique pour représenter un phénomène chimique. |

NOTES PERSONNELLES:

OBJECTIFS PARTICULIERS
(terminaux et intermédiaires)

L'ÉLÈVE APPRENDRA À:

3.4 Expliquer, à l'aide du concept d'énergie, la présence et la transformation de substances de son environnement.

PRÉALABLES:

1.3, 3.3

CONTENUS DE FORMATION:

- **HABILETÉ:** Perception d'un problème. (C-1)
- **CONNAISSANCE:** Justifications de la présence et de l'utilisation de substances chimiques dans son environnement (H_2 , O_2 , H_2O , SiO_2 , Si...). (A-1)
- **ATTITUDE:** Sens de l'intégration des connaissances. (I-1)

PLANIFICATION PROPOSÉE:

A. STRATÉGIE D'ENSEIGNEMENT:

Travail individuel, travail en équipe, plénière.

B. DURÉE: 100 min + temps à la maison.

C. ÉVALUATION: Qualités de l'argumentation.

D. MATÉRIEL: Documentation.

E. PRÉVENTION: Ne s'applique pas.

DOCUMENTS DE RÉFÉRENCE SUGGÉRÉS:

R-21, R-29, R-34, R-37, R-40, R-44

CHEMINEMENT D'APPRENTISSAGE

L'ÉLÈVE:

- | | |
|-------|--|
| 3.4.1 | Énumère, à l'aide de références documentaires, les éléments et les composés les plus abondants sur la Terre. |
| 3.4.2 | Explique, à l'aide de ses connaissances sur le comportement de l'énergie durant une réaction chimique, la présence naturelle ou artificielle de certains de ces éléments et de leurs composés. |
| 3.4.3 | Précise des utilisations de ces substances. |
| 3.4.4 | Justifie, à l'aide de ses connaissances sur le comportement de l'énergie durant une réaction chimique, certaines de ces utilisations. |

NOTES PERSONNELLES:

OBJECTIFS PARTICULIERS
(terminaux et intermédiaires)

L'ÉLÈVE APPRENDRA À:

- 4 Illustrer des relations entre le développement et l'utilisation des connaissances relatives à l'énergie en jeu dans une réaction chimique, les sciences de la nature, la technologie, la société et l'environnement en réalisant une étude d'impact.**
- 4.1** Illustrer, à partir de références documentaires, des relations de cause à effet entre le développement et l'utilisation des connaissances relatives à l'énergie en jeu dans une réaction chimique et les sociétés à travers les âges.

PRÉALABLES:

1, 2, 3

CONTENUS DE FORMATION:

- **HABILETÉ:** Interprétation des données. (D-4)
- **CONNAISSANCE:** Relations entre les sociétés et le développement des connaissances scientifiques sur l'énergie chimique. (A-1)
- **ATTITUDE:** Conscience «constructiviste». (I-3)

PLANIFICATION PROPOSÉE:

A. STRATÉGIE D'ENSEIGNEMENT:

Brainstorming, travail en équipe, travail individuel, plénière.

B. DURÉE: 50 min + temps à la maison.

C. ÉVALUATION: Qualités des interprétations.

D. MATÉRIEL: Documentation.

E. PRÉVENTION: Ne s'applique pas.

DOCUMENTS DE RÉFÉRENCE SUGGÉRÉS:

AV-13, AV-14, AV-38
R-39, R-40, R-41, R-42, R-43, R-44, R-45, R-46, R-47, R-48, R-52, R-59, R-79, R-83, R-84, R-91
V-1, V-4, V-6, V-7, V-8, V-11, V-16, V-18, V-20, V-22, V-25, V-41, V-44, V-46, V-49, V-80, V-81, V-82, V-83, V-84, V-85, V-86, V-87, V-88, V-89, V-90, V-93, V-94, V-95

CHEMINEMENT D'APPRENTISSAGE

L'ÉLÈVE:

- 4.1.0 Revoit des notions d'histoire des sciences et des techniques (Histoire générale 214, IAT 314, Histoire du Québec et du Canada 414).
- 4.1.1 Énumère des travaux des anciens qui ont eu pour effet de permettre le développement des connaissances scientifiques relatives à l'énergie chimique.
- 4.1.2 Relate, à l'aide de références documentaires, des travaux de scientifiques (Brown, Hess, Helmholtz, Kelvin, Julius Thomson, Berthelot, Maxwell, Dewar, Nobel, Moissan, Linde) qui ont contribué au développement des connaissances scientifiques relatives à l'énergie chimique.
- 4.1.3 Inscrit dans un recueil collectif d'information le compte rendu de sa recherche.
- 4.1.4 Précise des influences du développement des connaissances relatives à l'énergie chimique sur les sociétés à travers les âges.
- 4.1.5 Imagine des réalisations technologiques futures relatives à l'énergie chimique.
- 4.1.6 Discute des influences de l'évolution sociale sur le développement des connaissances et des réalisations technologiques relatives à l'énergie chimique.

NOTES PERSONNELLES:

OBJECTIFS PARTICULIERS
(terminaux et intermédiaires)

L'ÉLÈVE APPRENDRA À:

- ** 4.2** Illustrer, à partir d'observations de phénomènes et de références documentaires, des relations de cause à effet entre le développement et l'utilisation des connaissances relatives à l'énergie en jeu dans une réaction chimique et la qualité de vie.

PRÉALABLES:

4.1

CONTENUS DE FORMATION:

- **HABILETÉ:** Généralisation. (F-1)
- **CONNAISSANCE:** Répercussions du développement de la technologie relative à l'énergie chimique sur la qualité de vie (santé, confort, accès aux biens de consommation...). (A-1)
- **ATTITUDE:** Sens des responsabilités. (H-7)

PLANIFICATION PROPOSÉE:

A. STRATÉGIE D'ENSEIGNEMENT:

Brainstorming, travail en équipe, travail individuel, plénière.

B. DURÉE: 100 min + temps à la maison.

C. ÉVALUATION: Qualités des anticipations.

D. MATÉRIEL: Documentation.

E. PRÉVENTION: Ne s'applique pas.

DOCUMENTS DE RÉFÉRENCE SUGGÉRÉS:

AV-13, AV-14

R-39, R-40, R-41, R-42, R-43, R-44, R-45, R-46, R-47, R-48, R-52, R-59, R-79, R-83, R-84
V-1, V-4, V-6, V-7, V-8, V-11, V-16, V-18, V-20, V-22, V-25, V-41, V-44, V-46, V-49, V-80,
V-81, V-82, V-83, V-84, V-85, V-86, V-87, V-88, V-89, V-90, V-93, V-94, V-95

CHEMINEMENT D'APPRENTISSAGE

L'ÉLÈVE:

- | | |
|-------|---|
| 4.2.1 | Énumère des réalisations technologiques relatives à l'énergie chimique qui ont pu influencer la qualité de vie des humains à travers les âges. |
| 4.2.2 | Classe les réalisations technologiques énumérées d'après leurs avantages et leurs inconvénients. |
| 4.2.3 | Anticipe des effets de futures réalisations technologiques relatives à l'énergie chimique sur la qualité de vie. |
| 4.2.4 | Discute des influences du niveau de vie sur le développement des connaissances et des réalisations technologiques relatives à l'énergie chimique. |
| 4.2.5 | Rédige une courte communication de ses travaux. |

NOTES PERSONNELLES:

OBJECTIFS PARTICULIERS
(terminaux et intermédiaires)

L'ÉLÈVE APPRENDRA À:

- 4.3 Illustrer, à partir d'observations de phénomènes et de références documentaires, des relations de cause à effet entre le développement et l'utilisation des connaissances relatives à l'énergie en jeu dans une réaction chimique et l'environnement naturel et construit.

PRÉALABLES:

4.1

CONTENUS DE FORMATION:

- **HABILETÉ:** Organisation des données. (D-1)
- **CONNAISSANCE:** Effets du développement de réalisations technologiques relatives à l'énergie en jeu dans les réactions chimiques sur l'environnement, évolution de la conscience «environnementale». (A-1)
- **ATTITUDE:** Sens des responsabilités (environnement). (H-7)

PLANIFICATION PROPOSÉE:

A. STRATÉGIE D'ENSEIGNEMENT:

Brainstorming, travail en équipe, travail individuel, sortie, plénière.

B. DURÉE: 50 min + temps à la maison.

C. ÉVALUATION: Qualités des moyens proposés.

D. MATÉRIEL: Documentation.

E. PRÉVENTION: Règles usuelles de sécurité au cours d'une sortie.

DOCUMENTS DE RÉFÉRENCE SUGGÉRÉS:

AV-13, AV-14, AV-38

L-75

R-39, R-40, R-41, R-42, R-43, R-44, R-45, R-46, R-47, R-48, R-52, R-59, R-79, R-83, R-84, R-91

V-1, V-4, V-6, V-7, V-8, V-11, V-16, V-18, V-20, V-22, V-25, V-41, V-44, V-46, V-49, V-80, V-81, V-82, V-83, V-84, V-85, V-86, V-87, V-88, V-89, V-90, V-93, V-94, V-95

Figure 1

L'ÉLÈVE:

- | | |
|-------|--|
| 4.3.1 | Énumère des réalisations technologiques relatives à l'énergie chimique qui ont des effets sur l'environnement. |
| 4.3.2 | Classe les réalisations technologiques énumérées d'après leurs avantages et leurs inconvénients. |
| 4.3.3 | Propose des moyens pour réduire les effets néfastes de réalisations technologiques jugées nuisibles pour l'environnement. |
| 4.3.4 | Estime la faisabilité des moyens proposés. |
| 4.3.5 | Anticipe des effets de futures réalisations technologiques relatives à l'énergie chimique sur l'environnement. |
| 4.3.6 | Discute des influences de l'évolution de la conscience «environnementale» sur la recherche et le développement des connaissances et des technologies relatives à l'énergie chimique. |
| 4.3.7 | Inscrit dans un recueil collectif d'information le compte rendu de sa recherche. |

NOTES PERSONNELLES:



OBJECTIFS PARTICULIERS
(terminaux et intermédiaires)

L'ÉLÈVE APPRENDRA À:

- 4.4 Démontrer, à l'aide de références documentaires, le rôle du Québec dans la recherche et le développement des connaissances sur l'énergie en jeu dans une réaction chimique.

PRÉALABLES:

4.3

CONTENUS DE FORMATION:

- **HABILETÉ:** Perception d'un problème. (C-1)
- **CONNAISSANCE:** Institut de recherche sur les combustibles au Québec, produits combustibles québécois, fabrication de l'hydrogène, conséquences sociales et économiques. (A-1)
- **ATTITUDE:** Sentiment d'appartenance. (H-7)

PLANIFICATION PROPOSÉE:

A. STRATÉGIE D'ENSEIGNEMENT:

Travail individuel, travail en équipe, plénière.

B. DURÉE: 75 min + temps à la maison.

C. ÉVALUATION: Qualités de la communication.

D. MATÉRIEL: Documentation.

E. PRÉVENTION: Ne s'applique pas.

DOCUMENTS DE RÉFÉRENCE SUGGÉRÉS:

V-31, V-32

CHEMINEMENT D'APPRENTISSAGE

L'ÉLÈVE:

- 4.4.1 Énumère, à l'aide de références documentaires, des recherches de pointe relatives à l'énergie chimique effectuées dans le monde.
- 4.4.2 Relève, parmi ces recherches, celles qui sont effectuées au Québec.
- 4.4.3 Nomme des entreprises et des établissements québécois qui collaborent au développement des connaissances sur l'énergie chimique.
- 4.4.4 Décrit au moins une recherche ou un travail effectué par une entreprise ou un établissement québécois sur l'énergie chimique.
- 4.4.5 Inscrit sa description dans un recueil collectif d'information.

NOTES PERSONNELLES:

[illegible]

OBJECTIFS PARTICULIERS
(terminaux et intermédiaires)

L'ÉLÈVE APPRENDRA À:

**** 4.5** Identifier, à l'aide de références documentaires, des professions associées au développement des connaissances relatives à l'énergie en jeu dans une réaction chimique.

PRÉALABLES:

1, 2 et 3

CONTENUS DE FORMATION:

- **HABILETÉ:** Généralisation. (F-2)
- **CONNAISSANCE:** Professions associées au développement des connaissances sur l'énergie chimique. (A-6)
- **ATTITUDE:** Sens de l'émerveillement. (H-6)

PLANIFICATION PROPOSÉE:

A. STRATÉGIE D'ENSEIGNEMENT:

Brainstorming, travail en équipe, travail individuel, visite, entrevue.

B. DURÉE: 50 min + temps à la maison.

C. ÉVALUATION: Qualités de la description.

D. MATÉRIEL: Documentation.

E. PRÉVENTION: Ne s'applique pas.

DOCUMENTS DE RÉFÉRENCE SUGGÉRÉS:

L-76
R-91
V-104, V-106

CHEMINEMENT D'APPRENTISSAGE

L'ÉLÈVE:

- | | |
|-------|---|
| 4.5.0 | Revoit les documents d'information sur les carrières (Éducation au choix de carrière 111, 211, 311, 411, 511). |
| 4.5.1 | Énumère des professions associées au développement des connaissances et à l'utilisation de l'énergie chimique. |
| 4.5.2 | Décrit, à l'aide de références documentaires ou à la suite d'entrevues, au moins une des professions énumérées. |
| 4.5.3 | Rédige un rapport de sa recherche. |

NOTES PERSONNELLES:

OBJECTIFS PARTICULIERS
(terminaux et intermédiaires)

L'ÉLÈVE APPRENDRA À:

- 4.6 Décrire, à l'aide de références documentaires, des utilisations par l'humain de l'énergie chimique à des fins récréatives.

PRÉALABLES:

1.3

CONTENUS DE FORMATION:

- **HABILETÉ:** Généralisation. (F-3)
- **CONNAISSANCE:** Utilisation de l'énergie chimique à des fins récréatives. (A-1)
- **ATTITUDE:** Sens de l'émerveillement. (H-3)

PLANIFICATION PROPOSÉE:

A. STRATÉGIE D'ENSEIGNEMENT:

Brainstorming, travail individuel, travail en équipe, travail en laboratoire, plénière.

B. DURÉE: 75 min .

C. ÉVALUATION: Qualité des tests.

D. MATÉRIEL: Documentation, brûleur Bunsen, allumettes, tige en verre munie d'un fil en platine ou en nichrome, solutions 1 mol/L de sels (NaCl, KCl, NiCl₂, CuCl₂...).

E. PRÉVENTION: Protection de l'environnement, chaleur, sels de métaux lourds.

DOCUMENTS DE RÉFÉRENCE SUGGÉRÉS:

- | | |
|-------|--|
| 4.6.1 | Énumère des utilisations de l'énergie chimique à des fins récréatives. |
| 4.6.2 | Identifie des conséquences sociales et environnementales de telles utilisations. |
| 4.6.3 | Décrit le fonctionnement d'une invention technologique permettant l'utilisation de l'énergie chimique à des fins récréatives. |
| 4.6.4 | Teste, en laboratoire, les couleurs que donnent différentes substances chimiques sous la flamme. |
| 4.6.5 | Reconnaît des substances chimiques à la couleur qu'elles produisent sous la flamme. |
| 4.6.6 | Vérifie, à l'aide de références documentaires, quelles substances colorantes utilisent les artificières et les artificiers pour produire leurs spectacles. |

This image shows a completely blank white page. It is surrounded by a thick black border, which appears to be the edge of a scanner or a frame. There are no markings, text, or illustrations on the page itself.

QUATRIÈME MODULE
RÉACTIONS CHIMIQUES: VITESSE DE RÉACTION

OBJECTIF DU MODULE: Investiguer, à l'aide de la méthode scientifique, divers changements chimiques pour identifier les facteurs qui influencent leur vitesse de réaction, comprendre leurs modes d'action et se sensibiliser à leurs impacts sur la société et sur l'environnement.

OBJECTIFS PARTICULIERS
(terminaux et intermédiaires)

L'ÉLÈVE APPRENDRA À:

- 1 Décrire des changements chimiques de son environnement à l'aide de vitesses de réaction qu'il a observées et mesurées.**
- 1.1 Comparer des changements que subissent des substances présentes dans son environnement, selon la vitesse de leur réalisation.**

PRÉALABLES:

CONTENUS DE FORMATION:

- **HABILETÉ:** Perception d'un problème. (C-1)
- **CONNAISSANCE:** Vitesse de changements chimiques, arbitraire d'une classification. (A-5)
- **ATTITUDE:** Conscience «constructiviste». (I-2)

PLANIFICATION PROPOSÉE:

- A. STRATÉGIE D'ENSEIGNEMENT:**
Brainstorming, travail individuel, plénière.
- B. DURÉE:** 50 min .
- C. ÉVALUATION:** Qualités de la classification.
- D. MATÉRIEL:** Ne s'applique pas.
- E. PRÉVENTION:** Ne s'applique pas.

DOCUMENTS DE RÉFÉRENCE SUGGÉRÉS:

L-2, L-24, L-33, L-67, L-68, L-69, L-70, L-71
V-4, V-8, V-9, V-13, V-14, V-19, V-23, V-24, V-26, V-27, V-33, V-34, V-35, V-36, V-37,
V-38, V-40, V-41, V-42, V-52, V-53, V-54, V-55, V-56
R-20, R-28, R-31, R-33, R-35, R-36, R-57, R-88, R-89

CHEMINEMENT D'APPRENTISSAGE

L'ÉLÈVE:

- | | |
|-------|---|
| 1.1.0 | Revoit la notion de changement chimique (Sciences physiques 416-436, Module 1-3.2). |
| 1.1.1 | Énumère des changements chimiques se produisant dans son environnement. |
| 1.1.2 | Décrit en ses propres mots ces changements, en prenant en considération les substances en présence (réactants, produits). |
| 1.1.3 | Série ces changements en fonction de leur vitesse de réalisation (vitesse de réaction). |
| 1.1.4 | Détermine, parmi ces changements, ceux qui sont lents, moyens, rapides, explosifs. |
| 1.1.5 | Discute de l'arbitraire et de la subjectivité de cette classification. |

NOTES PERSONNELLES:

OBJECTIFS PARTICULIERS
(terminaux et intermédiaires)

L'ÉLÈVE APPRENDRA À:

1.2 Mesurer, en suivant le protocole qu'il a élaboré, la vitesse d'une réaction chimique.

PRÉALABLES:

1.1

CONTENUS DE FORMATION:

- **HABILETÉ:** Mesure. (B-5)
- **CONNAISSANCE:** Définition de la vitesse d'une réaction, techniques de mesure de la vitesse de réaction d'une transformation, unités. (A-7)
- **ATTITUDE:** Sens du problème. (H-3)

PLANIFICATION PROPOSÉE:

A. STRATÉGIE D'ENSEIGNEMENT:

Brainstorming, travail en équipe, travail en laboratoire, travail individuel, plénière.

B. DURÉE: 150 min + temps à la maison.

C. ÉVALUATION: Qualités des manipulations.

D. MATÉRIEL: Mg, solution de HCl, 0,5 mol/L, chronomètre, balance au $\pm 0,01$ g, nacelle de pesée, éprouvette 18 mm x 150 mm, bouchon à un trou, tube en verre de 10 cm, tube en caoutchouc de 50 cm, cylindre gradué de 10 mL, burette à gaz de 50 mL, becher de 400 mL, seringue de 10 mL, eau, erlenmeyer de 125 mL, bouchon à 2 trous, entonnoir à décantation, tube en verre coudé de 20 cm, tube en caoutchouc de 30 cm, manomètre à liquide, support universel, pince pour burette, pHmètre ou papier pH, thermomètre.

E. PRÉVENTION: Verrerie, substances chimiques.

DOCUMENTS DE RÉFÉRENCE SUGGÉRÉS:

L-36, L-37
V-40, V-81

CHEMINEMENT D'APPRENTISSAGE

L'ÉLÈVE:

- | | |
|-------|--|
| 1.2.0 | Revoit l'équation générale représentant la réaction entre un métal et un acide (Sciences physiques 416-436, Module 3-2.1 et 5.4).

Revoit la théorie de la dissociation des substances ioniques en solution aqueuse (Sciences physiques 416-436, Module 3-2.8).

Revoit la relation entre la masse et la mole (Sciences physiques 416-436, Module 3-3.5).

Revoit la relation entre le volume occupé par un gaz et la mole (Sciences physiques 416-436, Module 2-1.6). |
| 1.2.1 | Propose des moyens de mesurer la vitesse de réaction d'un changement chimique. |
| 1.2.2 | Élabore, à partir du matériel disponible, un protocole expérimental permettant de mesurer la vitesse de réaction d'un changement chimique. |
| 1.2.3 | Ajoute ses résultats dans un tableau collectif. |
| 1.2.4 | Discute des différences entre les résultats. |
| 1.2.5 | Rédige un rapport de ses travaux. |

NOTES PERSONNELLES:

OBJECTIFS PARTICULIERS
(terminaux et intermédiaires)

L'ÉLÈVE APPRENDRA À:

- 2 Analyser les facteurs capables d'influencer la vitesse des réactions chimiques qu'il a découverts au cours de ses travaux scientifiques.**
- 2.1 Identifier, à l'aide d'expériences dont les protocoles sont proposés, des facteurs capables d'influencer la vitesse d'une combustion.

PRÉALABLES:

1.2

CONTENUS DE FORMATION:

- **HABILETÉ:** Perception d'un problème. (C-1)
- **CONNAISSANCE:** Définitions de: combustion, combustible, carburant, comburant. Triangle de feu. Moyens utilisés pour modifier la vitesse de combustion. Rôle antagoniste. Rôle inhibiteur. (A-3)
- **ATTITUDE:** Sens de l'interprétation. (H-3)

PLANIFICATION PROPOSÉE:

A. STRATÉGIE D'ENSEIGNEMENT:

Brainstorming, travail en équipe, travail en laboratoire, démonstration, travail individuel, plénière.

B. DURÉE: 175 min .

C. ÉVALUATION: Qualités des explications.

D. MATÉRIEL: Allumettes et frottoir, éprouvettes 18 mm x 150 mm, pince à éprouvette, cylindre gradué de 10 mL, eau de chaux, papier chlorure de cobalt, brûleur à alcool ou briquet au butane, becher 1000 mL, glace, bougie, erlenmeyer de 1000 mL, bouchon, O_2 , CO_2 , ruban de Mg, pince à creuset, pièces de tissu de 10 cm x 10 cm, solution de H_3BO_3 1 mol/L, bunsen, documentation.

E. PRÉVENTION: Feu, verrerie.

DOCUMENTS DE RÉFÉRENCE SUGGÉRÉS:

AV-15, AV-16
L-24, L-37, L-38
V-3, V-50, V-81

CHEMINEMENT D'APPRENTISSAGE

L'ÉLÈVE:

- 2.1.1 Énumère des exemples de combustion se produisant dans l'environnement.
- 2.1.2 Définit, à l'aide d'un dictionnaire ou d'une encyclopédie, les termes «combustible», «carburant» et «comburant».
- 2.1.3 Décrit en ses propres termes le processus de combustion.
- 2.1.4 Distingue, à l'aide d'un exemple de combustion, le carburant, le comburant et des produits de la combustion.
- 2.1.5 Énumère, à l'aide de références documentaires, des substances pouvant agir comme comburant de différents carburants.
- 2.1.6 Trouve, au cours d'expériences dont les protocoles sont proposés, les conditions pour qu'il y ait combustion.
- 2.1.7 Associe ces conditions à la représentation d'une combustion par le triangle de feu.
- 2.1.8 Constate, au cours d'une démonstration, l'influence de la variation de chacune des conditions sur la combustion.
- 2.1.9 Associe les variations des conditions à la vitesse de la combustion.
- 2.1.10 Explique, à l'aide du triangle de feu, le rôle de divers moyens utilisés pour combattre un incendie.
- 2.1.11 Propose des moyens pour prévenir les incendies dans son environnement.

NOTES PERSONNELLES:

Cf. annexe IV

OBJECTIFS PARTICULIERS
(terminaux et intermédiaires)

L'ÉLÈVE APPRENDRA À:

- 2.2 Déterminer, à l'aide d'expériences dont les protocoles sont proposés, l'effet de facteurs qui influencent la vitesse d'une réaction chimique.

PRÉALABLES:

1.1, 2.1

CONTENUS DE FORMATION:

- **HABILETÉ:** Perception d'un problème. (C-1)
- **CONNAISSANCE:** Effet des facteurs qui influencent la vitesse d'une réaction chimique, définition de catalyseur, activité catalytique. (A-1)
- **ATTITUDE:** Créativité. (F-2)

PLANIFICATION PROPOSÉE:

A. STRATÉGIE D'ENSEIGNEMENT:

Brainstorming, travail en équipe, travail en laboratoire, travail individuel, simulation, plénière.

B. DURÉE: 225 min + temps à la maison.

C. ÉVALUATION: Capacité de reconnaître l'effet d'un facteur.

D. MATÉRIEL: Bouteille compte-gouttes, flacon laveur, cylindre gradué, éprouvettes, bechers, bouchons, thermomètre, chronomètre, balance, plaque chauffante, éclisses de bois, acide oléique, acide stéarique, HCl 0,5 mol/L et 1,0 mol/L, solution de KIO_3 , solution d'amidon, différents catalyseurs (métaux, oxydes de métaux...), NaHSO_3 , tartrate double de K et de Na, CoCl_2 , H_2O_2 3 % et 6 %, ruban de Mg, Mg en poudre..., documentation.

E. PRÉVENTION: Chaleur, verrerie, substances chimiques.

DOCUMENTS DE RÉFÉRENCE SUGGÉRÉS:

AV-18
L-32, L-37, L-39 À L-42
R-53, R-54
V-26, V-35, V-81

CHEMINEMENT D'APPRENTISSAGE

L'ÉLÈVE:

- 2.2.1 Propose des facteurs capables de faire varier la vitesse de réaction d'un changement chimique.
- 2.2.2 Compare ses propositions avec celles de ses collègues.
- 2.2.3 Discute, avec ses collègues, de l'effet de chacun des facteurs retenus sur la vitesse de réaction d'un changement chimique.
- 2.2.4 Vérifie, à l'aide d'une expérience dont le protocole est fourni, l'effet d'un des facteurs retenus.
- 2.2.5 Ajoute le résultat de ses observations à un tableau de compilation collectif.
- 2.2.6 Suggère, après une analyse des résultats inscrits dans le tableau de compilation collectif, des applications pratiques qui exploitent les facteurs influençant la vitesse d'une réaction chimique.
- 2.2.7 Illustre, par des exemples de la vie quotidienne, des situations ou des phénomènes qui s'expliquent par l'un ou l'autre des facteurs qui influencent la vitesse d'une réaction chimique.
- 2.2.8 Rédige un rapport de ses travaux.

NOTES PERSONNELLES:

Cf. annexe IV

OBJECTIFS PARTICULIERS
(terminaux et intermédiaires)

L'ÉLÈVE APPRENDRA À:

- 2.3 Illustrer, à l'aide d'un modèle analogique, l'effet de facteurs qui influencent la vitesse d'une réaction chimique.

PRÉALABLES:

Module 3-3.3, Module 4-2.2

CONTENUS DE FORMATION:

- **HABILETÉ:** Construction d'un modèle. (E-6)
- **CONNAISSANCE:** Modèle explicatif (théorie des collisions), graphique de la distribution de l'énergie cinétique moléculaire, graphique de la variation de l'enthalpie, énergie moléculaire minimale. (A-9)
- **ATTITUDE:** Esprit critique. (H-3)

PLANIFICATION PROPOSÉE:

A. STRATÉGIE D'ENSEIGNEMENT:

Brainstorming, démonstration, travail en équipe, travail individuel, plénière.

B. DURÉE: 200 min + temps à la maison.

C. ÉVALUATION: Capacité de modéliser.

D. MATÉRIEL: Lance-projectiles, projectiles, écran mobile, papier carbone, papier graphique.

E. PRÉVENTION: Projectiles.

DOCUMENTS DE RÉFÉRENCE SUGGÉRÉS:

AV-10
L-39, L-40, L-41, L-42
R-31, R-36

CHEMINEMENT D'APPRENTISSAGE

L'ÉLÈVE:

- | | |
|--------|---|
| 2.3.1 | Anticipe l'effet de chacun des facteurs déterminés en 2.2 sur la vitesse des molécules des réactants et des produits au cours d'une réaction chimique. |
| 2.3.2 | Compare son anticipation avec celles de ses collègues. |
| 2.3.3 | Observe, au cours d'une simulation, les traces d'un essaim de particules lancées vers un écran en mouvement. |
| 2.3.4 | Illustre, à l'aide d'un graphique, la distribution des particules de l'essaim sur la cible. |
| 2.3.5 | Associe la distribution des particules de l'essaim à la distribution des énergies de déplacement des particules. |
| 2.3.6 | Discute de l'effet d'un des facteurs déterminés en 2.2 sur l'essaim. |
| 2.3.7 | Illustre l'effet prévu de ce facteur sur le comportement des particules de l'essaim. |
| 2.3.8 | Trace un graphique de la distribution prévue des particules de l'essaim sur la cible. |
| 2.3.9 | Compare ses prévisions avec celles de ses collègues. |
| 2.3.10 | Réalise la simulation de l'effet de ce facteur sur le comportement des particules de l'essaim. |
| 2.3.11 | Confronte les prévisions retenues aux résultats de la simulation. |
| 2.3.12 | Corrige son graphique, s'il y a lieu. |
| 2.3.13 | Reprend le même cheminement pour chacun des autres facteurs. |
| 2.3.14 | Associe les grandeurs physiques caractéristiques de l'essaim de particules aux caractéristiques d'une réaction soumise aux mêmes facteurs. |
| 2.3.15 | Discute de l'importance, en chimie, de l'utilisation de phénomènes physiques pour illustrer des propriétés de la matière et en construire un modèle explicatif. |
| 2.3.16 | Rédige un rapport de ses travaux. |

NOTES PERSONNELLES:

OBJECTIFS PARTICULIERS
(terminaux et intermédiaires)

L'ÉLÈVE APPRENDRA À:

- ** 2.4** Déterminer, à la suite d'expériences, l'influence de l'aire de contact et de la concentration des réactants sur la vitesse d'une réaction chimique.

PRÉALABLES:

Module 3-3.2, Module 4-2.3

CONTENUS DE FORMATION:

- **HABILETÉ:** Interprétation des données. (E-2)
- **CONNAISSANCE:** Relation entre la vitesse d'une réaction et les facteurs capables de l'influencer. (A-5)
- **ATTITUDE:** Sens de l'interprétation. (H-3)

PLANIFICATION PROPOSÉE:

A. STRATÉGIE D'ENSEIGNEMENT:

Travail en équipe, travail en laboratoire, travail individuel, plénière.

B. DURÉE: 200 min + temps à la maison.

C. ÉVALUATION: Qualités de l'interprétation.

D. MATÉRIEL: Éprouvette 18 mm x 150 mm, bouchon à un trou, Mg en ruban, papier d'émeri, cylindre gradué de 10 mL, solution de HCH_3CO_2 1,0 mol/L et 0,50 mol/L, tube en caoutchouc, seringue en verre de 10 mL, support universel, pince pour burette, chronomètre.

E. PRÉVENTION: Verrerie, substances chimiques.

DOCUMENTS DE RÉFÉRENCE SUGGÉRÉS:

V-81

CHEMINEMENT D'APPRENTISSAGE

L'ÉLÈVE:

- 2.4.0 Revoit la théorie de dissociation ionique (Sciences physiques 436, Module 3-2.8).
- 2.4.1 Anticipe l'effet d'une variation d'aire d'un solide sur la vitesse d'une réaction chimique.
- 2.4.2 Anticipe l'effet d'une variation de concentration d'une solution sur la vitesse d'une réaction chimique.
- 2.4.3 Justifie ses anticipations.
- 2.4.4 Élabore, à l'aide du matériel disponible, un protocole expérimental pour vérifier ses anticipations.
- 2.4.5 Exécute son protocole.
- 2.4.6 Ajoute ses résultats à un tableau de compilation collectif.
- 2.4.7 Compare les résultats obtenus à ses prévisions.
- 2.4.8 Rédige un rapport de ses travaux.

NOTES PERSONNELLES:

OBJECTIFS PARTICULIERS
(terminaux et intermédiaires)

L'ÉLÈVE APPRENDRA À:

- 3 Illustrer des relations entre le développement et l'utilisation des connaissances relatives à la vitesse des réactions chimiques, les sciences de la nature, la technologie, la société et l'environnement en réalisant une étude d'impact.**
- 3.1 Illustrer, à partir de références documentaires, des relations de cause à effet entre le développement et l'utilisation des connaissances relatives à la vitesse des réactions chimiques et les sociétés à travers les âges.

PRÉALABLES:

1, 2

CONTENUS DE FORMATION:

- **HABILETÉ:** Interprétation des données. (D-4)
- **CONNAISSANCE:** Relations entre le développement des connaissances scientifiques sur la vitesse des réactions chimiques et les sociétés. (A-1)
- **ATTITUDE:** Conscience «constructiviste». (I-3)

PLANIFICATION PROPOSÉE:

A. STRATÉGIE D'ENSEIGNEMENT:

Brainstorming, travail en équipe, travail individuel, plénière.

B. DURÉE: 50 min + temps à la maison.

C. ÉVALUATION: Qualités des interprétations.

D. MATÉRIEL: Documentation.

E. PRÉVENTION: Ne s'applique pas.

DOCUMENTS DE RÉFÉRENCE SUGGÉRÉS:

AV-13, AV-14, AV-17

L-25, L-43

R-39, R-40, R-41, R-42, R-43, R-44, R-45, R-46, R-47, R-48, R-52, R-56, R-57, R-59, R-79, R-83, R-84, R-91

V-1, V-4, V-6, V-7, V-8, V-9, V-11, V-13, V-16, V-18, V-19, V-20, V-22, V-24, V-25, V-31, V-32, V-41, V-44, V-46, V-49, V-51, V-55, V-80, V-81, V-82, V-83, V-84, V-85, V-86, V-87, V-88, V-89, V-90, V-93, V-94, V-95

CHEMINEMENT D'APPRENTISSAGE

L'ÉLÈVE:

- | | |
|-------|---|
| 3.1.0 | Revoit des notions d'histoire des sciences et des techniques (Histoire générale 214, IAT 314, Histoire du Québec et du Canada 414). |
| 3.1.1 | Énumère des travaux des anciens qui ont eu pour effet de permettre le développement des connaissances scientifiques relatives à la vitesse des réactions chimiques. |
| 3.1.2 | Relate, à l'aide de références documentaires, des travaux de scientifiques qui ont contribué au développement des connaissances scientifiques relatives à la vitesse des réactions chimiques. |
| 3.1.3 | Inscrit dans un recueil collectif d'information le compte rendu de sa recherche. |
| 3.1.4 | Identifie des influences du développement des connaissances relatives à la vitesse des réactions chimiques sur les sociétés à travers les âges (santé, armement, contrôle des cultures...). |
| 3.1.5 | Commente l'appel désespéré de Thomas Hood durant la famine des années 1840: «Seigneur, pourquoi le pain si cher
Quand coûtent si peu sang et chair?» |
| 3.1.6 | Imagine des réalisations technologiques futures relatives à la vitesse des réactions chimiques. |
| 3.1.7 | Discute des influences de l'évolution sociale sur le développement des connaissances et des réalisations technologiques relatives à la vitesse des réactions chimiques. |

NOTES PERSONNELLES:

OBJECTIFS PARTICULIERS
(terminaux et intermédiaires)

L'ÉLÈVE APPRENDRA À:

- ** 3.2** Illustrer, à partir d'observations de phénomènes et de références documentaires, des relations de cause à effet entre le développement et l'utilisation des connaissances relatives à la vitesse des réactions chimiques et la qualité de vie.

PRÉALABLES:

3.1

CONTENUS DE FORMATION:

- **HABILETÉ:** Généralisation. (F-1)
- **CONNAISSANCE:** Répercussions du développement de la technologie relative à la vitesse des réactions chimiques sur la qualité de vie (santé, confort, accès aux biens de consommation...), influences de la société. (A-1)
- **ATTITUDE:** Conscience «constructiviste». (I-4)

PLANIFICATION PROPOSÉE:

A. STRATÉGIE D'ENSEIGNEMENT:

Brainstorming, travail en équipe, travail individuel, plénière.

B. DURÉE: 100 min + temps à la maison.

C. ÉVALUATION: Qualités des anticipations.

D. MATÉRIEL: Documentation.

E. PRÉVENTION: Ne s'applique pas.

DOCUMENTS DE RÉFÉRENCE SUGGÉRÉS:

AV-13, AV-14, AV-17

L-25, L-43

R-39, R-40, R-41, R-42, R-43, R-44, R-45, R-46, R-47, R-48, R-52, R-56, R-57, R-59, R-79, R-83, R-84

V-1, V-4, V-6, V-7, V-8, V-9, V-11, V-13, V-16, V-18, V-19, V-20, V-22, V-24, V-25, V-31, V-32, V-41, V-44, V-46, V-49, V-51, V-55, V-80, V-81, V-82, V-83, V-84, V-85, V-86, V-87, V-88, V-89, V-90, V-93, V-94, V-95

CHEMINEMENT D'APPRENTISSAGE

L'ÉLÈVE:

- | | |
|-------|---|
| 3.2.1 | Énumère des réalisations technologiques relatives à la vitesse des réactions chimiques qui ont pu influencer la qualité de vie à travers les âges. |
| 3.2.2 | Classe les réalisations technologiques énumérées d'après leurs avantages et leurs inconvénients. |
| 3.2.3 | Anticipe des effets de futures réalisations technologiques relatives à la vitesse des réactions chimiques sur la qualité de vie. |
| 3.2.4 | Discute des influences du niveau de vie sur le développement des connaissances et des réalisations technologiques relatives à la vitesse des réactions chimiques. |
| 3.2.5 | Rédige une courte communication de ses travaux. |

NOTES PERSONNELLES:

OBJECTIFS PARTICULIERS
(terminaux et intermédiaires)

L'ÉLÈVE APPRENDRA À:

- 3.3 Illustrer, à partir d'observations de phénomènes et de références documentaires, des relations de cause à effet entre le développement et l'utilisation des connaissances relatives à la vitesse des réactions chimiques et l'environnement naturel et construit.

PRÉALABLES:

3.1

CONTENUS DE FORMATION:

- **HABILETÉ:** Organisation des données. (D-1)
- **CONNAISSANCE:** Effets du développement de réalisations technologiques relatives à la vitesse des réactions chimiques sur l'environnement, évolution de la conscience «environnementale». (A-1)
- **ATTITUDE:** Sens des responsabilités (environnement). (H-7)

PLANIFICATION PROPOSÉE:

A. STRATÉGIE D'ENSEIGNEMENT:

Brainstorming, travail en équipe, travail individuel, sortie, plénière.

B. DURÉE: 50 min + temps à la maison.

C. ÉVALUATION: Qualités des moyens proposés.

D. MATÉRIEL: Documentation.

E. PRÉVENTION: Règles usuelles de sécurité au cours d'une sortie.

DOCUMENTS DE RÉFÉRENCE SUGGÉRÉS:

L-75

CHEMINEMENT D'APPRENTISSAGE

L'ÉLÈVE:

- | | |
|-------|--|
| 3.3.1 | Énumère des réalisations technologiques relatives à la vitesse des réactions chimiques qui ont des effets sur l'environnement. |
| 3.3.2 | Classe les réalisations technologiques énumérées d'après leurs avantages et leurs inconvénients. |
| 3.3.3 | Propose des moyens pour réduire les effets néfastes de réalisations technologiques jugées nuisibles pour l'environnement. |
| 3.3.4 | Estime la faisabilité des moyens proposés. |
| 3.3.5 | Anticipe des effets de futures réalisations technologiques relatives à la vitesse des réactions chimiques sur l'environnement. |
| 3.3.6 | Discute des influences de l'évolution de la conscience «environnementale» sur la recherche et le développement des connaissances et des technologies relatives à la vitesse des réactions chimiques. |
| 3.3.7 | Inscrit dans un recueil collectif d'information le compte rendu de sa recherche. |

NOTES PERSONNELLES:

OBJECTIFS PARTICULIERS
(terminaux et intermédiaires)

L'ÉLÈVE APPRENDRA À:

- ** 3.4** Démontrer, à l'aide de références documentaires, le rôle du Québec dans la recherche et le développement des connaissances sur la vitesse des réactions chimiques.

PRÉALABLES:

3.3

CONTENUS DE FORMATION:

- **HABILETÉ:** Perception d'un problème. (C-1)
- **CONNAISSANCE:** Institut de recherche sur les combustibles au Québec, produits combustibles québécois, conséquences sociales et économiques. (A-1)
- **ATTITUDE:** Sentiment d'appartenance. (H-7)

PLANIFICATION PROPOSÉE:

A. STRATÉGIE D'ENSEIGNEMENT:

Travail individuel, travail en équipe, plénière.

- B. DURÉE:** 75 min + temps à la maison.
- C. ÉVALUATION:** Qualités de la communication.
- D. MATÉRIEL:** Documentation.
- E. PRÉVENTION:** Ne s'applique pas.

DOCUMENTS DE RÉFÉRENCE SUGGÉRÉS:

V-31, V-32

CHEMINEMENT D'APPRENTISSAGE

L'ÉLÈVE:

- 3.4.1 Énumère, à l'aide de références documentaires, des recherches de pointe relatives à la vitesse des réactions chimiques effectuées dans le monde.
- 3.4.2 Relève, parmi ces recherches, celles qui sont effectuées au Québec.
- 3.4.3 Nomme des entreprises et des établissements québécois qui collaborent au développement des connaissances sur la vitesse des réactions chimiques.
- 3.4.4 Décrit au moins une recherche ou un travail effectué par une entreprise ou un établissement québécois sur la vitesse des réactions chimiques.
- 3.4.5 Inscrit sa description dans un recueil collectif d'information.

NOTES PERSONNELLES:

OBJECTIFS PARTICULIERS
(terminaux et intermédiaires)

L'ÉLÈVE APPRENDRA À:

- ** 3.5** Identifier, à l'aide de références documentaires, des professions associées au développement des connaissances relatives à la vitesse des réactions chimiques.

PRÉALABLES:

CONTENUS DE FORMATION:

- **HABILETÉ:** Généralisation. (F-2)
- **CONNAISSANCE:** Professions associées au développement des connaissances sur l'énergie chimique. (A-6)
- **ATTITUDE:** Sens de l'émerveillement. (H-6)

PLANIFICATION PROPOSÉE:

A. STRATÉGIE D'ENSEIGNEMENT:

Travail en équipe, travail individuel, visite, entrevue.

B. DURÉE: 50 min + temps à la maison.

C. ÉVALUATION: Qualités de la description.

D. MATÉRIEL: Documentation.

E. PRÉVENTION: Ne s'applique pas.

DOCUMENTS DE RÉFÉRENCE SUGGÉRÉS:

L-76
R-91
V-104, V-106

L'ÉLÈVE:

- | | |
|-------|---|
| 3.5.0 | Revoit les documents d'information sur les carrières (Éducation au choix de carrière 111, 211, 311, 411, 511). |
| 3.5.1 | Énumère des professions associées au développement des connaissances sur la vitesse des réactions chimiques. |
| 3.5.2 | Décrit, à l'aide de références documentaires ou à la suite d'entrevues, au moins une des professions énumérées. |
| 3.5.3 | Rédige un rapport de sa recherche. |

NOTES PERSONNELLES:

CINQUIÈME MODULE

RÉACTIONS CHIMIQUES: ÉQUILIBRE

OBJECTIF DU MODULE: Investiguer, à l'aide de la méthode scientifique, divers changements chimiques pour identifier les facteurs qui influencent leur état d'équilibre, comprendre leurs modes d'action, découvrir des applications technologiques et se sensibiliser à leurs impacts sur la société et sur l'environnement.

OBJECTIFS PARTICULIERS
(terminaux et intermédiaires)

L'ÉLÈVE APPRENDRA À:

- 1 Analyser qualitativement le comportement de systèmes chimiques qu'il a soumis à des facteurs influençant leur état d'équilibre.**
- 1.1 Distinguer, à la suite d'observations du comportement macroscopique de la matière, une réaction chimique se produisant en milieu fermé d'une réaction chimique se produisant en milieu ouvert.**

PRÉALABLES:

Module 3-2

CONTENUS DE FORMATION:

- **HABILETÉ:** Observation. (B-1)
- **CONNAISSANCE:** Définitions des: réaction complète, système ouvert, système fermé, système en équilibre. (A-3)
- **ATTITUDE:** Sens de l'interprétation. (H-3)

PLANIFICATION PROPOSÉE:

A. STRATÉGIE D'ENSEIGNEMENT:

Travail en équipe, travail en laboratoire, travail individuel, plénière.

B. DURÉE: 100 min + temps à la maison.

C. ÉVALUATION: Qualités des propositions.

D. MATÉRIEL: Bouteilles de boisson gazeuse, capsule, cylindre gradué de 100 mL, eau, comprimé d'Alka Seltzer.

E. PRÉVENTION: Verrerie, gaz sous pression.

DOCUMENTS DE RÉFÉRENCE SUGGÉRÉS:

AV-19
L-44, L-45
R-36
V-50, V-52, V-53, V-54, V-81

CHEMINEMENT D'APPRENTISSAGE

L'ÉLÈVE:

- | | |
|-------|--|
| 1.1.0 | Revoit la notion de systèmes (Écologie 114, Sciences physiques 214, Biologie humaine 314). |
| 1.1.1 | Prévoit le comportement de la matière au cours d'une même réaction chimique se produisant dans un milieu fermé puis dans un milieu ouvert. |
| 1.1.2 | Discute de ses prévisions avec ses collègues. |
| 1.1.3 | Élabore, en tenant compte du matériel disponible, un protocole expérimental pour vérifier les prévisions retenues. |
| 1.1.4 | Propose, à partir de ses observations, une définition d'une réaction complète, d'un système fermé, d'un système ouvert et d'un système en équilibre. |
| 1.1.5 | Compare ses propositions avec celles de ses collègues. |
| 1.1.6 | Confronte, à l'aide de références documentaires, les propositions retenues avec celles généralement acceptées. |
| 1.1.7 | Illustre, par des exemples de la vie quotidienne, des applications de systèmes ouverts, de systèmes fermés et de systèmes en équilibre. |
| 1.1.8 | Imagine des procédés industriels exploitant les concepts de système ouvert, de système fermé et de système en équilibre. |
| 1.1.9 | Rédige un rapport de ses travaux. |

NOTES PERSONNELLES:

OBJECTIFS PARTICULIERS
(terminaux et intermédiaires)

L'ÉLÈVE APPRENDRA À:

- 1.2 Déterminer, à la suite d'expériences, l'effet de divers facteurs sur l'état d'équilibre d'un système chimique.

PRÉALABLES:

Module 2-2.2, Module 4-2.2, Module 5-1.1

CONTENUS DE FORMATION:

- **HABILETÉ:** Observation. (B-1)
- **CONNAISSANCE:** Influences de la concentration, de la température, de la durée de la réaction et de la pression sur l'équilibre chimique. Principe de Le Chatelier. (A-8)
- **ATTITUDE:** Sens du problème. (H-3)

PLANIFICATION PROPOSÉE:

A. STRATÉGIE D'ENSEIGNEMENT:

Travail individuel, travail en équipe, travail en laboratoire, plénière.

B. DURÉE: 150 min + temps à la maison.

C. ÉVALUATION: Qualités du protocole.

D. MATÉRIEL: Solution de KSCN 0,002 mol/L, solution de $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3$ 0,20 mol/L, eau distillée, cylindre gradué de 50 mL, éprouvettes de 18 mm x 150 mm, bouteille compte-gouttes, solution de Fe^{3+} 0,20 mol/L, cristal de FeCl_3 , cristal de KSCN, cristal de Na_2HPO_4 , acide nitrique, tige de verre, bechers de 250 mL, cubes de glace, plaque chauffante, NO_2 , tube dessiccateur contenant du CaCl_2 , sac en plastique, seringue de 20 mL, bouche-seringue vissant.

E. PRÉVENTION: Verrerie, chaleur, gaz toxique.

DOCUMENTS DE RÉFÉRENCE SUGGÉRÉS:

L-23, L-37, L-46, L-49
V-35, V-52, V-53, V-81

CHEMINEMENT D'APPRENTISSAGE

L'ÉLÈVE:

- | | |
|--------|---|
| 1.2.0 | Revoit la notion de stoechiométrie (Sciences physiques 416-436, Module 3-5.6). |
| 1.2.1 | Anticipe des facteurs qui influencent l'équilibre d'un système chimique. |
| 1.2.2 | Compare ses anticipations avec celles de ses collègues. |
| 1.2.3 | Prévoit l'effet de chacun des facteurs retenus sur la concentration des substances chimiques et sur le sens du déplacement de l'état d'équilibre. |
| 1.2.4 | Représente ses prévisions à l'aide d'équations chimiques. |
| 1.2.5 | Élabore des protocoles expérimentaux pour vérifier ses prévisions. |
| 1.2.6 | Discute de ses protocoles avec ses collègues. |
| 1.2.7 | Compare les résultats expérimentaux avec ses prévisions. |
| 1.2.8 | Formule une hypothèse pour expliquer les résultats retenus. |
| 1.2.9 | Discute de son hypothèse avec ses collègues. |
| 1.2.10 | Compare l'hypothèse retenue avec la généralisation énoncée par Henry Louis Le Chatelier (XIX ^e et XX ^e siècles): «Si l'on tend à modifier les conditions d'un système en équilibre, il réagit de façon à s'opposer, en partie, aux changements qu'on lui impose.» |
| 1.2.11 | Prend conscience, en se référant aux hypothèses énoncées précédemment, d'une attitude nommée «animisme» (fin du XIX ^e siècle) qui consistait à attribuer une âme aux choses. |

NOTES PERSONNELLES:

Cf. annexe IV

OBJECTIFS PARTICULIERS
(terminaux et intermédiaires)

L'ÉLÈVE APPRENDRA À:

- 1.3 Prédire, à l'aide du principe de Le Chatelier, l'effet de divers facteurs sur la concentration des substances et sur le sens du déplacement de l'état d'équilibre d'un système chimique.

PRÉALABLES:

1.2

CONTENUS DE FORMATION:

- **HABILETÉ:** Généralisation. (F-2)
- **CONNAISSANCE:** Techniques d'application du principe de Le Chatelier, applications naturelles et technologiques. (A-10)
- **ATTITUDE:** Sens de l'intégration des connaissances. (F-2)

PLANIFICATION PROPOSÉE:

A. STRATÉGIE D'ENSEIGNEMENT:

Travail en laboratoire, travail individuel, plénière, simulation.

B. DURÉE: 150 min + temps à la maison.

C. ÉVALUATION: Techniques d'application du principe de Le Chatelier.

D. MATÉRIEL: Selon la situation à vérifier en laboratoire, documentation.

E. PRÉVENTION: Selon la situation à vérifier en laboratoire.

DOCUMENTS DE RÉFÉRENCE SUGGÉRÉS:

AV-19, AV-20, AV-21, AV-22
L-36, L-44, L-45, L-46, L-48, L-49
R-81
V-50, V-52, V-53, V-54, V-88, V-89, V-90

CHEMINEMENT D'APPRENTISSAGE

L'ÉLÈVE:

- | | |
|-------|--|
| 1.3.1 | Applique, par le traitement d'équations, le principe de Le Chatelier à la prédiction de l'effet de la température sur la concentration des substances chimiques de systèmes en équilibre utilisés dans l'industrie ou observés dans la nature. |
| 1.3.2 | Indique, pour chaque système, le sens de la réaction pour l'atteinte du nouvel état d'équilibre. |
| 1.3.3 | Refait, pour chaque système, le cheminement 1.3.1 et 1.3.2 pour l'effet d'un changement de la concentration d'une des substances réagissantes. |
| 1.3.4 | Refait le cheminement 1.3.1 et 1.3.2 pour l'effet de la pression exercée sur un système gazeux, en tenant compte des nombres de molécules des substances réagissantes et produites. |
| 1.3.5 | Compare ses prédictions avec celles de ses collègues. |
| 1.3.6 | Compare, à l'aide de références documentaires, les prédictions retenues avec les procédés utilisés dans l'industrie ou avec les moyens observés dans la nature. |
| 1.3.7 | Vérifie, s'il y a lieu, à l'aide d'une expérience ou d'une simulation, une des situations retenues. |
| 1.3.8 | Rédige un rapport de ses travaux. |

NOTES PERSONNELLES:

OBJECTIFS PARTICULIERS
(terminaux et intermédiaires)

L'ÉLÈVE APPRENDRA À:

- 1.4 Illustrer, à partir de références documentaires, des relations entre l'utilisation de richesses naturelles par l'humain, l'équilibre physique et l'équilibre biologique de la planète.

PRÉALABLES:

1.3

CONTENUS DE FORMATION:

- **HABILETÉ:** Généralisation. (F-2)
- **CONNAISSANCE:** Effets de l'utilisation des pesticides, de la diminution de O_3 , de l'augmentation de CO_2 , de l'effet de serre, de l'augmentation de la population, de la diminution des ressources naturelles, de la disparition de diverses espèces (humain)... (A-1)
- **ATTITUDE:** Sens des responsabilités. (H-8)

PLANIFICATION PROPOSÉE:

A. STRATÉGIE D'ENSEIGNEMENT:

Brainstorming, travail en équipe, travail individuel, plénière.

B. DURÉE: 75 min + temps à la maison.

C. ÉVALUATION: Qualités de l'argumentation.

D. MATÉRIEL: Documentation.

E. PRÉVENTION: Ne s'applique pas.

DOCUMENTS DE RÉFÉRENCE SUGGÉRÉS:

AV-23, AV-24, AV-25
R-37, R-40, R-42, R-44, R-45, R-48
V-1, V-8, V-9, V-13, V-21, V-36, V-37, V-38, V-43, V-51, V-55, V-56, V-82, V-83, V-84,
V-85, V-86, V-87, V-88, V-89, V-90, V-98, V-99, V-100, V-101, V-102, V-107

CHEMINEMENT D'APPRENTISSAGE

L'ÉLÈVE:

- 1.4.0 Revoit la notion d'équilibre dans la nature (Écologie 114, Module 4).
- 1.4.1 Énumère des utilisations de substances qui ont une incidence sur l'état d'équilibre de la planète.
- 1.4.2 Décrit l'impact de l'utilisation d'une de ces substances sur l'état d'équilibre de la planète.
- 1.4.3 Anticipe, à l'aide de références documentaires, les conséquences de l'augmentation de la population humaine sur la consommation des richesses naturelles, sur l'équilibre physique et sur l'équilibre biologique de la planète.
- 1.4.4 Anticipe des solutions aux conséquences de l'augmentation de la population humaine.
- 1.4.5 Discute de ces anticipations avec ses collègues.
- 1.4.6 Distingue, parmi les solutions retenues, celles à caractère individuel de celles à caractère collectif.
- 1.4.7 Prend connaissance de la vision de Rachel Carson sur l'état d'équilibre de la planète.
- 1.4.8 Formule une réponse à la question de Barbara Ward: «Avons-nous le courage, la vision et la volonté nécessaire pour modeler de nouveaux rapports dans la communauté humaine, afin que les hommes puissent vivre productivement dans l'environnement naturel dont ils dépendent?»

NOTES PERSONNELLES:

OBJECTIFS PARTICULIERS (terminaux et intermédiaires)

L'ÉLÈVE APPRENDRA À:

- 2 Analyser quantitativement, à la suite d'expériences ou à partir de valeurs données, l'état d'équilibre de divers systèmes chimiques.
- 2.1 Représenter, à la suite d'une expérience et à l'aide d'un modèle moléculaire, l'aspect microscopique dynamique d'un système en équilibre pour en comprendre le fonctionnement.

PRÉALABLES:

Module 3-3.3, Module 5-1.1

CONTENUS DE FORMATION:

- **HABILETÉ:** Perception d'un problème. (C-1)
- **CONNAISSANCE:** Conditions d'équilibre d'un système, convention pour représenter une réaction réversible pouvant atteindre l'équilibre. (A-3)
- **ATTITUDE:** Conscience «constructiviste». (H-2)

PLANIFICATION PROPOSÉE:

A. STRATÉGIE D'ENSEIGNEMENT:

Brainstorming, démonstration, travail en laboratoire, travail en équipe, plénière, simulation.

B. DURÉE: 150 min .

C. ÉVALUATION: Qualités de l'hypothèse.

D. MATÉRIEL: Bechers de 100 mL, de 250 mL et de 1000 mL, éprouvettes 13 mm x 100 mm, 2 cylindres gradués de 25 mL, entonnoir, papier-filtre, support à entonnoir, support universel, bouteilles compte-gouttes, solution de $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$ 1,0 mol/L (saturée), solution de Na_2CO_3 1,0 mol/L, solution de CaCl_2 (anhydre) 1,0 mol/L, solution de Na_2SO_4 (anhydre) 1 mol/L, CaSO_4 , NaCl , eau distillée, verre en plastique transparent, documentation.

E. PRÉVENTION: Verrerie, chaleur, substances chimiques.

DOCUMENTS DE RÉFÉRENCE SUGGÉRÉS:

AV-20
L-44, L-45, L-46, L-47
V-50, V-52, V-53, V-54, V-80, V-81

CHEMINEMENT D'APPRENTISSAGE

L'ÉLÈVE:

- 2.1.0 Revoit les qualités d'un modèle (Sciences physiques 416-436, Module 1-4.2).
Revoit la technique pour déterminer la charge des ions (Sciences physiques 416-436, Module 3-2.6).
- 2.1.1 Observe, au cours d'une démonstration, un système qui illustre la réversibilité simultanée d'un phénomène.
- 2.1.2 Énumère des phénomènes réversibles de son environnement dont les processus inverses se produisent simultanément.
- 2.1.3 Réalise, en suivant le protocole expérimental proposé, une réaction de précipitation dans un système fermé.
- 2.1.4 Représente, à l'aide d'équations ioniques, la réaction réalisée.
- 2.1.5 Justifie sa représentation.
- 2.1.6 Réalise, au cours d'une expérience dont le protocole est proposé, la réaction inverse de la réaction de précipitation produite en 2.1.3.
- 2.1.7 Associe la réaction inverse d'une précipitation à une réaction de dissociation.
- 2.1.8 Discute, avec ses collègues, de la possibilité de la réversibilité simultanée des réactions de précipitation et de dissociation.
- 2.1.9 Associe la réversibilité simultanée à l'équilibre d'une réaction.
- 2.1.10 Propose une représentation conventionnelle d'une réaction chimique en équilibre.
- 2.1.11 Compare sa proposition avec celle généralement utilisée.
- 2.1.12 Propose, à l'aide de la théorie des collisions et de la notion de vitesse de réaction, une explication de l'équilibre d'un système chimique.
- 2.1.13 Discute de sa proposition avec ses collègues.
- 2.1.14 Prend connaissance de la définition que donne Claude Berthollet (XVIII^e et XIX^e siècles) de la saturation d'une solution.

NOTES PERSONNELLES:

Cf. annexe IV

OBJECTIFS PARTICULIERS
(terminaux et intermédiaires)

L'ÉLÈVE APPRENDRA À:

- 2.2 Établir, à la suite d'une expérience, une relation mathématique entre les concentrations des produits et des substances réagissantes dans une réaction chimique en équilibre, à température constante.

PRÉALABLES:

1.3

CONTENUS DE FORMATION:

- **HABILETÉ:** Construction d'un modèle. (E-2)
- **CONNAISSANCE:** Loi de l'équilibre ou d'action de masse. (A-8)
- **ATTITUDE:** Souci de rigueur. (H-3)

PLANIFICATION PROPOSÉE:

A. STRATÉGIE D'ENSEIGNEMENT:

Travail en équipe, travail en laboratoire, plénière.

B. DURÉE: 175 min + temps à la maison.

C. ÉVALUATION: Qualités de la relation mathématique proposée.

D. MATÉRIEL: Cylindre gradué de 100 mL, becher de 250 mL, flacon laveur, agitateur, plaque à titrage (à godets), compte-gouttes, indicateur universel, solutions tampons, solution HCl 1,0 mol/L, solution de NaCH_3CO_2 1,0 mol/L, $\text{HCH}_3\text{CO}_{2(aq)}$, table de conversion des pH en concentrations molaires, calculatrice (facultatif).

E. PRÉVENTION: Verrerie, solutions corrosives.

DOCUMENTS DE RÉFÉRENCE SUGGÉRÉS:

L-13, L-16, L-32, L-44, L-45
V-35, V-81

CHEMINEMENT D'APPRENTISSAGE

L'ÉLÈVE:

- 2.2.0 Revoit la différence entre un électrolyte fort et un électrolyte faible (Sciences physiques 416-436, Module 3-2.8).
- Revoit la notion de concentration ($c = n/V$) (Sciences physiques 416-436, Module 3-3.6).
- Revoit l'utilisation d'un mélange d'indicateurs pour mesurer le pH d'une solution (Sciences physiques 416-436, Module 3-4.4).
- Revoit la relation entre le pH et la concentration molaire en ions hydrogène (Sciences physiques 416-436, Module 3-4.6).
- Revoit la notion de stoechiométrie (Sciences physiques 416-436, Module 3-5.6).
- 2.2.1 Représente une réaction chimique donnée sous la forme d'une équation ionique.
- 2.2.2 Propose des moyens de modifier l'équilibre du système chimique représenté et de connaître le sens de son déplacement.
- 2.2.3 Compare ses propositions avec celles de ses collègues.
- 2.2.4 Vérifie les propositions retenues à l'aide d'une expérience dont le protocole est proposé.
- 2.2.5 Propose, à partir des résultats expérimentaux, une relation mathématique entre les concentrations des substances réagissantes et les concentrations des produits de la réaction chimique à l'équilibre, à température constante.
- 2.2.6 Compare sa proposition avec celles de ses collègues.
- 2.2.7 Compare la proposition retenue avec celle de Cato Maximilian Guldberg et de Peter Waage (XIX^e et XX^e siècles).
- 2.2.8 Démontre, à partir de références documentaires, que la découverte de la loi de l'équilibre ou d'action de masse est à l'origine de l'étude quantitative des équilibres chimiques.
- 2.2.9 Discute de la nécessité de spécifier la valeur de la température lorsqu'on exprime la valeur d'une constante d'équilibre.

NOTES PERSONNELLES:

Cf. annexe IV

OBJECTIFS PARTICULIERS
(terminaux et intermédiaires)

L'ÉLÈVE APPRENDRA À:

- 2.3 Calculer, à l'aide des connaissances acquises sur l'équilibre, la valeur de la constante de dissociation de l'eau à 25 °C .

PRÉALABLES:

2.2

CONTENUS DE FORMATION:

- **HABILETÉ:** Interprétation des données. (E-2)
- **CONNAISSANCE:** Constante de dissociation de l'eau à 25 °C . (A-4)
- **ATTITUDE:** Confiance en soi. (H-3)

PLANIFICATION PROPOSÉE:

A. STRATÉGIE D'ENSEIGNEMENT:

Travail en équipe, travail individuel, plénière.

B. DURÉE: 75 min .

C. ÉVALUATION: Qualités des interprétations.

D. MATÉRIEL: Table des constantes d'équilibre.

E. PRÉVENTION: Ne s'applique pas.

DOCUMENTS DE RÉFÉRENCE SUGGÉRÉS:

L-23

CHEMINEMENT D'APPRENTISSAGE

L'ÉLÈVE:

- 2.3.0 Revoit la relation entre la concentration molaire, le nombre de moles d'une substance et le volume de la solution (Sciences physiques 416-436, Module 3-3.6).
- Revoit la valeur de la concentration molaire des ions H^+ et des ions OH^- présents dans l'eau pure à 25 °C (Sciences physiques 416-436, Module 3-4.7).
- 2.3.1 Représente, sous la forme d'une équation chimique équilibrée, la dissociation ionique de l'eau pure.
- 2.3.2 Propose, en se référant à la loi de l'équilibre ou d'action de masse, une relation mathématique exprimant la constante de dissociation ionique (K_{eau}) de l'eau pure.
- 2.3.3 Discute de sa proposition avec ses collègues.
- 2.3.4 Calcule la concentration molaire des molécules d'eau dans l'eau pure.
- 2.3.5 Calcule la valeur de la constante de dissociation ionique (K_{eau}) de l'eau pure.
- 2.3.6 Compare son résultat avec la valeur généralement acceptée.
- 2.3.7 Propose, s'il y a lieu, une explication à la différence.
- 2.3.8 Reformule, s'il y a lieu, la relation mathématique exprimant la constante de dissociation ionique (K_{eau}) de l'eau pure.

NOTES PERSONNELLES:

OBJECTIFS PARTICULIERS
(terminaux et intermédiaires)

L'ÉLÈVE APPRENDRA À:

**** 2.4** Réaliser, en laboratoire, des titrages d'acides et de bases de diverses concentrations.

PRÉALABLES:

2.2

CONTENUS DE FORMATION:

- **HABILETÉ:** Observation. (G-2)
- **CONNAISSANCE:** Techniques de titrage, interprétation d'une courbe de titrage, technique de sélection d'un indicateur, définitions: titrage, point de virage, point d'équivalence. (A-7)
- **ATTITUDE:** Sens de la confrontation. (H-3)

PLANIFICATION PROPOSÉE:

A. STRATÉGIE D'ENSEIGNEMENT:

Travail en équipe, travail en laboratoire, simulation.

B. DURÉE: 300 min .

C. ÉVALUATION: Techniques de titrage.

D. MATÉRIEL: Burette de 50 mL, entonnoir, support universel, pince pour burette, pipette de 10 mL, erlenmeyer de 50 mL, becher de 100 mL, agitateur magnétique, papier pH ou pHmètre, pompe à pipette, solutions: NaOH 0,10 mol/L, HCl 0,01 mol/L, HCH_3CO_2 0,10 mol/L, indicateurs: universel, phénolphthaléine, méthyle orange.

E. PRÉVENTION: Verrerie, substances corrosives.

DOCUMENTS DE RÉFÉRENCE SUGGÉRÉS:

L-20, L-32, L-34, L-50, L-51, L-52, L-53, L-54, L-55, L-56, L-57, L-58, L-66
V-81

CHEMINEMENT D'APPRENTISSAGE

L'ÉLÈVE:

- 2.4.0 Revoit la notion d'indicateur (Sciences physiques 416-436, Module 3-4.2, 4.3).
Revoit la notion de neutralisation (Sciences physiques 416-436, Module 3-5.2).
- 2.4.1 Prévoit l'allure du graphique de la variation du pH d'un acide fort de concentration inconnue auquel est ajoutée une base forte.
- 2.4.2 Compare sa prévision avec celles de ses collègues.
- 2.4.3 Vérifie, au cours d'une expérience dont le protocole est proposé, la prévision retenue.
- 2.4.4 Modifie, s'il y a lieu, le graphique proposé.
- 2.4.5 Indique, sur le graphique, le point de virage de l'indicateur et le point d'équivalence.
- 2.4.6 Représente, à l'aide d'une équation ionique équilibrée, la réaction de neutralisation.
- 2.4.7 Calcule, à l'aide des résultats de l'expérience, la concentration de l'acide utilisé.
- 2.4.8 Refait le cheminement, en laboratoire ou à l'aide d'une simulation, pour titrer des acides et des bases de diverses concentrations.

NOTES PERSONNELLES:

OBJECTIFS PARTICULIERS
(terminaux et intermédiaires)

L'ÉLÈVE APPRENDRA À:

- 2.5 Comparer, à la suite d'expériences et à l'aide de simulations, la «force» de divers acides.

PRÉALABLES:

2.2

CONTENUS DE FORMATION:

- **HABILETÉ:** Interprétation des données. (E-2)
- **CONNAISSANCE:** Technique de détermination de la valeur de la constante de dissociation ionique d'un acide, définition et mode de dissociation des polyacides, définition de «force» d'un acide. (A-6)
- **ATTITUDE:** Sens de la confrontation. (H-3)

PLANIFICATION PROPOSÉE:

A. STRATÉGIE D'ENSEIGNEMENT:

Travail en équipe, travail collectif en laboratoire, plénière, simulation, travail individuel.

B. DURÉE: 150 min + temps à la maison.

C. ÉVALUATION: Qualités du rapport.

D. MATÉRIEL: Papier pH ou pHmètre, éprouvette de 13 mm x 100 mm, cylindre gradué de 10 mL, solutions 0,10 mol/L des acides suivants: HCl , HCH_3CO_2 , $\text{H}(\text{CO}_2)_2\text{H}$, H_3PO_4 , NaH_2PO_4 , thermomètre, calculatrice avec fonctions logarithmes (facultatif), table de conversion des pH en concentrations molaires, tableau de compilation collectif.

E. PRÉVENTION: Substances chimiques, verrerie.

DOCUMENTS DE RÉFÉRENCE SUGGÉRÉS:

L-20, L-30, L-31, L-32, L-33, L-34, L-50, L-51, L-52, L-54, L-55, L-56, L-57, L-58
V-81

CHEMINEMENT D'APPRENTISSAGE

L'ÉLÈVE:

- | | |
|-------|--|
| 2.5.1 | Élabore, en tenant compte du matériel disponible, un protocole expérimental pour déterminer la valeur de la constante de dissociation ionique K_2 d'un monoacide de concentration initiale connue. |
| 2.5.2 | Calcule la constante de dissociation de l'acide. |
| 2.5.3 | Ajoute ses résultats au tableau de compilation collectif. |
| 2.5.4 | Compare les valeurs obtenues expérimentalement avec des valeurs obtenues par simulation. |
| 2.5.5 | Explique les différences, s'il y a lieu. |
| 2.5.6 | Classe les acides étudiés par ordre décroissant de «force». |
| 2.5.7 | Refait le cheminement pour des polyacides. |
| 2.5.8 | Rédige un rapport de ses travaux. |

NOTES PERSONNELLES:

OBJECTIFS PARTICULIERS
(terminaux et intermédiaires)

L'ÉLÈVE APPRENDRA À:

**** 2.6** Résoudre des problèmes, des exercices numériques et graphiques portant sur l'état d'équilibre d'un système chimique.

PRÉALABLES:

2.1, 2.2, 2.3, 2.5

CONTENUS DE FORMATION:

- **HABILETÉ:** Interprétation des données. (D-1)
- **CONNAISSANCE:** Techniques de calcul relatives à l'équilibre d'un système chimique. (A-7)
- **ATTITUDE:** Souci de rigueur. (H-3)

PLANIFICATION PROPOSÉE:

A. STRATÉGIE D'ENSEIGNEMENT:

Travail individuel, travail en équipe, travail en laboratoire, simulation, plénière.

B. DURÉE: 200 min + temps à la maison.

C. ÉVALUATION: Techniques de résolution de problèmes.

D. MATÉRIEL: Selon les situations-problèmes proposées, calculatrice (facultatif).

E. PRÉVENTION: Selon les situations-problèmes proposées.

DOCUMENTS DE RÉFÉRENCE SUGGÉRÉS:

L-23, L-24, L-50, L-51, L-54, L-66
V-35, V-54

CHEMINEMENT D'APPRENTISSAGE

L'ÉLÈVE:

- | | |
|-------|---|
| 2.6.1 | Détermine, dans des situations-problèmes proposées, les données utiles à leur résolution. |
| 2.6.2 | Associe les unités permanentes aux grandeurs physiques utilisées dans les situations-problèmes. |
| 2.6.3 | Utilise correctement les opérateurs mathématiques dans la résolution des situations-problèmes. |
| 2.6.4 | Exprime le résultat en tenant compte des chiffres significatifs. |
| 2.6.5 | Vérifie la plausibilité de la solution à l'aide du traitement des unités. |
| 2.6.6 | Vérifie la plausibilité de la solution par l'ordre de grandeur. |
| 2.6.7 | Vérifie, s'il y a lieu, la plausibilité de la solution à l'aide d'une expérience ou d'une simulation. |
| 2.6.8 | Présente la solution la plus élégante. |

NOTES PERSONNELLES:

OBJECTIFS PARTICULIERS
(terminaux et intermédiaires)

L'ÉLÈVE APPRENDRA À:

- 3 Analyser, à l'aide de résultats expérimentaux obtenus en laboratoire, des réactions d'oxydoréduction.**
- 3.1 Décrire, en tenant compte des charges, le comportement de substances participant à une réaction d'oxydoréduction.

PRÉALABLES:

CONTENUS DE FORMATION:

- **HABILETÉ:** Observation. (B-2)
- **CONNAISSANCE:** Méthode des demi-réactions, définitions de: demi-réaction d'oxydation, demi-réaction de réduction, réaction spontanée, agent oxydant, agent réducteur. (A-7)
- **ATTITUDE:** Souci d'une langue correcte. (F-4)

PLANIFICATION PROPOSÉE:

A. STRATÉGIE D'ENSEIGNEMENT:

Brainstorming, travail en équipe, travail en laboratoire, plénière.

B. DURÉE: 125 min .

C. ÉVALUATION: Qualités des propositions.

D. MATÉRIEL: Morceaux de Zn, de Cu, solutions de: $\text{Zn}(\text{NO}_3)_2$ 0,10 mol/L, $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$ 0,10 mol/L, éprouvettes 13 mm x 100 mm, support à éprouvettes, cylindre gradué de 10 mL, papier d'émeri, crayon gras, documentation.

E. PRÉVENTION: Verrerie, substances chimiques.

DOCUMENTS DE RÉFÉRENCE SUGGÉRÉS:

AV-26, AV-27, AV-28
L-59, L-60, L-61
V-43, V-44, V-81

CHEMINEMENT D'APPRENTISSAGE

L'ÉLÈVE:

- | | |
|--------|---|
| 3.1.0 | Revoit le modèle atomique de Rutherford-Bohr (Sciences physiques 416-436, Module 1-4.9). |
| 3.1.1 | Énumère des réactions chimiques de son environnement qui semblent se produire sans apport d'énergie. |
| 3.1.2 | Associe les réactions énumérées à des réactions spontanées. |
| 3.1.3 | Classe, en réaction spontanée ou non spontanée, des réactions chimiques données entre des métaux et des sels métalliques. |
| 3.1.4 | Justifie son classement à l'aide d'équations ioniques. |
| 3.1.5 | Compare son classement avec ceux de ses collègues. |
| 3.1.6 | Élabore, en tenant compte du matériel disponible, un protocole expérimental pour vérifier le classement retenu. |
| 3.1.7 | Propose des équations équilibrées, en fonction des charges, pour représenter la transformation du métal et de l'ion métallique. |
| 3.1.8 | Compare ses propositions avec celles de ses collègues. |
| 3.1.9 | Associe les équations retenues à des demi-réactions. |
| 3.1.10 | Distingue, à partir de définitions appropriées, l'agent oxydant de l'agent réducteur. |
| 3.1.11 | Propose une explication, en fonction du transfert d'énergie, d'une réaction spontanée et d'une réaction non spontanée. |
| 3.1.12 | Compare son explication avec celles de ses collègues. |
| 3.1.13 | Compare l'explication retenue avec celle généralement acceptée. |

NOTES PERSONNELLES:

OBJECTIFS PARTICULIERS
(terminaux et intermédiaires)

L'ÉLÈVE APPRENDRA À:

- 3.2 Déterminer, à la suite d'expériences, la paire d'électrodes qui offrent le plus grand potentiel électrique.

PRÉALABLES:

3.1

CONTENUS DE FORMATION:

- **HABILETÉ:** Mesure. (G-2)
- **CONNAISSANCE:** Classement de demi-réactions de réduction, effet de la nature des électrodes sur le potentiel électrique d'une pile. (A-4)
- **ATTITUDE:** Sens de l'interprétation. (H-3)

PLANIFICATION PROPOSÉE:

A. STRATÉGIE D'ENSEIGNEMENT:

Brainstorming, travail individuel, travail en équipe, travail en laboratoire, plénière, simulation.

B. DURÉE: 150 min .

C. ÉVALUATION: Qualités du travail en laboratoire.

D. MATÉRIEL: Becher de 100 mL, cylindres gradués, flacon laveur, électrodes de Cu, de Pb, de Ag, Mg (ruban), fils connecteurs avec pinces, voltmètre (0-5V), papier d'émeri, solution de NaCl 0,5 mol/L.

E. PRÉVENTION: Verrerie, substances chimiques.

DOCUMENTS DE RÉFÉRENCE SUGGÉRÉS:

AV-29
L-16, L-59, L-60, L-62
R-90
V-81

CHEMINEMENT D'APPRENTISSAGE

L'ÉLÈVE:

- 3.2.0 Revoit la technique d'utilisation d'un voltmètre (Sciences physiques 416-436, Module 2-3.4).
- Revoit la notion de différence de potentiel (Sciences physiques 416-436, Module 2-3.12, 4.4).
- Revoit la notion d'électrolyte (Sciences physiques 416-436, Module 3-2.7).
- 3.2.1 Énumère des moyens de produire de l'électricité par réaction chimique.
- 3.2.2 Énonce sa conception d'une pile électrochimique.
- 3.2.3 Différencie des piles par la nature de leurs électrodes et par leur voltage.
- 3.2.4 Anticipe, parmi des électrodes données, les paires qui produiront la plus grande et la plus petite différence de potentiel.
- 3.2.5 Vérifie ses anticipations à l'aide des résultats d'une expérience dont il a élaboré le protocole.
- 3.2.6 Représente, à l'aide d'équations ioniques équilibrées, les demi-réactions produites.
- 3.2.7 Indique, pour chaque réaction, l'agent réducteur et l'agent oxydant.
- 3.2.8 Classe les demi-réactions par ordre décroissant de leur potentiel normal de réduction.
- 3.2.9 Discute de son classement avec ses collègues.
- 3.2.10 Compare le classement retenu avec le classement conventionnel.
- 3.2.11 Discute de la possibilité de construire une pile dont les électrodes ne sont pas dans le même récipient.
- 3.2.12 Différencie modèle, faits expérimentaux et convention.

NOTES PERSONNELLES:

OBJECTIFS PARTICULIERS
(terminaux et intermédiaires)

L'ÉLÈVE APPRENDRA À:

- 3.3 Calculer, à l'aide des valeurs d'un tableau des potentiels normaux de réduction, la différence de potentiel de diverses réactions d'oxydoréduction.

PRÉALABLES:

3.2

CONTENUS DE FORMATION:

- **HABILETÉ:** Interprétation des données. (D-4)
- **CONNAISSANCE:** Techniques de calcul des potentiels d'oxydoréduction, signification du signe du potentiel d'oxydoréduction. (A-7)
- **ATTITUDE:** Conscience «constructiviste». (H-3)

PLANIFICATION PROPOSÉE:

A. STRATÉGIE D'ENSEIGNEMENT:

Travail individuel, travail en équipe, plénière.

B. DURÉE: 125 min .

C. ÉVALUATION: Techniques de calcul.

D. MATÉRIEL: Résultats de 3.2, table des potentiels normaux de réduction.

E. PRÉVENTION: Ne s'applique pas.

DOCUMENTS DE RÉFÉRENCE SUGGÉRÉS:

AV-30, AV-31
L-23, L-34, L-59
V-35, V-50, V-52, V-53, V-54, V-55

CHEMINEMENT D'APPRENTISSAGE

L'ÉLÈVE:

- 3.3.1 Discute de la nécessité de définir un point de référence dans une échelle ou dans un tableau (température, pH, constante d'équilibre...).
- 3.3.2 Prend connaissance du potentiel de référence utilisé pour établir un tableau conventionnel des potentiels de réduction.
- 3.3.3 Donne une signification aux signes des potentiels de réduction.
- 3.3.4 Calcule, à l'aide des valeurs du tableau des potentiels normaux de réduction des demi-réactions, la différence de potentiel de diverses piles.
- 3.3.5 Représente, à l'aide d'équations, des réactions d'oxydoréduction.
- 3.3.6 Détermine, dans chacune des équations, l'agent réducteur et l'agent oxydant.
- 3.3.7 Calcule, à l'aide des valeurs du tableau des potentiels normaux de réduction des demi-réactions, la différence de potentiel des réactions d'oxydoréduction.
- 3.3.8 Indique, pour chacune des réactions, si elle est spontanée ou non spontanée.

NOTES PERSONNELLES:

OBJECTIFS PARTICULIERS
(terminaux et intermédiaires)

L'ÉLÈVE APPRENDRA À:

- 3.4 Expliquer, à l'aide du principe de Le Chatelier, la variation du potentiel d'oxydoréduction d'une pile électrochimique.

PRÉALABLES:

1.2, 3.3

CONTENUS DE FORMATION:

- **HABILETÉ:** Généralisation. (F-2)
- **CONNAISSANCE:** Variation du potentiel d'une pile électrochimique, pont électrolytique. (A-1)
- **ATTITUDE:** Sens de l'intégration des connaissances. (F-2)

PLANIFICATION PROPOSÉE:

A. STRATÉGIE D'ENSEIGNEMENT:

Travail en équipe, travail collectif en laboratoire, simulation, plénière.

B. DURÉE: 100 min .

C. ÉVALUATION: Qualités de l'argumentation.

D. MATÉRIEL: Morceaux de Zn, de Cu, solutions de:
 $\text{Zn}(\text{NO}_3)_2$ 0,10 mol/L, $\text{Zn}(\text{NO}_3)_2$ 2,0 mol/L,
 $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$ 0,10 mol/L, $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$ 2,0 mol/L, pont électrolytique contenant une solution de KNO_3 1,0 mol/L, cylindre gradué de 100 mL, becher de 250 mL, fils connecteurs avec pinces, voltmètre (0-5V), tableau de compilation collectif.

E. PRÉVENTION: Verrerie, substances chimiques.

DOCUMENTS DE RÉFÉRENCE SUGGÉRÉS:

L-10, L-35, L-60
R-90
V-35, V-50, V-52, V-53, V-54, V-55, V-81

CHEMINEMENT D'APPRENTISSAGE

L'ÉLÈVE:

- | | |
|-------|--|
| 3.4.1 | Représente, à l'aide d'une équation, la réaction d'oxydoréduction qui se produit dans une pile électrochimique donnée. |
| 3.4.2 | Formule une hypothèse pour expliquer la «mort» d'une pile. |
| 3.4.3 | Justifie son hypothèse en se référant au principe de Le Chatelier. |
| 3.4.4 | Vérifie son hypothèse à l'aide des résultats d'une expérience collective dont le protocole est proposé. |
| 3.4.5 | Note ses résultats dans un tableau de compilation collectif. |
| 3.4.6 | Propose, à partir des résultats expérimentaux retenus, une explication à la diminution de la différence de potentiel d'une pile avec le temps. |
| 3.4.7 | Discute de sa proposition avec ses collègues. |

NOTES PERSONNELLES:

OBJECTIFS PARTICULIERS
(terminaux et intermédiaires)

L'ÉLÈVE APPRENDRA À:

**** 3.5** Équilibrer, à l'aide du degré d'oxydation, l'équation d'une réaction d'oxydoréduction.

PRÉALABLES:

3.1

CONTENUS DE FORMATION:

- **HABILETÉ:** Interprétation des données. (D-3)
- **CONNAISSANCE:** Définition de degré d'oxydation, règle pour déterminer les degrés d'oxydation, règles pour balancer les équations d'oxydoréduction par les degrés d'oxydation. (A-7)
- **ATTITUDE:** Souci de rigueur. (H-3)

PLANIFICATION PROPOSÉE:

A. STRATÉGIE D'ENSEIGNEMENT:

Travail en équipe, travail individuel, plénière.

B. DURÉE: 300 min .

C. ÉVALUATION: Techniques de balancement d'équations d'oxydoréduction.

D. MATÉRIEL: Documentation.

E. PRÉVENTION: Ne s'applique pas.

DOCUMENTS DE RÉFÉRENCE SUGGÉRÉS:

L-59, L-66

V-35, V-50, V-52, V-53, V-54, V-56

CHEMINEMENT D'APPRENTISSAGE

L'ÉLÈVE:

- 3.5.0 Revoit la grandeur et le signe de la charge des ions de métaux et de non-métaux (Sciences physiques 416-436, Module 3-2.5).
- Revoit la notion de neutralité électrique (Sciences physiques 416-436, Modules 1-4.9 et 3-2.6).
- 3.5.1 Anticipe la charge électrique portée par l'atome d'un élément, par une molécule, par un ion.
- 3.5.2 Anticipe la charge électrique portée par chaque atome d'un composé.
- 3.5.3 Justifie ses anticipations.
- 3.5.4 Compare ses anticipations avec les règles conventionnelles portant sur la détermination des degrés d'oxydation.
- 3.5.5 Détermine, à l'aide des règles retenues, le degré d'oxydation de chaque atome représenté dans l'équation d'une réaction d'oxydoréduction.
- 3.5.6 Différencie, dans l'équation proposée, l'agent réducteur et l'agent oxydant.
- 3.5.7 Balance l'équation proposée.
- 3.5.8 Prend connaissance, parmi les trois méthodes servant à nommer des composés chimiques, de celle de Stock (XX^e siècle) qui utilise le degré d'oxydation de l'élément principal ou de l'ion principal.

NOTES PERSONNELLES:

OBJECTIFS PARTICULIERS
(terminaux et intermédiaires)

L'ÉLÈVE APPRENDRA À:

- 4 Illustrer des relations entre le développement et l'utilisation des connaissances relatives à l'équilibre dans les réactions chimiques, les sciences de la nature, la technologie, la société et l'environnement en réalisant une étude d'impact.**
- 4.1 Illustrer, à partir de références documentaires, des relations de cause à effet entre le développement et l'utilisation des connaissances relatives à l'équilibre dans les réactions chimiques et les sociétés à travers les âges.**

PRÉALABLES:

1, 2, 3, 4

CONTENUS DE FORMATION:

- **HABILETÉ:** Interprétation des données. (D-4)
- **CONNAISSANCE:** Développement des connaissances scientifiques sur l'équilibre dans les réactions chimiques, influences des sociétés. (A-1)
- **ATTITUDE:** Conscience «constructiviste». (I-3)

PLANIFICATION PROPOSÉE:

A. STRATÉGIE D'ENSEIGNEMENT:

Brainstorming, travail en équipe, travail individuel, plénière.

B. DURÉE: 50 min + temps à la maison.

C. ÉVALUATION: Qualités des interprétations.

D. MATÉRIEL: Documentation.

E. PRÉVENTION: Ne s'applique pas.

DOCUMENTS DE RÉFÉRENCE SUGGÉRÉS:

AV-13, AV-14, AV-32, AV-33, AV-34, AV-35, AV-36, AV-37

L-60

R-39, R-40, R-41, R-42, R-43, R-44, R-45, R-46, R-47, R-48, R-52, R-58, R-59, R-79, R-83, R-84

V-1, V-4, V-6, V-7, V-8, V-11, V-16, V-18, V-20, V-22, V-25, V-41, V-44, V-46, V-49, V-51, V-55, V-56, V-80, V-81, V-82, V-83, V-84, V-85, V-86, V-87, V-88, V-89, V-90, V-94, V-95, V-105

CHEMINEMENT D'APPRENTISSAGE

L'ÉLÈVE:

- 4.1.0 Revoit des notions d'histoire des sciences et des techniques (Histoire générale 214, IAT 314, Histoire du Québec et du Canada 414).
- 4.1.1 Énumère des travaux des Anciens qui ont eu pour effet de permettre le développement des connaissances scientifiques relatives à l'équilibre dans les réactions chimiques.
- 4.1.2 Rclate, à l'aide de références documentaires, des travaux de scientifiques (Kirchhoff, Wollaston, Gerhardt, Le Chatelier, Haber, Van't Hoff, Volta...) qui ont contribué au développement des connaissances scientifiques relatives à l'équilibre dans les réactions chimiques.
- 4.1.3 Inscrit dans un recueil collectif d'information le compte rendu de sa recherche.
- 4.1.4 Trouve des influences du développement des connaissances relatives à l'équilibre dans les réactions chimiques à travers les âges.
- 4.1.5 Imagine des réalisations technologiques futures relatives à l'équilibre dans les réactions chimiques.
- 4.1.6 Discute des influences de l'évolution sociale sur le développement des connaissances et des réalisations technologiques relatives à l'équilibre dans les réactions chimiques.

NOTES PERSONNELLES:

OBJECTIFS PARTICULIERS
(terminaux et intermédiaires)

L'ÉLÈVE APPRENDRA À:

- ** 4.2** Illustrer, à partir d'observations de phénomènes et de références documentaires, des relations de cause à effet entre le développement et l'utilisation des connaissances relatives à l'équilibre dans les réactions chimiques et la qualité de vie.

PRÉALABLES:

4.1

CONTENUS DE FORMATION:

- **HABILETÉ:** Généralisation. (F-1)
- **CONNAISSANCE:** Répercussions du développement de la technologie relative à l'équilibre dans les réactions chimiques sur la qualité de vie (santé, confort...), influences de la société. (A-1)
- **ATTITUDE:** Sentiment d'appartenance. (H-7)

PLANIFICATION PROPOSÉE:

A. STRATÉGIE D'ENSEIGNEMENT:

Brainstorming, travail en équipe, travail individuel, plénière.

B. DURÉE: 50 min + temps à la maison.

C. ÉVALUATION: Qualités des anticipations.

D. MATÉRIEL: Documentation.

E. PRÉVENTION: Ne s'applique pas.

DOCUMENTS DE RÉFÉRENCE SUGGÉRÉS:

AV-13, AV-14, AV-32, AV-33, AV-34, AV-35, AV-36, AV-37

L-60

R-39, R-40, R-41, R-42, R-43, R-44, R-45, R-46, R-47, R-48, R-52, R-58, R-59, R-79, R-83, R-84

V-1, V-4, V-6, V-7, V-8, V-11, V-16, V-18, V-20, V-22, V-25, V-41, V-44, V-46, V-49, V-51, V-55, V-56, V-80, V-81, V-82, V-83, V-84, V-85, V-86, V-87, V-88, V-89, V-90, V-94, V-95, V-103

CHEMINEMENT D'APPRENTISSAGE

L'ÉLÈVE:

- | | |
|-------|---|
| 4.2.1 | Énumère des réalisations technologiques relatives à l'équilibre dans les réactions chimiques qui ont pu influencer la qualité de vie à travers les âges. |
| 4.2.2 | Classe les réalisations technologiques énumérées d'après leurs avantages et leurs inconvénients. |
| 4.2.3 | Anticipe des effets de futures réalisations technologiques relatives à l'équilibre dans les réactions chimiques sur la qualité de vie. |
| 4.2.4 | Discute des influences du niveau de vie sur le développement des connaissances et des réalisations technologiques relatives à l'équilibre dans les réactions chimiques. |
| 4.2.5 | Prendre connaissance, à l'aide de références documentaires, des principes directeurs portant sur un engagement de gestion responsable des produits chimiques proposé par l'Association canadienne des fabricants de produits chimiques. |
| 4.2.6 | Rédige une courte communication de ses travaux. |

NOTES PERSONNELLES:

OBJECTIFS PARTICULIERS
(terminaux et intermédiaires)

L'ÉLÈVE APPRENDRA À:

- 4.3 Illustrer, à partir d'observations de phénomènes et de références documentaires, des relations de cause à effet entre le développement et l'utilisation des connaissances relatives à l'équilibre dans les réactions chimiques et l'environnement naturel et construit.

PRÉALABLES:

4.1

CONTENUS DE FORMATION:

- **HABILETÉ:** Organisation des données. (D-1)
- **CONNAISSANCE:** Effets du développement de réalisations technologiques relatives à l'équilibre dans les réactions chimiques sur l'environnement, évolution de la conscience «environnementale». (A-1)
- **ATTITUDE:** Sens des responsabilités (environnement). (H-7)

PLANIFICATION PROPOSÉE:

A. STRATÉGIE D'ENSEIGNEMENT:

Brainstorming, travail en équipe, travail individuel, sortie, plénière.

B. DURÉE: 45 min + temps à la maison.

C. ÉVALUATION: Qualités des moyens proposés.

D. MATÉRIEL: Documentation.

E. PRÉVENTION: Règles usuelles de sécurité au cours d'une sortie.

DOCUMENTS DE RÉFÉRENCE SUGGÉRÉS:

AV-38
L-75
V-107

CHEMINEMENT D'APPRENTISSAGE

L'ÉLÈVE:

- | | |
|-------|---|
| 4.3.1 | Énumère des réalisations technologiques relatives à l'équilibre dans des réactions chimiques qui ont des effets sur l'environnement. |
| 4.3.2 | Classe les réalisations technologiques énumérées d'après leurs avantages et leurs inconvénients. |
| 4.3.3 | Propose des moyens pour réduire les effets néfastes des réalisations technologiques jugées nuisibles pour l'environnement. |
| 4.3.4 | Estime la faisabilité des moyens proposés. |
| 4.3.5 | Anticipe des effets de futures réalisations technologiques relatives à l'équilibre dans des réactions chimiques sur l'environnement. |
| 4.3.6 | Discute des influences de l'évolution de la conscience «environnementale» sur la recherche et le développement des connaissances et des réalisations technologiques relatives à l'équilibre dans les réactions chimiques. |
| 4.3.7 | Prend connaissance, à l'aide de références documentaires, des principes directeurs portant sur un engagement de gestion responsable des produits chimiques proposé par l'Association canadienne des fabricants de produits chimiques. |
| 4.3.8 | Inscrit dans un recueil collectif d'information le compte rendu de sa recherche. |

NOTES PERSONNELLES:

OBJECTIFS PARTICULIERS
(terminaux et intermédiaires)

L'ÉLÈVE APPRENDRA À:

- ** 4.4** Démontrer, à l'aide de références documentaires, le rôle du Québec dans la recherche et le développement des connaissances sur l'équilibre dans les réactions chimiques.

PRÉALABLES:

4.3

CONTENUS DE FORMATION:

- **HABILETÉ:** Perception d'un problème. (C-1)
- **CONNAISSANCE:** Institut de recherche sur les produits chimiques au Québec, conséquences sociales et économiques. (A-1)
- **ATTITUDE:** Sentiment d'appartenance.

PLANIFICATION PROPOSÉE:

A. STRATÉGIE D'ENSEIGNEMENT:

Travail individuel, travail en équipe, plénière.

B. DURÉE: 75 min + temps à la maison.

C. ÉVALUATION: Qualités de la communication.

D. MATÉRIEL: Documentation.

E. PRÉVENTION: Ne s'applique pas.

DOCUMENTS DE RÉFÉRENCE SUGGÉRÉS:

V-31, V-32

- | | |
|-------|--|
| 4.4.1 | Énumère, à l'aide de références documentaires, des recherches de pointe relatives à l'équilibre dans les réactions chimiques effectuées dans le monde. |
| 4.4.2 | Relève, parmi ces recherches, celles qui sont effectuées au Québec. |
| 4.4.3 | Nomme des entreprises et des établissements québécois qui collaborent au développement des connaissances sur l'équilibre dans les réactions chimiques. |
| 4.4.4 | Décrit au moins un travail ou une recherche effectué par une entreprise ou un établissement québécois sur l'équilibre chimique. |
| 4.4.5 | Inscrit sa description dans un recueil collectif d'information. |



OBJECTIFS PARTICULIERS
(terminaux et intermédiaires)

L'ÉLÈVE APPRENDRA À:

- ** 4.5** Identifier, à l'aide de références documentaires, des professions associées au développement des connaissances relatives à l'équilibre dans les réactions chimiques.

PRÉALABLES:

CONTENUS DE FORMATION:

- **HABILETÉ:** Généralisation. (F-2)
- **CONNAISSANCE:** Professions associées au développement des connaissances sur l'équilibre chimique. (A-6)
- **ATTITUDE:** Sens de l'émerveillement. (H-6)

PLANIFICATION PROPOSÉE:

A. STRATÉGIE D'ENSEIGNEMENT:

Travail en équipe, travail individuel, visite, entrevue.

B. DURÉE: 50 min + temps à la maison.

C. ÉVALUATION: Qualités de la description.

D. MATÉRIEL: Documentation.

E. PRÉVENTION: Ne s'applique pas.

DOCUMENTS DE RÉFÉRENCE SUGGÉRÉS:

L-76
R-91
V-104, V-106

CHEMINEMENT D'APPRENTISSAGE

L'ÉLÈVE:

- | | |
|-------|---|
| 4.5.0 | Revoit les documents d'information sur les carrières (Éducation au choix de carrière 111, 211, 311, 411, 511). |
| 4.5.1 | Énumère des professions associées au développement des connaissances sur l'équilibre chimique. |
| 4.5.2 | Décrit, à l'aide de références documentaires ou à la suite d'entrevues, au moins une des professions énumérées. |
| 4.5.3 | Rédige un rapport de sa recherche. |

NOTES PERSONNELLES:

7. ÉVALUATION

L'évaluation fait partie intégrante des processus d'apprentissage et d'enseignement. C'est avant tout un moyen de savoir si l'élève est prêt à poursuivre sa démarche d'apprentissage ou s'il doit corriger certains de ses apprentissages antérieurs. L'évaluation devrait ainsi servir à améliorer l'enseignement et à s'assurer que les conditions environnantes favorisent l'apprentissage.

L'évaluation, qu'elle soit formative ou sommative, doit être conforme aux orientations et aux principes directeurs du programme. Elle doit vérifier l'atteinte par l'élève des contenus de formation (habiletés, connaissances et attitudes) dans le cadre spécifié par l'objectif terminal qui est précisé par les objectifs intermédiaires et les cheminements d'apprentissage suggérés.

7.1 UNE ÉVALUATION CONFORME AUX PRINCIPES DU PROGRAMME

Qu'on le veuille ou non, les examens ministériels ou locaux finissent toujours par conditionner le style d'enseignement. Il importe alors que le style d'évaluation prenne en considération le plus fidèlement possible les orientations et les contenus de formation du programme d'études. Ainsi, on devrait évaluer autant les processus utilisés par les élèves que «la réponse» trouvée. L'évaluation devra ainsi tenir compte de l'approche du programme invitant à utiliser la méthode scientifique dans un contexte de résolution de problèmes. Elle devrait également prendre en considération les divers contenus de formation: habiletés, connaissances et attitudes.

Le changement que nous souhaitons dans l'enseignement de la chimie pour le plus grand bien des élèves ne pourra se réaliser que si un ensemble de composantes sont mises en oeuvre. Le style d'évaluation en est un élément essentiel, autant en évaluation formative qu'en évaluation sommative.

7.2 RESPONSABILITÉS DE L'ÉVALUATION

Le ministère de l'Éducation évaluera l'atteinte par les élèves des objectifs obligatoires des modules 2, 3, 4 et 5 de ce programme. Le Ministère développera progressivement une expertise pour assurer cette évaluation en se conformant le mieux possible aux orientations privilégiées par le programme. L'examen ministériel, qui devrait comporter deux parties (administration en classe et administration en laboratoire), contribuera pour 50 p. 100 de la note finale de l'élève.

L'autre moitié de la note finale sera constituée de l'ensemble des évaluations sommatives partielles administrées par l'enseignante ou l'enseignant, l'école ou la commission scolaire au cours de l'année scolaire. L'évaluation de tous les contenus d'enrichissement incombe en tout temps à l'école ou à la commission scolaire.

8. COMPOSANTES DE LA MISE EN OEUVRE DU PROGRAMME

La problématique a démontré que l'enseignement de la chimie a besoin d'un souffle nouveau. Il ne viendra que si l'ensemble des composantes suivantes sont appliquées:

8.1 GROUPES CIBLES

Les élèves devront avoir suivi et réussi le cheminement 436 du cours de Sciences physiques 416-436.

8.2 RESPONSABILITÉS DES ÉLÈVES

C'est à l'élève qu'incombe la responsabilité première de parfaire sa propre formation. L'élève seul peut s'engager dans un processus d'apprentissage. Il se comportera activement au lieu de se contenter de recevoir passivement un flux d'information. L'élève construira de la sorte des savoirs qui le prépareront à la vie et à la poursuite d'études ultérieures en sciences de la nature.

L'élève réalisera avec soin et diligence, en fonction de ses talents, les travaux scolaires requis qu'il complétera par des travaux à domicile. S'il rencontrait des difficultés, l'élève cherchera de l'aide auprès des personnes compétentes.

8.3 RESPONSABILITÉS DES PARENTS

Les parents doivent soutenir leurs enfants dans leurs apprentissages en s'intéressant à ce qu'ils réalisent et en leur fournissant, au besoin, le matériel nécessaire non fourni par le milieu scolaire. Ils valoriseront l'importance de se donner une solide formation scientifique et technologique à une époque où les sciences et la technologie sont cruciales dans toutes les activités humaines.

8.4 RESPONSABILITÉS DE L'ENSEIGNANTE ET DE L'ENSEIGNANT

La société moderne et l'école ont rendu l'enseignement de la chimie relativement élitiste. La chimie peut cependant contribuer à part entière à la formation générale destinée à tous les élèves, même si elle prépare directement à la poursuite d'études en chimie au collégial.

Il revient à l'enseignante ou à l'enseignant, en tant que personne-ressource, d'accompagner ses élèves dans leurs démarches d'apprentissage. Pour ce faire, la personne-ressource peut s'inspirer des cheminements d'apprentissage suggérés ou en proposer d'autres respectant les démarches des élèves. Elle évalue, à l'occasion, les acquis de ses élèves afin de leur apporter, au besoin, l'aide nécessaire.

Elle soutient la motivation de ses élèves par une animation vivante et un questionnement tenant compte de leur vécu.

8.5 RESPONSABILITÉS DES GESTIONNAIRES SCOLAIRES

Les gestionnaires doivent s'assurer que le programme est appliqué selon les orientations qu'il privilégie. Il importe également qu'ils supervisent l'application de tous les programmes de sciences des années antérieures, principalement de ceux des sciences physiques de 2^e et de 4^e secondaire. À travers ces cours, les élèves se familiariseront avec des aspects qui continueront d'être privilégiés dans ce programme de chimie.

Il leur revient de procurer aux élèves, aux enseignantes et aux enseignants le matériel didactique (manuel, matériel de laboratoire, documents de référence, matériel informatique, matériel audiovisuel, etc.) le plus possible conforme aux orientations du programme et capable de favoriser l'apprentissage des contenus de formation que celui-ci prescrit.

Ils doivent faciliter l'évolution professionnelle des enseignantes et des enseignants, nécessaire au changement d'orientation dans l'enseignement de la chimie. Pour y parvenir, ils fourniront un solide soutien pédagogique et ils favoriseront le perfectionnement des enseignantes et des enseignants en didactique des sciences de la nature.

8.6 FORMATION DES ENSEIGNANTES ET DES ENSEIGNANTS

L'enseignement de la chimie doit être assuré par des enseignantes et des enseignants ayant une excellente formation scientifique de niveau universitaire. La majorité des enseignantes et des enseignants de chimie possède cette formation. Toutefois, la plupart n'ont pas bénéficié d'un perfectionnement en didactique de sciences depuis la fin des années soixante, alors qu'elles ou ils ont pu suivre des sessions de formation à la méthodologie américaine CHEM STUDY.

Le présent programme repose sur des fondements différents de ceux du CHEM STUDY et s'inscrit dans des orientations également différentes. Ces changements nécessitent, à tout le moins, un complément de formation en didactique et beaucoup de pratique afin de se familiariser avec les approches qu'il privilégie. La préparation du personnel enseignant actuel et futur sera amorcée au cours de sessions de mise en oeuvre et sera complétée au moyen de sessions d'appoint ou de mise à jour.

8.7 PERSONNEL DE SOUTIEN

Pas moins de la moitié des objectifs du programme ne peuvent être atteints autrement que par un travail en laboratoire. Les manipulations en laboratoire exigent une préparation spécialisée et soignée et une grande disponibilité de la part du personnel de soutien. Certaines manipulations peuvent présenter des dangers potentiels pour la santé et la sécurité des élèves: manipulation de substances chimiques, de brûleurs, etc. Il importe que les enseignantes et les enseignants soient assistés, dans leur tâche d'animatrice et d'animateur, par du personnel technique qualifié ayant la compétence pour intervenir directement auprès des élèves.

8.8 STRUCTURES ORGANISATIONNELLES

Afin de faciliter l'application des situations d'apprentissage les plus aptes à aider les élèves à atteindre les objectifs du programme dans le contexte des orientations qu'il privilégie, il y aurait avantage à offrir aux élèves des séances de travail régulières et de durée convenable.

8.9 ÉVALUATION DES APPRENTISSAGES

Qu'elle soit locale ou ministérielle, l'évaluation devra considérer les contenus de formation prescrits par le programme dans le contexte de ses orientations.

8.10 CLASSES-LABORATOIRES (OU LABORATOIRES)

Le programme privilégiant comme objet d'études la familiarisation avec des méthodes de travail et des modes de pensée nécessaires aux scientifiques qui accomplissent des recherches, les élèves doivent avoir accès à des classes-laboratoires où ils pourront y exécuter des protocoles qu'ils auront élaborés ou qu'on leur proposera. Chaque école doit mettre les classes-laboratoires nécessaires à la disposition des élèves qui suivent ce cours.

Le Ministère offrira, à cet effet, des indications sur l'aménagement de classes-laboratoires dans un guide de conception architecturale d'une école secondaire (normes d'architecture).

8.11 ÉQUIPEMENT

Il est important que les classes-laboratoires et les salles de préparation soient alimentées en eau (chaude et froide) et en services (électricité, gaz, etc.). Le matériel de manipulation (instruments de mesure ou d'observation, substances chimiques, etc.) doit être en bon état et en quantité suffisante pour les élèves. Il importe aussi qu'on mette à la disposition du personnel enseignant une enveloppe budgétaire pour l'achat du matériel périssable ou pour «rajeunir» le matériel existant. Il est bien entendu que ces achats se feront en conformité avec les normes de la CSST et les lois relatives à l'environnement.

La Fédération des commissions scolaires catholiques du Québec a établi, avec l'aide de la Direction de la formation générale, une liste des équipements et des produits utiles pour appliquer ce programme. Ce catalogue est offert aux commissions scolaires et aux établissements privés.

9. DOCUMENTS LIÉS AU PROGRAMME

Le ministère de l'Éducation met à la disposition des personnels scolaires divers documents propres à soutenir l'application du présent programme-guide selon les orientations qu'il privilégie. D'autres pourront s'ajouter ultérieurement.

- Catalogue d'équipement. Chimie 534, FCSCQ, 1991.
- Guide d'aménagement de classes-laboratoires. Sciences physiques, 4^e secondaire, ministère de l'Éducation, Direction des équipements scolaires, 1990.
- Définition du domaine. Chimie 534, Direction de la formation générale des jeunes, 1991.
- Guide de soutien à la mise en œuvre du programme de Chimie 534, Direction de la formation générale des jeunes, 1991.
- Recueil de textes, Direction de la formation générale des jeunes, 1991.
- Cadre de référence à l'intention des auteurs et des évaluateurs du matériel didactique conçu en fonction du programme d'études Chimie 534, ministère de l'Éducation, 1991.
- «Santé, sécurité, environnement: les substances dangereuses», vidéo, ministère de l'Éducation, octobre 1989, n° 3130.
- «Pourquoi», vidéo, ministère de l'Éducation, n° 1200, S092.
- «L'enseignement des sciences de la nature. Une nouvelle approche», vidéo, ministère de l'Éducation, 1992.
- Document d'information. Secondaire. Santé et sécurité dans l'enseignement des sciences de la nature, ministère de l'Éducation, décembre 1985, 16-3100.
- Guide de manipulation et d'élimination des substances dangereuses dans les établissements secondaires, ministère de l'Éducation, 1989, 73-0018.
- Programme d'études. Secondaire. Sciences physiques 416-436, ministère de l'Éducation, 1990, n° 16-3175.

ANNEXE I: LISTE D'HABILETÉS ET D'ATTITUDES¹

PARTIE A

LISTE D'HABILETÉS ET D'INDICATEURS ASSOCIÉS À CHACUNE

-
1. Liste des principales habiletés et attitudes que l'élève devrait normalement continuer à développer, si ce programme était appliqué selon les orientations qu'il privilégie. Cette organisation des habiletés, des attitudes et des indicateurs qui leur sont associés est présentée à titre indicatif. Elle peut varier en fonction des perceptions et des applications en classe.

Habileté terminale	Habiletés intermédiaires	Indicateurs
1. Définition d'un problème (C)	A. Perception d'un problème (C-1) - s'interroger sur le «pourquoi» ou le «comment» de phénomènes nouveaux; - formuler clairement une question, un problème; - identifier toutes les variables à mesurer; - requestionner à la suite de données nouvelles; - s'interroger sur l'influence d'une variable sur une autre; - reconnaître les données pertinentes à un problème; - ... B. Formulation d'hypothèses (d'anticipations) (C-2) - proposer une ou des réponses à une question; - énoncer de nouvelles hypothèses; - proposer le «comment», le «pourquoi» d'un phénomène, d'une observation; - proposer un modèle; - sélectionner des hypothèses cohérentes avec les observations; - prévoir l'influence d'une variable sur une autre; - ...	

Habileté terminale	Habiletés intermédiaires	Indicateurs
	C. Élaboration d'un protocole (expérimental) (C-3, C-4)	- déterminer les manipulations nécessaires pour la vérification d'une hypothèse; - déterminer les variables à maintenir constantes; - fixer les conditions expérimentales; - reconnaître les sources de danger pour la santé et la sécurité des personnes; - reconnaître les sources de danger pour l'environnement; - choisir les instruments de mesure et l'équipement approprié; - ...
2. Collecte de données (B, G)	A. Observation (B-1, B-2, G-1, G-2, G-3)	- utiliser ses sens; - utiliser des instruments pour compléter ses observations; - observer de façon sécuritaire; - suivre le protocole établi; - travailler méthodiquement avec ordre et propreté; - ...

**Habileté
terminale**

**Habiletés
intermédiaires**

Indicateurs

B. Mesure
(B-3, B-4, B-5, G-1, G-2)

- identifier les sources d'erreurs;
- tenir compte de la précision de l'instrument;
- tenir compte des unités SI de la grandeur physique mesurée;
- lire un instrument de mesure de façon adéquate;
- estimer l'erreur absolue sur la mesure d'une grandeur physique;
- interpréter la graduation d'un instrument de mesure;
- tenir compte des chiffres significatifs;
- contrôler les variables à maintenir constantes;
- ...

Habileté terminale	Habiletés intermédiaires	Indicateurs
3. Traitement des données (D, E, G)	A. Organisation des données (D-1, D-2, G-2)	- classer ses observations selon un ou des critères définis; - sérier des observations, des mesures ou des données selon un critère déterminé; - présenter les données numériques sous la forme d'un tableau; - présenter les données numériques sous la forme graphique; - proposer un système de classification; - construire un montage à partir d'un schéma; - corriger un schéma à partir d'un montage; - ...

**Habileté
terminale****Habiletés
intermédiaires****Indicateurs****B. Interprétation des données
(D-3, D-4, D-5, E-1, E-2)**

- établir une relation entre deux variables;
- interpréter un graphique;
- représenter mathématiquement un phénomène;
- trouver les bons opérateurs mathématiques à appliquer entre des mesures;
- retenir les observations cohérentes avec le sujet de recherche;
- formuler des inférences;
- extrapoler des données non observées;
- interpoler des données non observées;
- tenir compte des erreurs absolues, relatives, dans un calcul;
- tenir compte des chiffres significatifs dans un calcul;
- intégrer les unités de mesure dans un calcul;
- vérifier la plausibilité d'un résultat par l'analyse de l'unité obtenue de la grandeur physique;
- corriger un schéma;
- ...

Habileté terminale	Habiletés intermédiaires	Indicateurs
4. Conclusion (B, D, E, F)	A. Généralisation (B.2, D-6, F-1 à F4)	- définir opérationnellement un objet, une substance, un phénomène; - décrire un objet, une substance, un phénomène à l'aide de modèles; - reconnaître un objet, une substance, un phénomène à partir de sa définition, de sa description; - associer une même explication à différents phénomènes; - tirer une conclusion; - généraliser à partir de données suffisantes; - énoncer une théorie; - énoncer une loi; - reconnaître des phénomènes de la vie courante, des inventions technologiques, explicables par une interprétation, une hypothèse, un modèle, une théorie; - reconnaître des phénomènes pouvant être associés à une loi; - utiliser un modèle; - ...

Habileté terminale	Habiletés intermédiaires	Indicateurs
	B. Construction d'un modèle (E-1 à E-6)	- percevoir le besoin de se donner un modèle; - construire un modèle physique sur papier ou en trois dimensions; - construire un modèle mathématique; - représenter une transformation à l'aide d'une équation; - représenter une transformation à l'aide d'une équation équilibrée; - améliorer un modèle; - représenter un objet; - évaluer un modèle; - décrire un modèle; - ...
	C. Communication (F-4)	- utiliser le langage et la symbolique acceptés internationalement; - présenter ses travaux sous forme écrite, verbale; - communiquer dans une langue correcte; - ...

PARTIE B

LISTE D'ATTITUDES ET D'INDICATEURS ASSOCIÉS À CHACUNE

1. Sens de l'émerveillement (H-3, H4, H-6)	- Ouverture (spirituelle, intellectuelle, émotive, sensorielle) à des faits et phénomènes de son environnement; - plaisir d'apprendre en expérimentant; - intérêt pour la poursuite d'une carrière en science ou en technologie; - ...	(suppose la tolérance de l'ambiguïté, un grand respect de l'intuition, une confiance en soi, un goût du risque et un désir d'affirmation de soi). - ...
2. Avidité intellectuelle (H-2, H-3, H-4, H-5, I-4)	- désir de connaître; - attrait envers l'inconnu; - confiance de donner rationnellement un sens; - goût de la recherche; - intérêt pour les activités scientifiques. - ...	5. Esprit critique (H-3) - tendance à s'interroger sur une affirmation ou une proposition quelconque; - tendance à considérer une affirmation ou une proposition comme une hypothèse; - tendance à organiser et réaliser une «mise à l'épreuve» pour tester; - ...
3. Sens du problème (H-3)	- tendance à circonscrire une question pour en arriver à une formulation plus claire et plus précise; - tendance à circonscrire une question pour en arriver à une formulation qui rend possible la recherche d'une certaine réponse fondée sur des faits; - ...	6. Sens de l'objectivité (H-3) - tendance à s'en tenir à des données contrôlées, connues...; - tendance à écarter les données subjectives, les préjugés...; - ...
4. Créativité (ingéniosité)(H-3)	- tendance à inventer des hypothèses ou des pistes de solution en rapport avec le problème; - capacité de déduire de ces hypothèses ou de ces pistes de solution une variété d'implications, de conséquences contrôlables;	7. Sens de l'interprétation (H-3) - tendance à dégager, devant un ensemble épars de renseignements ou de données à l'état brut, un ordre, des tendances ou des traits essentiels; - tendance à dégager un sens; - tendance à l'analyse; - ... 8. Sens de la confrontation (H-3) - tendance à confronter sa propre démarche avec celles de son entourage afin d'être rassuré sur sa valeur et de l'enrichir à l'aide des commentaires des autres; - ...

9. Sens de l'intégration des connaissances (H-3, F-1, F-2, F-3, I-1, I-4)	- tendance à articuler, à «objectiver» le plus de connaissances qui l'intéresse; - ...	12. Sens des responsabilités (santé, sécurité et environnement) (G-3, I-4, F-3, H-3, H-4, H-7, H-8)	- tendance à maintenir son corps en meilleure santé possible pour lui-même et pour la collectivité; - tendance à travailler de façon sécuritaire en laboratoire et sur le terrain;
10. Souci d'une langue correcte (F-4)	- recherche du mot et de l'expression justes; - interrogation constante de la signification des mots, symboles..., employés par les autres; - souci d'économie, de simplification de la communication; - ...		- tendance à poser des gestes allant dans le sens d'un comportement responsable à l'égard des diverses ressources de l'environnement; - tendance à percevoir les conséquences du développement de la science et de la technologie sur la société; - ...
11. Conscience «constructiviste» (H-1, H-2, I-1, I-2, I-3, I-4, I-5)	- tendance à considérer la connaissance comme le fruit d'une création, d'une construction de l'intelligence; - tendance à considérer toute vérité comme relative et plus ou moins provisoire; - tendance à considérer les scientifiques comme des humains en situation de recherche... avec leurs limites; - tendance à considérer la méthode scientifique comme une façon de penser; - tendance à considérer la connaissance scientifique comme un système en évolution; - tendance à considérer la science comme un produit de l'histoire; - tendance à considérer la dimension sociale de la science; - ...	13. Sentiment d'appartenance (H-3, H7)	- conscience de faire partie d'une collectivité; - conscience d'être un élément d'un ensemble; - tendance à agir en fonction du bien-être de la collectivité; - ...
		14. Confiance en soi (H-3)	- tendance à exprimer ses idées avec assurance; - tendance à discuter avec assurance; - tendance à faire valoir ses opinions; - ...
		15. Souci de rigueur (H-3)	- souci du travail soigné; - tendance à être persévérant; - tendance à l'ordre; - tendance à la discipline; - ...

ANNEXE II: TAXONOMIE¹

-
1. Cette taxonomie s'inspire de la taxonomie de Bloom, Hastings et Madaus (1971) et de celle de L.E. Klopfer (1971). Quelques modifications ont été faites par l'équipe de rédaction du programme.

A. Acquisition de connaissances et compréhension

- A-1 Connaissance des faits particuliers
- A-2 Connaissance de la terminologie
- A-3 Connaissance des concepts scientifiques
- A-4 Connaissance des conventions
- A-5 Connaissance des tendances et des séquences
- A-6 Connaissance de classifications de catégories et de critères
- A-7 Connaissance de procédures et de techniques
- A-8 Connaissance de principes et de lois
- A-9 Connaissance de théories ou de schèmes conceptuels
- A-10 Identification de connaissances dans un nouveau contexte
- A-11 Transposition de connaissances d'une forme symbolique à une autre

B. Observation et mesure

- B-1 Observation d'objets et de phénomènes
- B-2 Description d'observations
- B-3 Mesures d'objets et de variations (changements)
- B-4 Choix d'instruments appropriés
- B-5 Estimation et reconnaissance des limites des mesures

C. Définition d'un problème

- C-1 Perception d'un problème
- C-2 Formulation d'hypothèses
- C-3 Sélection d'un test d'hypothèse
- C-4 Mise au point de procédures (expérimentales)

D. Interprétation des données et généralisations

- D-1 Traitement des données
- D-2 Présentation des données sous la forme de relations fonctionnelles
- D-3 Interprétation des données
- D-4 Interpolation et extrapolation
- D-5 Vérification d'une hypothèse
- D-6 Formulation de généralisations

E. Construction d'un modèle

- E-1 Perception de la nécessité d'un modèle théorique
- E-2 Formulation d'un modèle théorique
- E-3 Identification des conséquences du modèle
- E-4 Dédution de nouvelles hypothèses
- E-5 Évaluation du modèle
- E-6 Formulation d'un modèle révisé ou perfectionné

F. Application des connaissances et des méthodes

- F-1 Application à de nouveaux problèmes dans le même domaine
- F-2 Application à de nouveaux problèmes dans un autre domaine
- F-3 Application à des problèmes extérieurs aux sciences et extérieurs à la technologie
- F-4 Utilisation de la langue parlée et écrite (propre à une discipline)

G. Habiletés manuelles

- G-1 Développement d'habiletés à manipuler l'équipement utilisé habituellement en laboratoire ou sur le terrain
- G-2 Exécution méthodique de travaux en laboratoire ou sur le terrain
- G-3 Exécution sécuritaire de travaux en laboratoire

II. Attitudes et intérêts

- H-1 Manifestation d'attitudes objectives envers la science et les scientifiques
- H-2 Acceptation de la méthode scientifique comme façon de penser
- H-3 Adoption d'attitudes «scientifiques»
- H-4 Appréciation des expériences d'apprentissage en science
- H-5 Développement d'intérêts pour la science et les activités qui y sont liées
- H-6 Développement du goût pour la poursuite d'une carrière en science ou en technologie
- H-7 Manifestation d'une éthique sociale
- H-8 Manifestation d'une conscience «environnementale»

I. Orientation épistémologique

- I-1 Perception de relations entre divers types d'énoncés scientifiques
- I-2 Reconnaissance de l'influence de la méthode scientifique et de ses limites
- I-3 Perception du passé de la science: reconnaissance des bases de la science
- I-4 Reconnaissance des relations entre la science, la technologie et la société
- I-5 Prise de conscience des implications sociales et morales de la méthode scientifique et de ses produits

**ANNEXE III: LISTE DES
DOCUMENTS DE RÉFÉRENCES
SUGGÉRÉS**

Légende: **AV:** audiovisuel (films, vidéos, cartes...)
 L: logiciels
 R: revues (périodiques, brochures...)
 V: volumes (livres, encyclopédies, dictionnaires...)

AV: AUDIOVISUEL (films, vidéos, cartes...)

- AV-1 **Propriétés physiques de la matière I**, 12 images, Éditions Diapofilm, Bourdon Audiovisuel inc., (5215, rue Berri, local 300, Montréal, H2J 2S4), (diapositives).
- AV-2 **Propriétés physiques de la matière II**, 24 images, Éditions Diapofilm, Bourdon Audiovisuel inc., (diapositives).
- AV-3 **La pression des gaz et les collisions moléculaires**, CHEM Study, (film 16 mm).
- AV-4 **Experiments in Chemistry Series: Boyle's Law**, 31 images, Educational Images Ltd., (P.O. Box 3456, West Side, Elmira, NY 14905), (film fixe).
- AV-5 **Experiments in Chemistry Series: Charle's Law**, 31 images, Educational Images Ltd., (film fixe).
- AV-6 **Experiments in Chemistry Series: Molar Volume of Gas**, 25 images, Educational Images Ltd., (film fixe).
- AV-7 **Le concept de la mole: combinaison des volumes gazeux**, TVO (Radio-Québec), (600, rue Fullum, 5^e étage (5.03), Montréal, H2K 3L6), (vidéo: 10 min).
- AV-8 **Le concept de la mole: hypothèse d'Avogadro**, TVO (Radio-Québec), (vidéo: 10 min).
- AV-9 **Champs de l'espace**, ONF, (Complexe Guy-Favreau, Tour Est, Bureau 005, 200, boul. René-Lévesque Ouest, Montréal, H2A 1Y4), 1969, (vidéo: 19 min).
- AV-10 **Eurêka!**, TVO (Radio-Québec), (Direction de la télévision éducative formelle, Service aux écoles, 600, rue Fullum, 5^e étage, Montréal, H2K 3L6), (3 vidéocassettes: 30 émissions de 4 min 55 s chacune).
- AV-11 **Experiments in Chemistry Series: Energy of Reaction**, Educational Images Ltd., (P.O. Box 3456, West Side, Elmira, NY 14905), (film fixe: 36 images).
- AV-12 **Chemical Reactions**, Educational Images Ltd., (film fixe: 2 documents).
- AV-13 **Omni Science: l'énergie**, Coscient inc., Le groupe Multimédia du Canada, (5225, rue Berri, Montréal, H2J 2S4), 1989, (vidéo: 26 min).
- AV-14 **L'administration de l'énergie pour l'avenir**, ONF, (vidéo: 26 min).
- AV-15 **La prévention des incendies à la maison**, Encyclopaedia Britannica, Le groupe Multimédia du Canada, (vidéo: 11 min).
- AV-16 **Le feu? Pas pour les hommes**, ONF, Montréal, 1971, (vidéo: 9 min).

- AV-17 **L'oxycoupage**, Hydro-Québec, Centre d'information et de documentation, (76, boul. René-Lévesque Ouest, Montréal H2Z 1A4), (vidéo: 23 min).
- AV-18 **Experiments in Chemistry Series: Reaction Rates**, Educational Images Ltd., (film fixe: 26 images).
- AV-19 **Équilibre: stabilité instable**, TVO (Radio-Québec), (vidéo: 10 min).
- AV-20 **Équilibre: équilibre dynamique**, TVO (Radio-Québec), (vidéo: 10 min).
- AV-21 **Équilibre: tendances des réactions**, TVO (Radio-Québec), (vidéo: 10 min).
- AV-22 **Équilibre: le procédé Haber**, TVO (Radio-Québec), (vidéo: 10 min).
- AV-23 **Les dimensions de la science: question d'équilibre**, TV Ontario, (C.P. 200, succursale Q, Toronto, M4T 2T1), (vidéo: 29 min).
- AV-24 **L'effet de serre**, Les entreprises Radio-Canada, (C.P. 6000, succursale A, Montréal, H3C 3A8), (vidéo: 15 min).
- AV-25 **Une question d'attitudes**, ONF, 1968, (vidéo: 29 min).
- AV-26 **Électrochimie: les fondements de l'électrochimie**, TVO (Radio-Québec), (vidéo: 10 min).
- AV-27 **Les dimensions de la science: agent de transformation**, TV Ontario, (vidéo: 29 min).
- AV-28 **Experiments in Chemistry Series: Oxydation-Reduction Reactions**, Educational Images Ltd., (film fixe: 22 images).
- AV-29 **Électrochimie: les cellules électrochimiques**, TVO (Radio-Québec), (vidéo: 10 min).
- AV-30 **Électrochimie: fabrication de cellules électrochimiques**, TVO (Radio-Québec), (vidéo: 10 min).
- AV-31 **Experiments in Chemistry Series: Electrochemistry**, Educational Images Ltd., (vidéo: 35 images).
- AV-32 **Électrochimie: les cellules électrochimiques commerciales**, TVO (Radio-Québec), (vidéo: 10 min).
- AV-33 **Électrochimie: la corrosion**, TVO (Radio-Québec), (vidéo: 10 min).
- AV-34 **Électrochimie: la galvanoplastie**, TVO (Radio-Québec), (vidéo: 10 min).
- AV-35 **Grande-Baie**, Alcan, Cité Film Distribution Ltée, (4980, rue Buchan, Montréal, H4P 1S9), (vidéo 19 mm: 17 min).

AV-36 **Aluminium**, Alcan, Cité Film Distribution Ltée, (film 16 mm: 30 min).

AV-37 **Le monde d'Alcan**, Alcan, Cité Film Distribution Ltée, (film 16 mm ou vidéo 19 mm: 17 min).

AV-38 **Santé, Sécurité, Environnement: les substances dangereuses**, Gouvernement du Québec, ministère de l'Éducation, (vidéo: 24 min).

L: LOGICIELS

- L-1 **Doing chemistry**, (tutoriel), American Chemical Society Office, (1155, 16th Street, NW Washington, DC 20036, USA), (Macintosh, vidéodisque).
- L-2 **À la découverte de la matière**, (banque de données), Le groupe Micro-Intel Inc., (3155, rue Hochelaga, 2^e étage, Montréal (Qc), H1W 1G4), (Macintosh).
- L-3 **Le moteur à combustion**, (tutoriel), Société Grics, (5100, rue Sherbrooke Est, 4^e étage, Tour Est, Montréal (Qc), H1V 3R9), (Max, MS\DOS).
- L-4 **How Engines Work 1**, (démonstrateur), Somestack Industries, (188, Sippewissett Road, Falmouth, MA 02540, USA), (Macintosh).
- L-5 **How Engines Work 2**, (démonstrateur), Somestack Industries, déjà cité, (Macintosh).
- L-6 **La loi de Charles-Gay-Lussac**, (simulateur), Centre de distribution Seraphim, UQTR, (C.P. 500, Trois-Rivières (Qc), G9A 5H7), (MS\DOS).
- L-7 **Un ballon idéal**, (exerciseur, simulateur), Centre de distribution Seraphim, UQTR, déjà cité, (MS\DOS).
- L-8 **Boyle-Mariotte**, (simulateur), Centre de distribution Seraphim, UQTR, déjà cité, (MS\DOS).
- L-9 **Boyle's and Charle's Laws**, Prentice Hall Building, Englewood Cliffs, NJ 07632, (Apple).
- L-10 **Le laboratoire électronique de chimie: chimie minérale**, (simulateur, exerciseur, banque de données), Snowbird Software, (71, Leland Street, Toronto (On), L8S 3A1), (MS\DOS, ICON).
- L-11 **Acculab**, (saisie et traitement de données), Lew and Associates, (200, California Avenue, Suite 217, Palo Alto, CA 94306).
- L-12 **Self Help Physics: Disk 3, Help and Kinetic Theory**, (tutoriel, exerciseur), ScienceSoft and MathSoft, Personalized Programming Service Inc., (Box 406, Woodbury, NY 11797, USA), (MS\DOS, Macintosh, Tandy, Apple).
- L-13 **Gas Laws and the Mole**, (simulateur, tutoriel), Prentice Hall School Division of Simon and Schuster, (Englewood Cliffs, NJ 07632, USA), (Apple II).
- L-14 **Boyle, Charles, Gay-Lussac et les autres**, (banque de données), Le Groupe Micro-Intel Inc., déjà cité, (Macintosh).

- L-15 **Cinetic**, (logiciel-outil, saisie et traitement de données), DIL International Inc., (2115, rue Boivin, Sainte-Foy (Qc), G1V 1N6), (MS\DOS 3.0, Carte Candidus).
- L-16 **Le laboratoire électronique de chimie: chimie physique**, (simulateur, exerciceur, banque de données), Snowbird Software, (MS\DOS, ICON).
- L-17 **Le gaz idéal: une simulation**, (simulateur, exerciceur), Gemini Education Group, Unisys Canada Inc., (740, rue Notre-Dame Ouest, Montréal (Qc), H3C 3X6), (MS\DOS, ICON).
- L-18 **Lois des gaz**, Centre de distribution Seraphim, UQTR, déjà cité, (MS\DOS).
- L-19 **Ideal Gas Simulation**, (simulateur), Merland Scientific Ltd, (247, Armstrong Ave, Georgetown (On), L7G 4X6), (Apple II).
- L-20 **Chemistry V.3**, (exerciceur), Educorp, (7434, Trade Street, San Diego, CA 92121-2410, USA), (Macintosh).
- L-21 **Physical Science Multimedia Library**, (banque de données, démonstrateur), Optical Data, (30, Technology Drive, Box 4919, Warren, NJ 07080, USA), (Macintosh, vidéodisque).
- L-22 **La loi des gaz parfaits**, (tutoriel, exerciceur), Centre de distribution Seraphim, UQTR, déjà cité, (MS\DOS).
- L-23 **Réso**, (banque de données, tutoriel, éditeur de banques de problèmes), Éditions FM, (1113, ave Desnoyers, Laval (Qc), H7C 1Y6), (Max, MS\DOS).
- L-24 **Stella**, (logiciel-outil), High Performance Systems, (13, Dartmouth College Highway, Lyme, NH 03768, USA), (Macintosh).
- L-25 **Time Table of History**, (banque de données), Xiphias, (8758, Venice Boulevard, Los Angeles, CA 90034, USA), (Macintosh, CD-ROM).
- L-26 **SensorNet**, (interface et logiciel de saisie et de traitement de données), Lew & Associates, (200, California Ave, Suite 217, Palo Alto, CA 94306-1618), (Macintosh).
- L-27 **Vibration and Bent Triatomic Molecules: An Illustration of Normal Mode**, (simulateur), Educational Images Ltd, (P.O. Box 3456, West Side, Elmira, NY 14905), (Apple).
- L-28 **Temperature Interface**, EME, (Old Mill Plain Road, P.O. Box 2805, Danbury, Connecticut 06813-2805), (Apple IIe).
- L-29 **Self Help Chemistry: Disk 1, Matter and Energy**, (tutoriel, exerciceur), ScienceSoft & MathSoft, Personalized Programming Service Inc., (Box 406, Woodbury, NY 11797, USA), (MS\DOS, Macintosh, Tandy, Apple).

- L-30 **Chem Lab Simulation 3: Calorimetry**, (simulateur), High Technology Software Products Inc., (P.O. 60406, Oklahoma City, OK 73146), (Apple).
- L-31 **Calorimétrie**, (logiciel-outil, saisie et traitement de données), DIL International Inc., déjà cité.
- L-32 **PSL**, (saisie et traitement de données), IBM Canada Ltée, (140, Grande Allée Est, Québec (Qc), G1R 5N6), (MS\DOS, IBM PS/2).
- L-33 **MI-1000 Multifunction**, (saisie et traitement de données), SciMaTech, (558, Cabridge Ave, Palo Alto, CA 94306), (Macintosh).
- L-34 **Graph-Tab (1991)**, (logiciel-outil), CRAPO Inc., (2901, rue Louvain Est, Montréal (Qc), H1Z 1J7), (Max, MS\DOS).
- L-35 **Self Help Chemistry: Disk 6, Kinetic-Equilibrium-Spontaneous**, (tutoriel, exerciceur), ScienceSoft & MathSoft, Personalized Programming Service Inc., déjà cité, (MS\DOS, Macintosh, Tandy, Apple).
- L-36 **Dynamic Equilibrium**, (tutoriel, simulateur), Prentice Hall, School Division of Simon Schuster, (Apple II).
- L-37 **Exploring Chemistry: Rates and Equilibrium**, (simulateur, vidéodisque), IBM Canada Ltée, déjà cité, (MS\DOS, XT, AT, PS/2).
- L-38 **Durée d'une flamme**, (simulateur), Dr. John Olson, Faculty of Education, Queen's University, (Kingston (On), K7L 3N6), (ICON).
- L-39 **Cinétique**, (simulateur), Centre de distribution Seraphim, UQTR, déjà cité, (MS\DOS).
- L-40 **Les vitesses de réaction**, (simulateur), DGEC (Direction générale de l'enseignement collégial), (452, place Jacques-Cartier, 4^e étage, Montréal (Qc), H2Y 3B3), (Apple).
- L-41 **La cinétique des réactions**, (simulateur), DGEC, déjà cité, (Apple).
- L-42 **Kinetics**, (tutoriel), J & S Software, (135, Haven Avenue, P.O. Box 1276, Port Washington, NY 11050-1276), (Apple).
- L-43 **IBM Biology Series: Chemicals of Life III**, (tutoriel), IBM Canada Ltée, déjà cité, (MS\DOS).
- L-44 **L'équilibre chimique**, (simulateur), Éditions FM, (1113, ave Desnoyers, Laval (Qc), H7C 1Y6), (Max, MS\DOS).
- L-45 **Équilibres chimiques**, DGEC, déjà cité, (MS\DOS, Apple).

- L-46 **J'explore l'équilibre chimique**, (simulateur), Le Groupe Micro-Intel Inc., (Macintosh).
- L-47 **Equilibrium**, (tutoriel), J & S Software, déjà cité (Apple).
- L-48 **La synthèse de l'ammoniac**, (simulateur), DGEC, déjà cité, (MS\DOS, Apple).
- L-49 **La fabrication de l'acide sulfurique**, (simulateur), DGEC, déjà cité, (Apple).
- L-50 **Le pH**, (simulateur, saisie et traitement de données), DIL International Inc., déjà cité, (MS\DOS 3.0).
- L-51 **Neutralisation et conductivité**, (simulateur), DGEC, déjà cité, (Apple).
- L-52 **Self Help Chemistry: Disk 7, Acid-Base and Problems, Hydrolysis**, (tutoriel, exerciceur), ScienceSoft & MathSoft, Personalized Programming Service Inc., déjà cité, (MS\DOS, Macintosh, Tandy, Apple).
- L-53 **The Acid-Base Package**, (simulateur, saisie et traitement de données), Journal of Chemical Education: Software Department of Chemistry, University of Wisconsin-Madison, (1101, University Avenue, Madison, WI 53706), (IBM).
- L-54 **Titration**, (simulateur, exerciceur), Centre de distribution Seraphim, UQTR, déjà cité, (MS\DOS).
- L-55 **MacChemistry**, (simulateur), Fortnum Software, (6742, Gothard Street, Suite 213, Huntington Beach, CA 92647), (Macintosh).
- L-56 **Titration Lab**, (simulateur), Educational Images Ltd., (P.O. Box 3456, West Side, Elmira, NY 14905), (Apple).
- L-57 **Burette**, (simulation), EME, Old Mill, (Plain Road, P.O. Box 2805, Danbury, Connecticut 06813-2805), (Apple IIe).
- L-58 **Chem Lab Simulation I: Titrations**, (simulateur), High Technology Software Products Inc., (P.O. 60406, Oklahoma City, OK 73146), (Apple).
- L-59 **Self Help Chemistry: Disk 8, Oxydation-Reduction-Electrochemistry**, (tutoriel, exerciceur), ScienceSoft & MathSoft, Personalized Programming Service Inc., déjà cité, (MS\DOS, Macintosh, Tandy, Apple).
- L-60 **IBM Biology Series: Chemicals of Life I**, (tutoriel), IBM Canada Ltée, déjà cité, (MS\DOS).
- L-61 **The Living Textbook: Principles of Physical Science**, (vidéodisque, CD-ROM), Perceptix Inc., (Suite 1014, 111, Richmond Street West, Toronto (On), M5H 2J5), (Apple II, Macintosh).

- L-62 **Electrochemical Cells**, (tutoriel), J & S Software, déjà cité, (Apple).
- L-63 **Le comportement des gaz**, (tutoriel), CRAPO Inc., déjà cité, (Max, MS\DOS).
- L-64 **Gip'jo**, (gestionnaire d'idées et de projets), Le Groupe Micro-Intel Inc., déjà cité, (Macintosh).
- L-65 **Science Toolkit Plus Master Module**, (saisie et traitement de données), Broderbund Software-Direct, (P.O. Box 12947, San Rafael, CA 94913-2947), (MS\DOS, Tandy, Apple II).
- L-66 **Self Help Physics: Disk 5, Stoichiometry**, (tutoriel, exerciceur), ScienceSoft and MathSoft, Personalized Programming Service Inc., déjà cité, (MS\DOS, Macintosh, Tandy, Apple).
- L-67 **KC? Discoverer: Exploring the Periodic Table**, (banque de données), JCE: Software, Dept of Chemistry, University of Wisconsin, (1101, University Avenue, Madison, WI 53706, USA), (MS\DOS).
- L-68 **SuperChamp**, (interface, saisie et traitement de données), Merland Scientific Ltd., (247, Armstrong Avenue, Georgetown (On)), (MS\DOS, IBM PS/2, Apple II, C64/128).
- L-69 **Insights into Science Data**, (banque de données), Sunburst Communications, (P.O. Box 3240, Station F, Scarborough (On), M1W 9Z9), (MS\DOS, IBM PS/2, Tandy, Apple II).
- L-70 **Data Insights**, (logiciel-outil, banque de données), Sunburst Communications, déjà cité, (MS\DOS, IBM PS/2, Tandy, Apple II).
- L-71 **Multifunction**, (interface de L-33, logiciel-outil), SciMaTech, déjà cité, (Macintosh).
- L-72 **The Living Textbook: Geology and Meteorology**, (vidéodisque, CD-ROM), Perceptix Inc., déjà cité, (Apple II, Macintosh).
- L-73 **SimEarth**, (simulation, jeu), Broderbund Software-Direct, déjà cité, (MS\DOS, Tandy, Apple II).
- L-74 **Candibus**, (interface de saisie et de traitement de données), DIL International Inc., déjà cité, (MS\DOS).
- L-75 **GISE** (Gestion de l'inventaire des substances entreposées), Gouvernement du Québec, ministère de l'Éducation, avril 1990.
- L-76 **Repères**, Gouvernement du Québec, ministère de l'Éducation, Société Grics, (répertoire informatisé de données en information scolaire et professionnelle).

R: REVUES (périodiques, brochures...)

- R-1 BERRY, Stephen. «La coexistence d'agrégats liquides et solides», Pour la science, n° 156, (octobre 1990), p. 80-86.
- R-2 BOLLINGER, John, et David WINELAND. «Les microplasmas», Pour la science, n° 149, (mars 1990), p. 90-97.
- R-3 FABRE, Édouard. «Les plasmas en fusion», Science et Vie, hors-série n° 161, (décembre 1987), p. 94-101.
- R-4 LACHARITÉ, Manon, et Christian SIMARD. «Éditorial: Le BAPE doit rejeter le projet Soligaz», Franc Nord, vol. 7, n° 6, (novembre-décembre 1990), p. 9.
- R-5 LAUZON, Lyne. «Montréal et la couche d'ozone», Franc Nord, vol. 7, n° 6, (novembre-décembre 1990), p. 24-25.
- R-6 LÉGER, Liliane. «Petit inventaire des états de la matière», Science et Vie, hors série n° 161, (décembre 1987), p. 14-21.
- R-7 LOUNASMAA, Olli, et George PICKETT. «Les états superfluides de l'hélium 3», Pour la science, n° 154, (août 1990), p. 56-63.
- R-8 MAYET, Laurent. «Des huiles intelligentes», Sciences et Avenir, n° 526, (décembre 1990), p. 70-72.
- R-9 MOSSERI, Rémy. «Contes de cristaux et de quasi-cristaux», Science et Vie, hors série n° 161, (décembre 1987), p. 26-37.
- R-10 PIRO, Patick. «La fièvre du zéro absolu», Sciences et Avenir, n° 527, (janvier 1991), p. 74-77.
- R-11 SCHORSCH, Gilbert, Liliane LÉGER et Jean-Pierre COHEN ADDAD. «Les silicones», Pour la science, n° 147, (janvier 1990), p. 64-73.
- R-12 BLEVISS, Deborah, et Peter WAKLZER. «L'énergie de l'automobile», Pour la science, n° 157, (novembre 1990), p. 68-76.
- R-13 CLERY, Dan. «Tempête dans une éprouvette: l'affaire de la fusion froide», Courrier de l'Unesco, (juillet 1990), p. 46-47.
- R-14 CONINX, Paul, et Pierre René DE COTRET. «Les thermopompes: se protéger avec du froid», Protégez-vous, (août 1988), p. 15-20.
- R-15 CONKLING, John. «Les feux d'artifice», Pour la science, n° 155, (septembre 1990), p. 32-38.

- R-16 DAVID, Ged. «L'énergie sur Terre», Pour la science, n° 157, (novembre 1990), p. 26-34.
- R-17 DE SAINT-BLANQUAT, Henri. «Sur la piste du premier feu», Sciences et Avenir, n° 526, (décembre 1990), p. 80-83.
- R-18 HADDAD, Leila. «De la poudre plein les yeux», Science et Vie Junior, n° 19, (septembre 1990), p. 35-38.
- R-19 MESSIER, Omer. «Une histoire explosive», Cap-Aux-Diamants, vol. 5, n° 4, (hiver 1990), p. 49-52.
- R-20 PARENT, Gilles. «Plus d'efficacité, moins de pollution», Québec Science, vol. 28, n° 5, (janvier 1990), p. 34-38.
- R-21 VÉZINA, René, Gilles PARENT, Michel CORBEIL et Gilles DROUIN. «Spécial énergie: un regard sur l'avenir», Québec Science, vol. 28, n° 5, (janvier 1990), p. 17-45.
- R-22 VÉZINA, René. «L'hydrogène: entre la réalité et l'illusion», Québec Science, vol. 28, n° 5, (janvier 1990), p. 34-38.
- R-23 Anonyme. «Radicaux libres et vieillissement - La vitamine E sauvegarde des cellules nerveuses», Pour la science, n° 145, (novembre 1989), p. 11-12.
- R-24 AUGIER, Luc. «Lubrifiants: trop de bidons "bidon"», Science et Vie, n° 857, (février 1989), p. 110-115, 170.
- R-25 BELLONE, Roger. «Cap sur la haute définition», Science et Vie, n° 872, (mai 1990), p. 136-139.
- R-26 BERGERON, Yves. «Cuire et conserver les aliments - La révolution technologique au XIX^e siècle», Cap-Aux-Diamants, n° 24, (hiver 1991), p. 26-28.
- R-27 BOURDIAL, Isabelle. «Recherche industrielle: un tremplin», Science et Vie, n° 866, (novembre 1989), p. 139-142.
- R-28 CINOTTI, Yves. «Le Beaujolais prématuré», Science et Vie, n° 856, (janvier 1989), p. 108-112.
- R-29 DELATTE, Marie-Noëlle. «Le papier de l'an 2000», Québec Science, vol. 29, n° 2, (octobre 1990), p. 40-45.
- R-30 DUPONT, Luc. «Les pompiers High Tech», Québec Science, vol. 28, n° 7, (mars 1990), p. 18-23.
- R-31 GÉLINAS, Jacques. «La cinétique chimique», Spectre, vol. 13, n° 3, (mars 1984), p. 24-26.

- R-32 HUNTON, Donald. «Les lueurs de la navette», Pour la science, n° 147, (janvier 1990), p. 18-23.
- R-33 MOINET, Marie-Laure. «La cuisson par le vide», Science et Vie, n° 836, (mai 1987), p. 94-100, 159.
- R-34 MOINET, Marie-Laure. «Le sac-poubelle à l'amidon», Science et Vie, n° 866, (novembre 1989), p. 116-121, 175.
- R-35 ZEE, John A. «Effet de l'entreposage sur la stabilité des vitamines A et C dans les fruits et légumes», Diététique en action, vol. 3, n° 4, (été 1989), p. 37-39.
- R-36 Anonyme. «La chimie en direct - Pour suivre les réactions chimiques en temps réel», Pour la science, n° 137, (mars 1989), p. 12.
- R-37 BRIÈRE, François G., Raymond DESJARDINS et Berthe BLANCHARD. «Problématique de l'aluminium dans l'eau potable», Sciences et techniques de l'eau, vol. 22, n° 4, (novembre 1989), p. 293-295.
- R-38 CHAPDELAINE, Marc, et Jacques RICHARDSON. «Horizon 2000: repenser les progrès scientifiques», Le Courrier de l'Unesco, (septembre 1990), p. 46, 48.
- R-39 CHEVALIER, Gérard. «La batterie mille-feuilles», Science et Vie, n° 879, (décembre 1990), p. 101-104, 176.
- R-40 CLARK, William. «La gestion de la planète», Pour la science, n° 145, (novembre 1989), p. 26-34.
- R-41 DE SAINT-BLANQUAT, Henri. «Préhistoire: les assassins de la forêt», L'Histoire, n° 131, (mars 1990), p. 28-32.
- R-42 DECLEVES, Anne. «Qu'elle était verte ma forêt», La Vie, n° 2308, (23 novembre 1989), p. 18-24.
- R-43 LABEYRIE, Antoine. «Adieu centrales, voici piles et bactéries», Science et Vie, n° 864, (septembre 1989), p. 72-79.
- R-44 MARTIN-FERRARI, Dominique. «Le cancer des tropiques: la déforestation», Sciences et Avenir, n° 514, (décembre 1989), p. 50-55.
- R-45 MENNESSIER, Marc. «De moins en moins d'eau pour l'agriculture», Science et Vie, n° 870, (mars 1990), p. 100-101.
- R-46 MOINET, Marie-Laure. «Pourquoi nous buvons des nitrates», Science et Vie, n° 872, (mai 1990), p. 72-85, 170.
- R-47 PÉPIN, Raynald. «L'énergie qui tombe pile: les piles électriques», Québec Science, vol. 28, n° 5, (janvier 1990), p. 46-47.

- R-48 REPETTO, Robert. «La déforestation des pays tropicaux», Pour la science, n° 152, (juin 1990), p. 36-42.
- R-49 GIACOBINO, Elisabeth. «Un piège pour les atomes ultra-froids», La Recherche, n° 229, (février 1991), p. 254-255.
- R-50 MONART, Brigitte. «L'hydrogène sous pression: du gaz au métal», La Recherche, n° 219, (avril 1990), p. 366-367.
- R-51 EAGLAND, Donald. «La structure de l'eau», La Recherche, n° 221, (juin 1990), p. 248-250.
- R-52 SHAPIN, Steven. «Le technicien invisible», La Recherche, n° 230, (mars 1991), p. 324-333.
- R-53 MARIGNIER, Jean-Louis. «L'héliographe de Niepa redécouvert», La Recherche, n° 230, (mars 1991), p. 374-376.
- R-54 LASZLO, Pierre. «Les argiles en chimie organique», La Recherche, n° 219, (avril 1990), p. 314-323.
- R-55 DEBY, Carol. «La biochimie de l'oxygène», La Recherche, n° 228, (janvier 1991), p. 56-64.
- R-56 BELLONI-COFFLER, Jacqueline, et autres. «La photographie révélée», La Recherche, n° 217, (février 1990), p. 48-56.
- R-57 WAUTELET, Michel. «Le traitement chimique des matériaux sous laser», La Recherche, n° 229, (février 1991), p. 160-168.
- R-58 BUFFAT, Bernard, et François LEBERT. «Les vitrages électrochromes», La Recherche, n° 231, (avril 1991), p. 434-442.
- R-59 SARRAZIN, Christian. «Les piles au lithium», La Recherche, n° 229, p. 170-176.
- R-60 LA ROCCA, Aldo. «Les applications industrielles du laser», Pour la science, n° 53, (mai 1982), p. 42-52.
- R-61 WALKER, Jearl. «La physique des motifs de givre et un nouveau cadran solaire universel», Pour la science, n° 40, (février 1981), p. 118-124.
- R-62 AUGER, Luc. «Auto: le phare idéal», Science et Vie, n° 876, (septembre 1990), p. 126-129.
- R-63 WALKER, Jearl. «Remarques sur le polissage du verre à la main et sur l'art d'utiliser au mieux une cheminée», Pour la science, n° 12, (octobre 1978), p. 113-118.

- R-64 KOVALEFF, Alex. «Faites des diapositives noir et blanc», Science et Vie, n° 861, (juin 1989), p. 124-127.
- R-65 NASSAU, K. «L'origine de la couleur», Pour la science, n° 38, (décembre 1980), p. 66-80.
- R-66 WALKER, Jearl. «Perception des couleurs dans un réseau noir et blanc», Pour la science, n° 103, (mai 1986), p. 94-98.
- R-67 WALKER, Jearl. «Le mystère des arcs-en-ciel et des arcs surnuméraires, si peu observés», Pour la science, n° 34, (août 1980), p. 109-115.
- R-68 WALKER, Jearl. «Les couleurs vives d'une pellicule de savon. Rubrique: expériences d'amateurs», Pour la science, n° 13, (novembre 1978), p. 164-169.
- R-69 LAMBERT, François. «Problèmes du raccordement de deux fibres optiques», Toute l'électronique, n° 543, (avril 1989), p. 26-29.
- R-70 WALKER, Jearl. «Comment obtenir des couleurs à partir du noir et blanc par la méthode d'Edwind Land», Pour la science, n° 22, (août 1989), p. 115-121.
- R-71 DUBRANA, Didier. «Pourquoi les arbres poussent droit», Science et Vie, n° 880, (janvier 1991), p. 54-61.
- R-72 MANDOLI, Dina, et Winslow BRIGGS. «Les fibres optiques dans les plantes», Pour la science, n° 84, (octobre 1984), p. 102-111.
- R-73 MIMS, Forrest. «Les taches solaires», Pour la science, n° 156, (octobre 1990), p. 106-109.
- R-74 NEUROTH, Norbert. «Le verre, matière première en optique», Pour la science, n° 139, (mai 1989), p. 48-52, 54, 56, 59.
- R-75 RENS, Jean-Guy. «NorTel fait de son usine de Saint-Laurent la capitale mondiale de la fibre optique», Action informatique, vol. 2, n° 19, (23 octobre 1989), p. 3. (Nouvelle)
- R-76 STRYER, Lubert. «Les molécules de la vision», Pour la science, n° 119, (octobre 1987), p. 18-28.
- R-77 WALKER, Jearl. «Comment le plastique sous contrainte prend des couleurs», Pour la science, n° 70, (août 1983), p. 100-106.
- R-78 WALKER, Jearl. «Stalactites de glace», Pour la science, n° 129, (juillet 1988), p. 106-109.
- R-79 Anonyme. «L'homme et l'énergie au cours des âges, les enjeux de l'énergie», Énergie et énergies, Les Cahiers de français, n° 236, (mai-juin 1988).

- R-80 Anonyme. Brochure: Sciences chimiques et physiques, Université du Québec à Trois-Rivières, (août 1988), 30 p.
- R-81 Dépliants sur les expo-sciences, Conseil du développement du loisir scientifique (CDLS), Montréal.
- R-82 CLICHE, Jean-Marie. «Industrie chimique québécoise», Spectre, vol. 18, n° 4, (mars 1989), p. 9-24.
- R-83 FERRERA, Jean. «La cuisine, chimie "sauvage"», Science et Vie, n° 804, (septembre 1984), p. 30-31.
- R-84 GAGNON, Luc, et Yves GUÉRARD. «Énergie: la trilogie du gaspillage», Franc Nord, (hiver 1988), p. 23-25.
- R-85 LANDRY, Louis. «Le chauffage par la chaleur humaine», Vidéo-Pressé, n° 2, (octobre 1987).
- R-86 Anonyme. «Énergie vers l'an 2000», Forces, n° 86, (été 1989).
- R-87 DOROZYNSKI, Alexandre. «Le "Frigo" à chaleur», Science et Vie, n° 843, (décembre 1987), p. 106-107.
- R-88 DRAPEAU, Jean-Pierre. «Pneus: plus ça change, plus c'est pareil!», Franc Nord, hors série n° 6, (1990), p. 12-14.
- R-89 DUBUC, Michel. «Crise environnementale, effet psychosocial!», Franc Nord, hors série, (1990), p. 10-11.
- R-90 ST-HILAIRE, André, et Sylvain MASSE. «Les piles alcalines et rechargeables», Protégez-vous, (janvier 1992), p. 6-14.
- R-91 HUSSET, Marie-Jeanne. «Nous ne sommes pas des oracles», Sciences et Avenir, n° 538, (décembre 1991), p.22-25.

V: VOLUMES (livres, encyclopédies, dictionnaires...)

- V-1 AZIMOV, Isaac. **L'univers de la science**, Paris, InterÉditions, 1986, 946 p.
- V-2 DEBATY, P. **La mesure des attitudes**, Paris, Presses universitaires de France, 1967, 202 p.
- V-3 **Dictionnaires du français: Plus** (CEC), **Lexis** (Larousse).
- V-4 GAMOW, Georges. **L'univers des sciences**, Paris, Dunod, 1961, 166 p.
- V-5 **Histoire de la physique: la formation de la physique**, Paris, Technique et Documentation-Lavoisier, tome 1, 1987, 322 p. (Petite collection d'Histoire des sciences)
- V-6 **Histoire de la science**, Encyclopédie de la Pléiade, Gallimard, 1957.
- V-7 **Histoire des techniques**, Encyclopédie de la Pléiade, Gallimard, 1978.
- V-8 Anonyme. **Le monde des sciences: la chimie**, Édition du Club France Loisirs (Québec Loisirs), 1990, 160 p.
- V-9 Anonyme. **Le monde des sciences: la technologie**, Éditions du Club France Loisirs (Québec Loisirs), 1991, 160 p.
- V-10 Anonyme. **La vie émouvante et noble de Gay-Lussac**, Paris, Gauthier-Villars, 1950, 278 p.
- V-11 BOURGUOIN, Louis. **Histoire des sciences et de leurs applications**, Éditions de l'Arbre, vol. 1, 1945, 325 p.
- V-12 GUAYDIER, Pierre. **Histoire de la physique**, Presses universitaires de France, n° 421, 1964, 127 p.
- V-13 IHDE, Aaron J. **The Development of Modern Chemistry**, Harper and Row, 1964, 851 p.
- V-14 LEICESTER, Henry M., et Herbert S. KLINKSTEIN. **A Source Book in Chemistry, 1400-1900**, Cambridge (Massachusetts), Harvard University Press, 554 p.
- V-15 TREMBLAY, L.-M., et Y. CHASSÉ. **Introduction à la méthode expérimentale**, Montréal, CEC, 116 p.
- V-16 MASSAIN, R. **Chimie et chimistes**, Paris, Éditions Magnard, 1966, 392 p.

- V-17 ALLARD, Michel, et Suzanne BOUCHER. **Le musée et l'école**, Ville La Salle, Les éditions Hurtubise HMH, 1991, 138 p. (Les Cahiers du Québec, psychopédagogie)
- V-18 ROSMORDUC, Jean. **De Thalès à Einstein: histoire de la physique et de la chimie**, Paris-Montréal, 1979. (Études vivantes)
- V-19 **Protocole de Montréal**, relatif à des substances qui appauvrissent la couche d'ozone: acte final. (Information: TD 887C47P967P1987, ministère de l'Environnement, Gouvernement du Québec)
- V-20 CANGUILMEN, G., et autres. **Introduction à l'histoire des sciences**, Paris, Classiques Hachette, tome I, 1978.
- V-21 FOUREZ, Gérard. **La construction des sciences: introduction à la philosophie et l'éthique des sciences**, Paris, Éditions universitaires, 1988, 235 p. (Le Point philosophique)
- V-22 KUHN, Thomas S. **La structure des révolutions scientifiques**, Paris, Flammarion, 1983. (Champs, n° 115)
- V-23 LEPRINCE-RINGUET, Louis. **Grandes découvertes du XX^e siècle**, Larousse, 1957.
- V-24 MESSADIÉ, Gérald. **Les grandes découvertes de la science**, Éditions Bordas, 1987, 255 p. (Les compacts)
- V-25 ROUSSEAU, Pierre. **Histoire de la science**, Fayard. (Les grandes études historiques)
- V-26 **Comment ça marche**, Encyclopédie de l'invention de la science et de la technologie, Montréal, Éditions Franson, 1979, 2760 p.
- V-27 **Encyclopédie internationale des sciences et des techniques**, Larousse.
- V-28 **Dictionnaires des noms propres: Le Petit Robert n° 2**, Larousse.
- V-29 **Pour connaître les sciences**, Chimie, Physique, Astronomie, Larousse, 1961.
- V-30 **Dictionnaire des noms propres en couleurs**, Bordeaux, Larousse, (France Loisirs), 1988, 1728 p.
- V-31 CHARTRAND, Luc, R. DUCHESNE et Y. GINGRAS. **Histoire des sciences au Québec**, Montréal, Les Éditions Boréal, 1987, 487 p.
- V-32 GINGRAS, Yves. **Les origines de la recherche scientifique au Canada: le cas des physiciens**, Boréal, 1991, 295 p.
- V-33 **Le dictionnaire des sciences**, Paris, Hachette, 1990.

- V-34 HOGGAR, et autres. **L'encyclopédie illustrée des sciences**, Paris, Dessain et Tolra, 1986, 2 volumes.
- V-35 TALESNICK, Irwin. **Idea Bank Collation: A Handbook for Science Teachers**, Kingston, S17 Science Supplies and Services Co. Ltd., vol. 1.
- V-36 TURNISS, Tim, et Pierre ZAPATINE. **Technologie moderne: l'espace**, Montréal, Éditions Gamma-Éditions Saint-Loup, 32 p.
- V-37 WARD, Daniel, et Pierre ZAPATINE. **Technologie moderne: les autos**, Montréal, Éditions Gamma-Éditions Saint-Loup, 32 p.
- V-38 GUNSTON, Bill, et Pierre ZAPATINE. **Technologie moderne: les avions**, Montréal, Éditions Gamma-Éditions Saint-Loup, 32 p.
- V-39 SEBRELL, William H. Jr, et James J. HOGGERTY, **L'homme et son alimentation**, Amsterdam, 1968, 200 p. (Life)
- V-40 **Microscopie**, Micromesures par Gérard Robbin, Techniques de l'ingénieur. (R 6710/16p., R 6711/18p.)
- V-41 **Les CFF: des émissions mortelles**, 3^e rapport du Comité permanent de l'environnement/Deadly Release: CFF's. (Information: TD 886C47C425/1990, ministère de l'Environnement, Gouvernement du Québec)
- V-42 BERKES, Istvan. **La physique du quotidien**, Vuibert, 1989, 308 p.
- V-43 CABANAT, Martine. **Les énergies renouvelables**, Paris, Hachette, 1981, 64 p.
- V-44 WILSON, Mitchel. **L'énergie**, 1965, 200 p. (Life, Le monde des sciences)
- V-45 RONAN-COLLIN, A. **Histoire mondiale des sciences**, Paris, Éditions du Seuil, 1988.
- V-46 **La science pour tous**, Grolier, 1963.
- V-47 Anonyme. **L'essentiel sur le monde physique**, Fernand Nathan, 1976.
- V-48 REICHEN, Charles-Albert. **Histoire de la chimie**, Suisse, Éditions Rencontre, 1963, 112 p.
- V-49 KHUN, Thomas S. **La structure des révolutions scientifiques**, Paris, Flammarion, 1983. (Champs, n° 115)
- V-50 HUMPHREYS, David A. **Demonstrating Chemistry**, Hamilton, Chemistry Department, McMaster University, 1983, 160 démonstrations.
- V-51 ALLEGRE, Claude. **Le temps des sciences: économiser la planète**, Paris, Fayard, 1990, 380 p.

- V-52 Anonyme. **Guide de laboratoire (maître) pour la chimie: expériences et principes**, Montréal, Centre éducatif et culturel inc.
- V-53 Anonyme. **Teachers Guide For Chemistry: An Experimental Science**, (CHEM Study), W. H. Freeman and Company, 1963, 785 p.
- V-54 EN COLLABORATION. **STSC Chemistry 30: Teachers' Edition**, Edmonton, Karitann Publishers Inc., 1988.
- V-55 DUMONT, René. **La contrainte ou la mort: lettre aux Québécois sur l'avenir de la planète**, Montréal, Éditions du Méridien, 1990.
- V-56 FLEURY, P., et J.P. MATHIEU, **Chaleur thermodynamique, états de la matière**, Paris, Éditions Eyrolles, 1954, 523 p.
- V-57 BOISVERT, D. **La recherche documentaire**, dans: Recherche sociale, de B. Gauthier, Sillery, Presses de l'Université du Québec, 1984.
- V-58 CONTANDRIOPOULOS, André-Pierre, et autres. **Savoir préparer une recherche, la définir, la structurer, la financer**, Les Presses de l'Université de Montréal, 1980, 198 p.
- V-59 LAPLANTE, Jean. **Le travail de recherche: l'organisation des idées**, Drummondville, Collège de Drummondville, Service d'aide à l'apprentissage, novembre 1981, 16 p.
- V-60 MACE, Gordon. **Guide d'élaboration d'un projet de recherche**, Québec, Les Presses de l'Université Laval, 1988, 119 p.
- V-61 VINET, Bernard. **La bibliothèque, instrument de travail**, Montréal, Centre de psychologie et de pédagogie, 1963, 130 p.
- V-62 EN COLLABORATION. **Méthode de travail intellectuel, et recueil de textes**, Université de Montréal, Faculté de l'éducation permanente, Propédeutique, 1982, 83 p.
- V-63 GOULET, L., et autres. **Cahier de méthodologie**, 4^e édition, Montréal, Université du Québec à Montréal, 1987, 231 p.
- V-64 FORTIN-LINCK, Louise. **Guide méthodologique: méthode de travail intellectuel**, Collège Bois-de-Boulogne, Éducation des adultes, juillet 1979, 188 p.
- V-65 KOURGANOFF, Vladimir. **La recherche scientifique**, Paris, Presses universitaires de France. (Que sais-je?, n° 781)
- V-66 BOSQUET, Robert. **Savoir étudier... Méthodes pour un travail personnel efficace**, Paris, Éditions Le Centurion, 1969, 57 p. (Sciences humaines)

- V-67 DUBREUIL, Richard. **Méthode de travail de l'élève et de l'étudiant**, Paris, Éditions Vuibert, 1977, 64 p. (Documents et méthodes)
- V-68 BÉNICHOUX, R., J. MICHEL et P. PAGEAU. **Guide pratique de la communication scientifique**, Paris, Gaston Lachurié, 1985.
- V-69 BERNIER, Benoit. **Guide de présentation d'un travail de recherche**, 2^e édition, Québec, Presses de l'Université du Québec, 1988, 55 p.
- V-70 BLACKBURN, Marc, et autres. **Comment rédiger un rapport de recherche**, Montréal, Éditions Leméac, 1974, 72 p.
- V-71 CONQUET, André. **Comment communiquer**, Paris, Éditions de l'Entreprise moderne, 1963, 86 p.
- V-72 GIRARD, Francine. **Réussir son diaporama: un guide d'apprentissage**, Les Éditions La Lignée Inc., 1985, 93 p.
- V-73 LEMIEUX, A. **Comment présenter un projet de recherche**, Montréal, Les éditions Agence D'Arc Inc., 1991. (Éducation)
- V-74 LUSSIER, Gilles. **La rédaction des publications scientifiques**, Québec, Presses de l'Université du Québec, 1987, 51 p.
- V-75 PREGENT, R., et R. VIAU. **Guide pratique d'utilisation des moyens audio-visuels en classe**, 2^e édition, Montréal, École polytechnique de Montréal, 1981, 38 p.
- V-76 QUENAULT, C., et J. FAUVEL. **Parler en public, c'est facile**, Paris, Albin Michel, 1982, p. 153.
- V-77 CHASSÉ, Dominique, et Richard PRÉGENT. **Préparer et donner un exposé: guide pratique**, Montréal, Éditions de l'École polytechnique de Montréal, 1990, 42 p.
- V-78 LAVOISIER, Antoine Laurent de. **Extraits du traité élémentaire de chimie présentés par Henri Montias**, Paris, Gauthier-Villars Éditeur, 1964, 64 p. (Au savant dans le texte)
- V-79 DAGOGNET, François. **Tableaux et langage de la chimie**, Paris, Seuil, 1980. (Science ouverte)
- V-80 **Handbook of Chemistry**, McGraw-Hill Book Company.
- V-81 ORDRE DES CHIMISTES DU QUÉBEC. **Guide de sécurité en laboratoire**, 2^e édition, 1985, 26 p.
- V-82 MINISTÈRE DE L'ÉNERGIE ET DES RESSOURCES. **L'énergie force motrice du développement économique: politique énergétique pour les années 1990**, Québec, 181 p.

- V-83 MINISTÈRE DE L'ÉNERGIE ET DES RESSOURCES. **L'énergie du Québec**, Québec, 1989, 115 p.
- V-84 MINISTÈRE DE L'ÉNERGIE ET DES RESSOURCES. **Atlas énergétique du Québec**, Québec, 1989, 24 p.
- V-85 CARPENTIER, Jean-Marc. **L'énergie en héritage: le pétrole et le gaz**, Montréal, Éditions du Méridien et SOQUIP, 1989.
- V-86 FITZHENRY et WHITESIDE. **Énergie: l'horizon canadien**, Canada, 1989, 100 p.
- V-87 THÉRIAULT, Denis. **Jeu: le jeu de l'énergie**, Montréal, Technica ltée, 1983.
- V-88 MATHY, Philippe, et Gérard FOUREZ. **Enseignement des sciences: éthique et société**, Namur, Belgique, Département «Sciences, Philosophie, Sociétés» (Cellule EMSTES), (61, rue de Bruxelles, B 5000, Namur, Belgique), 1991, 100 p.
- V-89 FOUREZ, Gérard. **Pour une éthique de l'enseignement des sciences**, Namur, Belgique, Département «Sciences, Philosophie, Sociétés» (Cellule EMSTES), 1985.
- V-90 FOUREZ, Gérard. **Choix éthiques et conditionnement social**, Namur, Belgique, Département «Sciences, Philosophie, Sociétés» (Cellule EMSTES), 1985.
- V-91 SALEM, Lionel. **Molécule la merveilleuse**, Paris, Inter Éditions, 1979, 91 p.
- V-92 SARMANT, Jean-Pierre. **Dictionnaire de physique**, Hachette, 1981, édition revue et corrigée, 1988, 312 p.
- V-93 EN COLLABORATION. **La recherche en histoire des sciences**, Paris, Éditions du Seuil, 1983, 317 p. (La Recherche)
- V-94 REYNES, Louis. **L'énergie**, Paris, Éditions Hachette, 1980, 193 p. (Faire connaissance avec)
- V-95 BOULAY, Marie-Anne, et Gilles COUTURE. **Le chauffage au bois**, St-Laurent (Qc), Jean Basile, éditeur, 1979, 124 p.
- V-96 TISSOT, Henri. **Crise de l'énergie**, Lausanne, Bibliothèque Laffont des Grands Thèmes, 1975, 143 p.
- V-97 RAICHVARG, Daniel, et Jean JACQUES. **Savants et ignorants: une histoire de la vulgarisation des sciences**, Paris, Éditions du Seuil, 1991.
- V-98 DORST, Jean. **La nature dé-naturée**, Paris, Éditions Delachaux et Niestlé, 1965, 192 p. (Points)
- V-99 DELAUNAY, Janine, et autres. **Halte à la croissance? Le club de Rome**, Paris, Fayard, 1972, 315 p. (Écologie)

- V-100 STEPHEN, David, et James LOCKIE. **L'équilibre dans la nature**, Grande-Bretagne, Flammarion, 1969, 128 p.
- V-101 WARD, Barbara. **L'habitat de l'homme**, Montréal, Les éditions La Presse Ltée, 1976, 285 p.
- V-102 CARSON, Rachel, L. **Le printemps silencieux**, Éditions Plan, 1968, 283 p. (Livre de poche)
- V-103 **Gestion responsable: un engagement total**, Ottawa, Association canadienne des fabricants de produits chimiques, septembre 1991, 35 p.
- V-104 GOUVERNEMENT DU QUÉBEC. «**Portraits de femmes en sciences et technologie**», ministère de l'Enseignement supérieur et de la Science, Québec, 1991, 43 p.
- V-105 CHALMERS, Alan. «**La fabrication de la science**», Paris, Éditions La découverte, 1991, 167 p.
- V-106 GOUVERNEMENT DU QUÉBEC. «**Secteur d'emploi de l'avenir**», 2^e édition, ministère de l'Éducation, DGRD, 1991, (7 brochures).
- V-107 VILLENEUVE, Claude et Léon RODIER. **Document scientifique sur l'effet de serre**, Montréal, Éditions Multi-Monde et Enjeu et Environnement Jeunesse, 1990, 140 p.

ANNEXE IV: RENSEIGNEMENTS SUPPLÉMENTAIRES

Cette annexe présente, à titre indicatif, des renseignements supplémentaires propres à suggérer aux enseignantes, aux enseignants et au personnel de soutien des idées d'équipements particuliers à construire et de protocoles expérimentaux à offrir aux élèves, au besoin, pour les aider à cheminer dans la construction de leurs savoirs.

Ce programme privilégie une approche de résolution de problèmes invitant les élèves à construire un certain nombre de contenus de formation à partir de leurs acquis. L'enseignante ou l'enseignant accordera donc beaucoup d'importance aux protocoles que ses élèves imagineront ou élaboreront pour vérifier leurs hypothèses. Les indications fournies dans cette annexe ne le sont que pour faire penser à des pistes qu'elle ou il pourrait présenter à ses élèves, au besoin. Elles ne sont pas des recettes à faire exécuter par les élèves, sans aucun lien avec leurs cheminements.

MODULE 2

OBJECTIFS

- 2.2 A) Relation quantité de gaz - V : seringue de 5 mL, tube en caoutchouc, cylindre gradué de 10 mL, becher de 250 mL, eau, thermomètre, gaz.
- B) Relation T - V : seringue en verre de 30 mL, 2 bechers de 600 mL, bouche-seringue, plaque chauffante, thermomètre, eau, gaz, glace.
- C) Relation p - V : seringue de 10 mL, fil métallique, bouche-seringue vissant, pince à burette, support universel, boîte de masses de 200 g à 1000 g avec crochet, thermomètre, gaz.
- D) Distribution des gaz: bouchon n° 10 à un trou, tube en verre «serum stopper», aiguille pour seringue, sac en plastique, élastique.
- 2.4 A) Montage pour l'électrolyse:
source de courant, rhéostat, 2 électrodes recourbées (platine, acier inoxydable), fils de connexion avec pinces, becher de 600 mL, 2 cylindres gradués de 10 mL.
- B) Électrolyse de l'eau:
500 mL d'une solution de NaOH 2 mol/L.
- C) Électrolyse de HCl:
500 mL d'une solution de HCl 2 mol/L.
- 2.6 La seringue doit être modifiée pour être bloquée à 140 mL. Voir le matériel de distribution des gaz à l'objectif 2.2.

Il est important que les élèves prennent conscience de l'importance de la poussée de l'air dans la mesure de la masse d'un volume de gaz.

MODULE 3

OBJECTIFS

1.3 A) Expérience: balance, nacelle de pesée, thermomètre, éprouvette de 18 mm x 150 mm, eau du robinet, 1 g de Drano ou 1 g d'engrais soluble ou 1 g de N_3NO_3 .

B) Démonstrations:

- a) ballon gonflé à l'hydrogène, ficelle, perche de 2 m, allumettes;
- b) becher de 100 mL, 15 g de NH_4SCN , 32 g de $\text{Ba}(\text{OH})_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$ solide, agitateur, thermomètre;
- c) becher de 250 mL, 12 g de NaCl + 200 mL d'eau, 60 cm de Mg propre et roulé en boule, 60 cm de fil de Cu n° 16 propre et spiralé, horloge au quartz ou moteur miniature, 2 fils de connexion avec pinces;
- d) rétroprojecteur, vase de Pétri, 25 mL d'une solution de KI 1 mol/L, 3 gouttes de phénolphthaléine, 2 électrodes en C, source de courant 6 V, 2 fils de connexion avec pinces.

Dictionnaire, lunettes de sécurité.

2.2 Remettre environ 4 g de chaque substance que les élèves doivent peser avec la plus grande précision.

2.3 50 mL de chacune des solutions.

2.4 100 mL d'eau, 100 mL de HCl 1,0 mol/L, 4 g de $\text{NaOH}_{(s)}$.

2.5 A) $\text{MgO}_{(s)} + 2 \text{HCl}_{(aq)} \rightarrow \text{MgCl}_{2(aq)} + \text{H}_2\text{O}_{(l)}$
1 g de MgO , 50 mL de HCl 1,00 mol/L.

B) $\text{Mg}_{(s)} + 2 \text{HCl}_{(aq)} \rightarrow \text{MgCl}_{2(aq)} + \text{H}_{2(g)}$
1 g de Mg (25 cm), 50 mL de HCl 1,00 mol/L.

MODULE 4

OBJECTIFS

- 2.1 A) Allumettes et frottoir, 2 éprouvettes de 18 mm x 150 mm, pince à éprouvette, cylindre gradué de 10 mL, 2 mL d'eau de chaux, papier chlorure de cobalt asséché.
- B) Brûleur à alcool ou briquet au butane, becher capable de contenir le brûleur ou le briquet, glace.
- C) Démonstrations:
- a) Bougie, erlenmeyer de 1000 mL, bouchon, O_2 , CO_2 .
 - b) Erlenmeyer de 1000 mL, bouchon, CO_2 , 10 cm de Mg, pince à creuset.
 - c) Pièce de tissu de 10 cm x 10 cm, pièce de tissu de 10 cm x 10 cm plongée dans une solution de H_3BO_3 1 mol/L puis asséchée, bunsen. Allumettes, pince à creuset.
- 2.2 A) Nature des réactants (liaisons): bouteille compte-gouttes contenant H_2O_2 3 %, 2 cylindres gradués de 10 mL, 2 éprouvettes 13 mm x 100 mm, 2 mL d'une solution d'acide oléique 0,5 % dans alcool, 2 bouchons.
- B) Aire: 2 éprouvettes 13 mm x 100 mm, 1 morceau de Mg de 1 cm, l'équivalent de Mg en poudre, 2 fois 2 mL d'une solution de HCl 0,5 mol/L, cylindre gradué de 10 mL.
- C) Concentration: cylindre gradué de 10 mL, flacon laveur, 2 éprouvettes 18 mm x 150 mm, chronomètre.
- 1) 10 mL de solution A (15 g de KIO_3 + 1000 mL d'eau), 10 mL de solution B (4 g d'amidon soluble + 500 mL d'eau bouillante puis 15 g de $NaHSO_3$ + 500 mL d'eau).
 - 2) 5 mL de solution A + 5 mL d'eau, 10 mL de la solution B.
- D) Température: matériel en C, becher de 400 mL contenant 300 mL d'eau chaude (40 °C), 5 mL de la solution A + 5 mL d'eau, 10 mL de la solution B.
- E) Catalyseur: plaque chauffante, thermomètre, 2 bechers de 100 mL contenant chacun 2,5 g de tartrate double de potassium et de sodium dans 30 mL d'eau. Ajouter 10 mL de H_2O_2 de concentration 6 %. Porter les solutions à 70 °C. Ajouter 0,1 g de $CoCl_2$ dissout dans 2,5 mL d'eau à l'un des bechers. Maintenir la température. Éclisses de bois. Balance au $\pm 0,01$ g.

MODULE 5

OBJECTIFS

1.2 A) Température et concentration (à mélanger devant les élèves les quantités suivantes mesurées à l'avance): 500 mL d'une solution de KSCN 0,002 mol/L, 10 mL d'une solution de $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3$ 0,20 mol/L et 490 mL d'eau distillée; cylindre gradué de 50 mL, 50 mL de la solution préparée, 6 éprouvettes de 18 mm x 150 mm, bouteille compte-gouttes contenant une solution de Fe^{3+} 0,20 mol/L, cristal de FeCl_3 , cristal de KSCN, cristal de Na_2HPO_4 , tige de verre, 2 bechers de 250 mL, 350 mL d'eau, cubes de glace, plaque chauffante.

B) Pression: (préparer le NO_2 sous la hotte): dans un erlenmeyer de 500 mL, ajouter 10 g de tournure de cuivre, y verser lentement de l'acide nitrique concentré à l'aide d'un entonnoir à décantation; faire passer le gaz dans un tube dessiccateur contenant du CaCl_2 et recueillir le gaz dans un sac en plastique.

Distribution du gaz: voir liste de matériel relatif au module 2, objectif 2.2.

Seringue de 30 mL, bouche-seringue vissant.

2.1 Expériences:

2 bechers de 100 mL, 1 becher de 250 mL, 2 éprouvettes 13 mm x 100 mm, 2 cylindres gradués de 25 mL, 1 entonnoir, 1 papier-filtre, 1 support à entonnoir, 1 support universel, 1 bouteille compte-gouttes contenant une solution de $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$ 1,0 mol/L (saturée), 1 bouteille compte-gouttes contenant une solution de Na_2CO_3 1,0 mol/L.

a) Matériel déjà mentionné + 20,0 mL d'une solution de CaCl_2 (anhydre) 1,0 mol/L + 20,0 mL d'une solution de Na_2SO_4 (anhydre) 1 mol/L.

b) Matériel déjà mentionné + 2,72 g de CaSO_4 (anhydre) et 2,34 g de NaCl et 40,0 mL d'eau distillée.

Démonstration:

becher de 1000 mL plein d'eau, becher de 1000 mL contenant 1 cm d'eau, 2 verres en plastique transparent, 2 élèves pour faire le transfert de l'eau.

2.2

Système proposé: $\text{CH}_3\text{CO}_2^-_{(\text{aq})} + \text{H}^+_{(\text{aq})} \rightarrow \text{HCH}_3\text{CO}_{2(\text{aq})}$

Calculatrice personnelle ou tableau de conversion des pH en concentrations molaires.

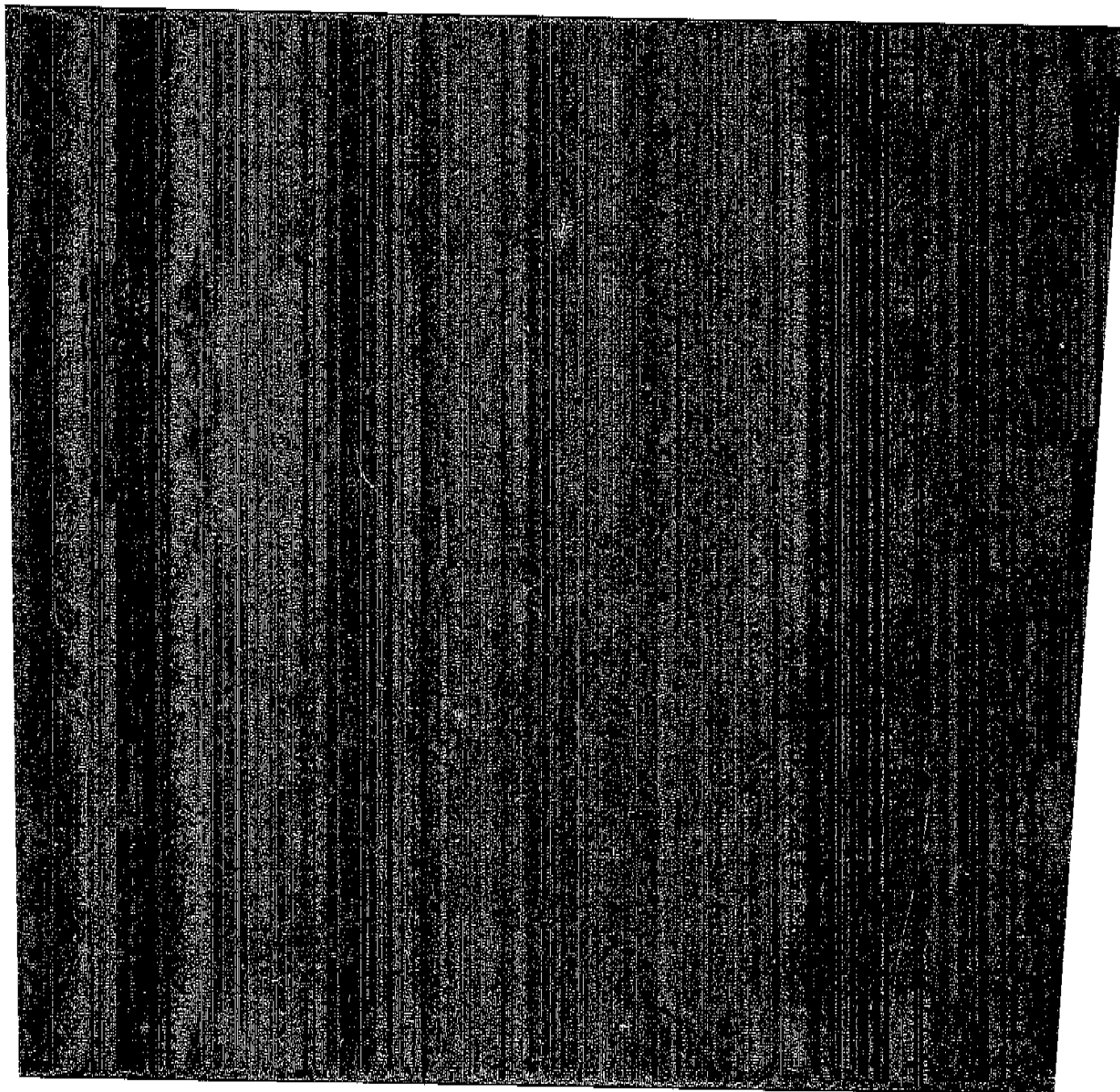
Cylindre gradué de 100 mL, becher de 250 mL, agitateur, 100,0 mL d'une solution de NaCH_3CO_2 1,0 mol/L, 4 x 20,0 d'une solution de HCl 1,0 mol/L. Plaque à titrage (à godets), 2 compte-gouttes, 14 x 1 goutte d'un indicateur universel variant de 4,0 à 10,0, flacon laveur, 5 gouttes de chacune des solutions tampon suivantes:

n° godet	pH	vol. (mL) biphthalate de K 0,10 mol/L	vol. (mL) NaOH 0,10 mol/L
1	4,1	50,0	1,3
2	4,3	50,0	4,7
3	4,5	50,0	8,7
4	4,7	50,0	13,6
5	4,9	50,0	19,4
6	5,1	50,0	25,5
7	5,3	50,0	31,6
8	5,5	50,0	36,6
9	5,7	50,0	40,6
10	5,9	50,0	43,7

ANNEXE V: TABLEAU PÉRIODIQUE DES ÉLÉMENTS

Tableau périodique des éléments

IA	IIA	IIIA	IVA	VA	VIA	VIIA	VIIIA	VIIIB	IVB	VB	VIB	VII	VIII	IX	X	XI	XII																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																		
1 1 H Hydrogène	2 4 He Hélium	3 9 Li Lithium	4 10 Be Béryllium	5 11 Na Sodium	6 12 Mg Magnésium	7 13 Al Aluminium	8 14 Si Silicium	9 15 P Phosphore	10 16 S Soufre	11 17 Cl Chlore	12 18 Ar Argon	13 19 K Potassium	14 20 Ca Calcium	15 21 Sc Scandium	16 22 Ti Titane	17 23 V Vanadium	18 24 Cr Chrome	19 25 Mn Manganèse	20 26 Fe Fer	21 27 Co Cobalt	22 28 Ni Nickel	23 29 Cu Cuivre	24 30 Zn Zinc	25 31 Ga Gallium	26 32 Ge Germanium	27 33 As Arsenic	28 34 Se Sélénium	29 35 Br Brome	30 36 Kr Krypton																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
31 39 Y Yttrium	32 40 Zr Zirconium	33 41 Nb Niobium	34 42 Mo Molybdène	35 43 Tc Technétium	36 44 Ru Ruthénium	37 45 Rh Rhodium	38 46 Pd Paladium	39 47 Ag Argent	40 48 Cd Cadmium	41 49 In Indium	42 50 Sn Étain	43 51 Sb Antimoine	44 52 Te Tellure	45 53 I Iode	46 54 Xe Xénon	47 55 Cs Césium	48 56 Ba Baryum	49 57 La Lanthane	50 58 Ce Cérum	51 59 Pr Praseodyme	52 60 Nd Néodyme	53 61 Pm Prométhée	54 62 Sm Samarium	55 63 Eu Europium	56 64 Gd Gadolinium	57 65 Tb Terbium	58 66 Dy Dysprosium	59 67 Ho Holmium	60 68 Er Erbium	61 69 Tm Thulium	62 70 Yb Ytterbium	63 71 Lu Lutétium																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																			
72 88 Ra Radium	73 89 Ac Actinium	74 90 Th Thorium	75 91 Pa Protactinium	76 92 U Uranium	77 93 Np Neptunium	78 94 Pu Plutonium	79 95 Am Américium	80 96 Cm Curium	81 97 Bk Berkélium	82 98 Cf Californium	83 99 Es Einsteinium	84 100 Fm Fermium	85 101 Md Mendelevium	86 102 No Nobelium	87 103 Lr Lawrencium	88 104 Rf Rutherfordium	89 105 Db Dubnium	90 106 Sg Seaborgium	91 107 Bh Bohrium	92 108 Hs Hassium	93 109 Mt Meitnerium	94 110 Ds Darmstadtium	95 111 Rg Roentgenium	96 112 Cn Copernicium	97 113 Nh Nihonium	98 114 Fl Flerovium	99 115 Lv Livermorium	100 116 Ts Tennessine	101 117 Og Oganesson	102 118 Uue Ununennium	103 119 Uuh Unbinilium	104 120 Uuo Unbihexium	105 121 Uuq Unbium	106 122 Uus Unseptium	107 123 Uut Untrium	108 124 Uuq Unquadium	109 125 Uup Unpentium	110 126 Uuh Unhexium	111 127 Uus Unseptium	112 128 Uut Untrium	113 129 Uuq Unquadium	114 130 Uup Unpentium	115 131 Uuh Unhexium	116 132 Uus Unseptium	117 133 Uut Untrium	118 134 Uuq Unquadium	119 135 Uup Unpentium	120 136 Uuh Unhexium	121 137 Uus Unseptium	122 138 Uut Untrium	123 139 Uuq Unquadium	124 140 Uup Unpentium	125 141 Uuh Unhexium	126 142 Uus Unseptium	127 143 Uut Untrium	128 144 Uuq Unquadium	129 145 Uup Unpentium	130 146 Uuh Unhexium	131 147 Uus Unseptium	132 148 Uut Untrium	133 149 Uuq Unquadium	134 150 Uup Unpentium	135 151 Uuh Unhexium	136 152 Uus Unseptium	137 153 Uut Untrium	138 154 Uuq Unquadium	139 155 Uup Unpentium	140 156 Uuh Unhexium	141 157 Uus Unseptium	142 158 Uut Untrium	143 159 Uuq Unquadium	144 160 Uup Unpentium	145 161 Uuh Unhexium	146 162 Uus Unseptium	147 163 Uut Untrium	148 164 Uuq Unquadium	149 165 Uup Unpentium	150 166 Uuh Unhexium	151 167 Uus Unseptium	152 168 Uut Untrium	153 169 Uuq Unquadium	154 170 Uup Unpentium	155 171 Uuh Unhexium	156 172 Uus Unseptium	157 173 Uut Untrium	158 174 Uuq Unquadium	159 175 Uup Unpentium	160 176 Uuh Unhexium	161 177 Uus Unseptium	162 178 Uut Untrium	163 179 Uuq Unquadium	164 180 Uup Unpentium	165 181 Uuh Unhexium	166 182 Uus Unseptium	167 183 Uut Untrium	168 184 Uuq Unquadium	169 185 Uup Unpentium	170 186 Uuh Unhexium	171 187 Uus Unseptium	172 188 Uut Untrium	173 189 Uuq Unquadium	174 190 Uup Unpentium	175 191 Uuh Unhexium	176 192 Uus Unseptium	177 193 Uut Untrium	178 194 Uuq Unquadium	179 195 Uup Unpentium	180 196 Uuh Unhexium	181 197 Uus Unseptium	182 198 Uut Untrium	183 199 Uuq Unquadium	184 200 Uup Unpentium	185 201 Uuh Unhexium	186 202 Uus Unseptium	187 203 Uut Untrium	188 204 Uuq Unquadium	189 205 Uup Unpentium	190 206 Uuh Unhexium	191 207 Uus Unseptium	192 208 Uut Untrium	193 209 Uuq Unquadium	194 210 Uup Unpentium	195 211 Uuh Unhexium	196 212 Uus Unseptium	197 213 Uut Untrium	198 214 Uuq Unquadium	199 215 Uup Unpentium	200 216 Uuh Unhexium	201 217 Uus Unseptium	202 218 Uut Untrium	203 219 Uuq Unquadium	204 220 Uup Unpentium	205 221 Uuh Unhexium	206 222 Uus Unseptium	207 223 Uut Untrium	208 224 Uuq Unquadium	209 225 Uup Unpentium	210 226 Uuh Unhexium	211 227 Uus Unseptium	212 228 Uut Untrium	213 229 Uuq Unquadium	214 230 Uup Unpentium	215 231 Uuh Unhexium	216 232 Uus Unseptium	217 233 Uut Untrium	218 234 Uuq Unquadium	219 235 Uup Unpentium	220 236 Uuh Unhexium	221 237 Uus Unseptium	222 238 Uut Untrium	223 239 Uuq Unquadium	224 240 Uup Unpentium	225 241 Uuh Unhexium	226 242 Uus Unseptium	227 243 Uut Untrium	228 244 Uuq Unquadium	229 245 Uup Unpentium	230 246 Uuh Unhexium	231 247 Uus Unseptium	232 248 Uut Untrium	233 249 Uuq Unquadium	234 250 Uup Unpentium	235 251 Uuh Unhexium	236 252 Uus Unseptium	237 253 Uut Untrium	238 254 Uuq Unquadium	239 255 Uup Unpentium	240 256 Uuh Unhexium	241 257 Uus Unseptium	242 258 Uut Untrium	243 259 Uuq Unquadium	244 260 Uup Unpentium	245 261 Uuh Unhexium	246 262 Uus Unseptium	247 263 Uut Untrium	248 264 Uuq Unquadium	249 265 Uup Unpentium	250 266 Uuh Unhexium	251 267 Uus Unseptium	252 268 Uut Untrium	253 269 Uuq Unquadium	254 270 Uup Unpentium	255 271 Uuh Unhexium	256 272 Uus Unseptium	257 273 Uut Untrium	258 274 Uuq Unquadium	259 275 Uup Unpentium	260 276 Uuh Unhexium	261 277 Uus Unseptium	262 278 Uut Untrium	263 279 Uuq Unquadium	264 280 Uup Unpentium	265 281 Uuh Unhexium	266 282 Uus Unseptium	267 283 Uut Untrium	268 284 Uuq Unquadium	269 285 Uup Unpentium	270 286 Uuh Unhexium	271 287 Uus Unseptium	272 288 Uut Untrium	273 289 Uuq Unquadium	274 290 Uup Unpentium	275 291 Uuh Unhexium	276 292 Uus Unseptium	277 293 Uut Untrium	278 294 Uuq Unquadium	279 295 Uup Unpentium	280 296 Uuh Unhexium	281 297 Uus Unseptium	282 298 Uut Untrium	283 299 Uuq Unquadium	284 300 Uup Unpentium	285 301 Uuh Unhexium	286 302 Uus Unseptium	287 303 Uut Untrium	288 304 Uuq Unquadium	289 305 Uup Unpentium	290 306 Uuh Unhexium	291 307 Uus Unseptium	292 308 Uut Untrium	293 309 Uuq Unquadium	294 310 Uup Unpentium	295 311 Uuh Unhexium	296 312 Uus Unseptium	297 313 Uut Untrium	298 314 Uuq Unquadium	299 315 Uup Unpentium	300 316 Uuh Unhexium	301 317 Uus Unseptium	302 318 Uut Untrium	303 319 Uuq Unquadium	304 320 Uup Unpentium	305 321 Uuh Unhexium	306 322 Uus Unseptium	307 323 Uut Untrium	308 324 Uuq Unquadium	309 325 Uup Unpentium	310 326 Uuh Unhexium	311 327 Uus Unseptium	312 328 Uut Untrium	313 329 Uuq Unquadium	314 330 Uup Unpentium	315 331 Uuh Unhexium	316 332 Uus Unseptium	317 333 Uut Untrium	318 334 Uuq Unquadium	319 335 Uup Unpentium	320 336 Uuh Unhexium	321 337 Uus Unseptium	322 338 Uut Untrium	323 339 Uuq Unquadium	324 340 Uup Unpentium	325 341 Uuh Unhexium	326 342 Uus Unseptium	327 343 Uut Untrium	328 344 Uuq Unquadium	329 345 Uup Unpentium	330 346 Uuh Unhexium	331 347 Uus Unseptium	332 348 Uut Untrium	333 349 Uuq Unquadium	334 350 Uup Unpentium	335 351 Uuh Unhexium	336 352 Uus Unseptium	337 353 Uut Untrium	338 354 Uuq Unquadium	339 355 Uup Unpentium	340 356 Uuh Unhexium	341 357 Uus Unseptium	342 358 Uut Untrium	343 359 Uuq Unquadium	344 360 Uup Unpentium	345 361 Uuh Unhexium	346 362 Uus Unseptium	347 363 Uut Untrium	348 364 Uuq Unquadium	349 365 Uup Unpentium	350 366 Uuh Unhexium	351 367 Uus Unseptium	352 368 Uut Untrium	353 369 Uuq Unquadium	354 370 Uup Unpentium	355 371 Uuh Unhexium	356 372 Uus Unseptium	357 373 Uut Untrium	358 374 Uuq Unquadium	359 375 Uup Unpentium	360 376 Uuh Unhexium	361 377 Uus Unseptium	362 378 Uut Untrium	363 379 Uuq Unquadium	364 380 Uup Unpentium	365 381 Uuh Unhexium	366 382 Uus Unseptium	367 383 Uut Untrium	368 384 Uuq Unquadium	369 385 Uup Unpentium	370 386 Uuh Unhexium	371 387 Uus Unseptium	372 388 Uut Untrium	373 389 Uuq Unquadium	374 390 Uup Unpentium	375 391 Uuh Unhexium	376 392 Uus Unseptium	377 393 Uut Untrium	378 394 Uuq Unquadium	379 395 Uup Unpentium	380 396 Uuh Unhexium	381 397 Uus Unseptium	382 398 Uut Untrium	383 399 Uuq Unquadium	384 400 Uup Unpentium	385 401 Uuh Unhexium	386 402 Uus Unseptium	387 403 Uut Untrium	388 404 Uuq Unquadium	389 405 Uup Unpentium	390 406 Uuh Unhexium	391 407 Uus Unseptium	392 408 Uut Untrium	393 409 Uuq Unquadium	394 410 Uup Unpentium	395 411 Uuh Unhexium	396 412 Uus Unseptium	397 413 Uut Untrium	398 414 Uuq Unquadium	399 415 Uup Unpentium	400 416 Uuh Unhexium	401 417 Uus Unseptium	402 418 Uut Untrium	403 419 Uuq Unquadium	404 420 Uup Unpentium	405 421 Uuh Unhexium	406 422 Uus Unseptium	407 423 Uut Untrium	408 424 Uuq Unquadium	409 425 Uup Unpentium	410 426 Uuh Unhexium	411 427 Uus Unseptium	412 428 Uut Untrium	413 429 Uuq Unquadium	414 430 Uup Unpentium	415 431 Uuh Unhexium	416 432 Uus Unseptium	417 433 Uut Untrium	418 434 Uuq Unquadium	419 435 Uup Unpentium	420 436 Uuh Unhexium	421 437 Uus Unseptium	422 438 Uut Untrium	423 439 Uuq Unquadium	424 440 Uup Unpentium	425 441 Uuh Unhexium	426 442 Uus Unseptium	427 443 Uut Untrium	428 444 Uuq Unquadium	429 445 Uup Unpentium	430 446 Uuh Unhexium	431 447 Uus Unseptium	432 448 Uut Untrium	433 449 Uuq Unquadium	434 450 Uup Unpentium	435 451 Uuh Unhexium	436 452 Uus Unseptium	437 453 Uut Untrium	438 454 Uuq Unquadium	439 455 Uup Unpentium	440 456 Uuh Unhexium	441 457 Uus Unseptium	442 458 Uut Untrium	443 459 Uuq Unquadium	444 460 Uup Unpentium	445 461 Uuh Unhexium	446 462 Uus Unseptium	447 463 Uut Untrium	448 464 Uuq Unquadium	449 465 Uup Unpentium	450 466 Uuh Unhexium	451 467 Uus Unseptium	452 468 Uut Untrium	453 469 Uuq Unquadium	454 470 Uup Unpentium	455 471 Uuh Unhexium	456 472 Uus Unseptium	457 473 Uut Untrium	458 474 Uuq Unquadium	459 475 Uup Unpentium	460 476 Uuh Unhexium	461 477 Uus Unseptium	462 478 Uut Untrium	463 479 Uuq Unquadium	464 480 Uup Unpentium	465 481 Uuh Unhexium	466 482 Uus Unseptium	467 483 Uut Untrium	468 484 Uuq Unquadium	469 485 Uup Unpentium	470 486 Uuh Unhexium	471 487 Uus Unseptium	472 488 Uut Untrium	473 489 Uuq Unquadium	474 490 Uup Unpentium	475 491 Uuh Unhexium	476 492 Uus Unseptium	477 493 Uut Untrium	478 494 Uuq Unquadium	479 495 Uup Unpentium	480 496 Uuh Unhexium	481 497 Uus Unseptium	482 498 Uut Untrium	483 499 Uuq Unquadium	484 500 Uup Unpentium	485 501 Uuh Unhexium	486 502 Uus Unseptium	487 503 Uut Untrium	488 504 Uuq Unquadium	489 505 Uup Unpentium	490 506 Uuh Unhexium	491 507 Uus Unseptium	492 508 Uut Untrium	493 509 Uuq Unquadium	494 510 Uup Unpentium	495 511 Uuh Unhexium	496 512 Uus Unseptium	497 513 Uut Untrium	498 514 Uuq Unquadium	499 515 Uup Unpentium	500 516 Uuh Unhexium	501 517 Uus Unseptium	502 518 Uut Untrium	503 519 Uuq Unquadium	504 520 Uup Unpentium	505 521 Uuh Unhexium	506 522 Uus Unseptium	507 523 Uut Untrium	508 524 Uuq Unquadium	509 525 Uup Unpentium	510 526 Uuh Unhexium	511 527 Uus Unseptium	512 528 Uut Untrium	513 529 Uuq Unquadium	514 530 Uup Unpentium	515 531 Uuh Unhexium	516 532 Uus Unseptium	517 533 Uut Untrium	518 534 Uuq Unquadium	519 535 Uup Unpentium	520 536 Uuh Unhexium	521 537 Uus Unseptium	522 538 Uut Untrium	523 539 Uuq Unquadium	524 540 Uup Unpentium	525 541 Uuh Unhexium	526 542 Uus Unseptium	527 543 Uut Untrium	528 544 Uuq Unquadium	529 545 Uup Unpentium	530 546 Uuh Unhexium	531 547 Uus Unseptium	532 548 Uut Untrium	533 549 Uuq Unquadium	534 550 Uup Unpentium	535 551 Uuh Unhexium	536 552 Uus Unseptium	537 553 Uut Untrium	538 554 Uuq Unquadium	539 555 Uup Unpentium	540 556 Uuh Unhexium	541 557 Uus Unseptium	542 558 Uut Untrium	543 559 Uuq Unquadium	544 560 Uup Unpentium	545 561 Uuh Unhexium	546 562 Uus Unseptium	547 563 Uut Untrium	548 564 Uuq Unquadium	549 565 Uup Unpentium	550 566 Uuh Unhexium	551 567 Uus Unseptium	552 568 Uut Untrium	553 569 Uuq Unquadium	554 570 Uup Unpentium	555 571 Uuh Unhexium	556 572 Uus Unseptium	557 573 Uut Untrium	558 574 Uuq Unquadium	559 575 Uup Unpentium	560 576 Uuh Unhexium	561 577 Uus Unseptium	562 578 Uut Untrium	563 579 Uuq Unquadium	564 580 Uup Unpentium	565 581 Uuh Unhexium	566 582 Uus Unseptium	567 583 Uut Untrium	568 584 Uuq Unquadium	569 585 Uup Unpentium	570 586 Uuh Unhexium	571 587 Uus Unseptium	572 588 Uut Untrium	573 589 Uuq Unquadium	574 590 Uup Unpentium	575 591 Uuh Unhexium	576 592 Uus Unseptium	577 593 Uut Untrium	578 594 Uuq Unquadium	579 595 Uup Unpentium	580 596 Uuh Unhexium	581 597 Uus Unseptium	582 598 Uut Untrium	583 599 Uuq Unquadium	584 600 Uup Unpentium	585 601 Uuh Unhexium	586 602 Uus Unseptium	587 603 Uut Untrium	588 604 Uuq Unquadium	589 605 Uup Unpentium	590 606 Uuh Unhexium	591 607 Uus Unseptium	592 608 Uut Untrium	593 609 Uuq Unquadium	594 610 Uup Unpentium	595 611 Uuh Unhexium	596 612 Uus Unseptium	597 613 Uut Untrium	598 614 Uuq Unquadium	599 615 Uup Unpentium	600 616 Uuh Unhexium	601 617 Uus Unseptium	602 618 Uut Untrium	603 619 Uuq Unquadium	604 620 Uup Unpentium	605 621 Uuh Unhexium	606 622 Uus Unseptium	607 623 Uut Untrium	608 624 Uuq Unquadium	609 625 Uup Unpentium	610 626 Uuh Unhexium	611 627 Uus Unseptium	612 628 Uut Untrium	613 629 Uuq Unquadium	614 630 Uup Unpentium	615 631 Uuh Unhexium	616 632 Uus Unseptium	617 633 Uut Untrium	618 634 Uuq Unquadium	619 635 Uup Un



Gouvernement du Québec
Ministère
de l'Éducation