

Cours
CHI-5062-2
Cinétique et équilibre chimique

Programme d'études



PRÉSENTATION DU COURS

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

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

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

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

COMPÉTENCES DISCIPLINAIRES

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

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

DÉMARCHES

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

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

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

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

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

COMPÉTENCES TRANSVERSALES

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

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

CONTENU DISCIPLINAIRE

A) SAVOIRS

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

1. Concepts

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

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

Concept général : Équilibre chimique

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

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

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

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

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

2. Techniques

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

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

B) REPÈRES CULTURELS

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

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

FAMILLES DE SITUATIONS D'APPRENTISSAGE

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

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

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

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

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

DOMAINES GÉNÉRAUX DE FORMATION

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

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

EXEMPLE DE SITUATION D'APPRENTISSAGE

FABRIQUER DE L'AMMONIAC? FACILE!

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

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

Votre dossier devra inclure :

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

ATTENTES DE FIN DE COURS

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

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

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

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

CRITÈRES D'ÉVALUATION DES COMPÉTENCES VISÉES PAR LE COURS

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

