

Société Suisse des Professeurs de Sciences Naturelles (SSPSN)

Programme de cours pour l'enseignement de la chimie en discipline fondamentale dans les collèges, gymnases et lycées suisses.

Ce programme de cours décrit, sans limiter la liberté de l'enseignant, la matière qu'un-e étudiant-e de gymnase doit apprendre en discipline fondamentale de chimie sans option spécifique ou complémentaire.

Il suppose un enseignement total de 6 leçons de chimie pendant les dernières années avant l'obtention de la maturité. Les objectifs en caractères droits doivent obligatoirement être atteints; *un choix peut être opéré parmi ceux en italique.*

Les objectifs des plans d'étude cadres pour les écoles conduisant à la maturité (2024) ainsi que les objectifs généraux de la maturité, selon le règlement pour la reconnaissance de la maturité (2023, art. 6). doivent ainsi être atteints.

Le choix des chapitres est effectué en fonction du plan d'étude propre à l'établissement. Il tient comptes des objectifs atteints par les élèves à la fin du secondaire I.

Le programme décrit ne constitue pas un cours. Ce dernier doit être adapté pour l'enseignement et tenir compte du nombre d'heures à disposition, des contraintes locales et des plans d'étude. Il enchaînera les thèmes et les reliera entre eux avec un souci de cohérence didactique.

L'un des objectifs de l'enseignement de la chimie est de fournir aux étudiants des connaissances de base sur les phénomènes chimiques. Pour cela, les étudiants sont encouragés à acquérir une bonne compréhension des cinq concepts chimiques de base (concept substance-particule, concept structurepropriété, concept donneur-accepteur, concept énergétique, concept d'équilibre; source par exemple https://daten.didaktikchemie.uni-bayreuth.de/grundkonzepte_fd/A_Basiskonzepte_Klett.pdf) afin et l'appliquer de manière significative à des situations spécifiques et quotidiennes.

La matière étudiée pendant les leçons de chimie est liée à beaucoup d'autres thèmes, à d'autres savoirs, à d'autres disciplines et à l'environnement des jeunes. Elle doit être traitée en conséquence.

Le présent programme fait des propositions dans ce but : à différents endroits, des liens avec d'autres disciplines (→ biologie, → physique...) sont suggérés. Pour ces chapitres, la collaboration avec les disciplines mentionnées apparaît comme particulièrement importante. Bien évidemment, elle est même souhaitée dans tous les thèmes!

L'enseignement de la chimie en discipline fondamentale doit également inclure ce que le plan d'étude cadre appelle les « compétences transversales ». Grâce aux journaux, aux livres et à l'Internet, les étudiant-e-s de la discipline fondamentale chimie doivent être capables de se positionner d'une manière autonome par rapport aux thèmes scientifiques et techniques.

Dans beaucoup de thèmes, les étudiant-e-s doivent pouvoir effectuer directement leurs propres expérimentations. Une organisation et une infrastructure (équipement, laboratoire pour étudiants, présence d'un laborantin, taille des groupes, budget...) adéquates doivent être mis à disposition. Les moyens nécessaires sont concrètement décrits dans le document « Qualitätssicherung und -entwicklung im Fach Chemie » de la commission alémanique de chimie (Deutschschweizer Chemiekommision, DCK).

Ce programme a été mis au point par la commission alémanique de chimie et par quelques enseignant-e-s intéressé-e-s.

Version provisoire du 4. novembre 2023 lors de la réunion de la DCK à Bienne.

Il a été adopté le xy octobre 2024 à Winterthur, lors de l'assemblée générale de la SSPSN.

Contact : Dr Klemens Koch, Président de la SSPSN, Dorfstrasse 13, 2572 Sutz,

klemens.koch@gsbl.ch

Traduction : David Wintgens, Neuchâtel (2007), Christine Guesdon, Burgdorf (2023).

1 La matière

En discipline fondamentale, le/la candidat-e à la maturité doit être capable de...

1.1 La matière : éléments, corps purs, mélanges

La matière et ses propriétés

Les corps purs et les mélanges, les composés et les corps purs simples, les éléments

Les états d'agrégation

Les méthodes de séparation

- caractériser les substances et leurs propriétés : masse volumique, couleur, solubilité, température de fusion, température d'ébullition...
- définir corps pur, mélange, système homogène et hétérogène (avec exemples), composé, élément/corps pur simple.
- décrire les états d'agrégation et leurs changements à l'aide d'un modèle particulaire simple (→ physique)
- décrire les méthodes de séparation et reconnaître des applications (e.g. *filtration, centrifugation, distillation, extraction, chromatographie*).

2 Atomes et liaisons chimiques

En discipline fondamentale, le/la candidat-e à la maturité doit être capable de...

2.1 Les modèles atomiques

Le développement historique de la notion d'atome et de modèle.

La loi de Coulomb

Modèle structuré de la coquille atomique

Numéro atomique et nombre de masse

Isotopes

Type d'atomes et coquille atomique

La chimie quantique

- *connaître les principales représentations de l'organisation de la matière depuis Démocrite jusqu'aux modèles actuels, en passant par Dalton.*
- se rendre compte que les phénomènes sont interprétés à l'aide de modèles et expliquer la signification des modèles pour les sciences. (→ physique, → philosophie)
- utiliser la loi de Coulomb. (→ physique).
- décrire le modèle atomique du noyau dans une coquille selon Rutherford
- esquisser et commenter un modèle atomique structuré (par exemple le modèle de Bohr).
- expliquer l'organisation du système périodique à l'aide de modèles atomiques.
- définir les termes de nombre de masse, isotope et masse atomique et trouver la masse atomique à l'aide du tableau périodique des éléments.
- pour un type d'atomes de numéro atomique connu, en se servant du tableau périodique,
 - identifier l'élément correspondant (symbole et nom)
 - répartir les électrons sur les différentes couches
 - donner la formule de Lewis pour les éléments principaux.
- utiliser un modèle approprié (par ex. modèle du nuage sphérique ou de l'orbitale hybride) pour la disposition spatiale des électrons dans la coquille de valence
- *expliquer après un petit apport de chimie quantique la structure électronique des particules et des propriétés, p. ex. couleur, comportement magnétique... (→ physique)*

2.2 La liaison chimique et les différents types de composés

- reconnaître et appliquer la règle de l'octet pour les molécules.

2.2.1 Les liaisons covalentes et les édifices moléculaires

Les formules de Lewis de molécules simples

- décrire la liaison covalente à l'aide d'un modèle simple et expliquer les propriétés de substances à structure moléculaire.
- dessiner les formules de Lewis des molécules et ions polyatomiques, en incluant les paires électroniques libres et leur géométrie correcte dans l'espace.

La géométrie des molécules

- déterminer l'arrangement spatial des atomes d'une molécule à l'aide d'un modèle approprié.
- reconnaître si une rotation est libre ou non autour d'une liaison.

L'électronégativité et la polarité

- juger la polarisation d'une liaison et évaluer la polarité de molécules entières.

Les forces intermoléculaires

- reconnaître les types importants de forces intermoléculaires et comparer leur force respective.
- interpréter la température d'ébullition comme conséquence des forces intermoléculaires.
- estimer et interpréter la miscibilité de différents corps.
- illustrer l'importance des ponts hydrogène par l'exemple de l'eau et des molécules biologiquement importantes. (*p. ex. ADN ou protéines*) (→ biologie)

2.2.2 La liaison ionique et les sels

Structure et propriétés des sels

- décrire la liaison ionique et la structure chimique des sels à l'aide d'un modèle simple; expliquer les propriétés qui en découlent.
- interpréter le diagramme énergétique lors de la formation d'un sel à partir des corps purs simples et reconnaître l'importance de l'énergie réticulaire (loi de Coulomb).
- déterminer la charge des ions monoatomiques des éléments principaux et en déduire la formule la plus simple des sels.

Les ions complexes (polyatomiques)

- reconnaître, utiliser et nommer les ions polyatomiques les plus fréquents.

2.2.3 Les liaisons métalliques; les métaux.

Structure et propriétés des métaux

- décrire la liaison métallique et la structure des métaux à l'aide d'un modèle simple pour en justifier les propriétés.

Métaux purs et alliages

- expliquer les différences caractéristiques entre les métaux corps purs simples et les alliages.

3 Les réactions

En discipline fondamentale, le/la candidat-e à la maturité doit être capable de...

3.1 Le déroulement des réactions

La stœchiométrie

L'équation d'une réaction chimique

L'enthalpie de réaction

L'entropie, l'entropie de réaction,
La spontanéité des processus
chimiques

La vitesse de réaction, l'énergie
d'activation, la catalyse.

L'équilibre dynamique

La loi d'action de masse, la
constante d'équilibre.
Le principe de Le Chatelier

- définir les notions de quantité de matière, masse molaire, volume molaire des gaz, et concentration molaire.
- établir l'équation d'une réaction chimique et effectuer les calculs stœchiométriques y relatifs pour des exemples simples.
- estimer les modifications énergétiques pour des processus endo- et exothermiques d'après la structure des réactifs et des produits *et calculer l'enthalpie de réaction à l'aide de tables.*
- *expliquer la différence d'entropie sur la base d'exemples et l'estimer pour des réactions simples*
- *utiliser la relation de Gibbs-Helmholtz pour estimer la spontanéité de processus chimiques simples.*
- expliquer l'influence de la température, de la concentration, de la surface de contact (pour les solides) sur la vitesse de réaction.
- expliquer le principe de fonctionnement d'un catalyseur.
- *faire la différence entre système ouvert, fermé, et isolé.*
- décrire l'équilibre chimique dynamique à l'aide d'un modèle qualitatif aux échelles macroscopique et microscopique.
- *formuler la loi d'action de masse pour des systèmes en équilibre.*
- prévoir les effets d'un changement de concentration, de pression, et de température sur un système en équilibre.

3.2 Les principaux types de réactions

3.2.1 Les réactions de dissolution et de précipitation

- décrire au niveau atomique les processus de dissolution et de cristallisation.
- expliquer la solubilité de certaines espèces chimiques sur la base de quelques exemples choisis.
- décrire l'interaction entre les ions et les dipôles durant des réactions de dissolutions de sels.
- *démontrer la présence de ions par des réactions de précipitation.*

3.2.2 Les réactions acido-basiques

Définition

L'équilibre de protolyse

L'autoprotolyse

- définir les acides et les bases selon Brønsted.
- formuler les équations de réaction de l'équilibre de protolyse pour les acides et les bases en solution aqueuse.
- écrire l'équation de l'autoprotolyse de l'eau *et connaître la valeur du produit ionique de l'eau.*

Le pH

- définir le pH.
- calculer la concentration molaire des ions oxonium (hydronium, hydroxonium) et hydroxyde (H_3O^+ aq., respectivement OH^- aq.) pour des valeurs entières de pH.
- positionner les solutions neutres, acides et basiques dans une échelle de pH.
- reconnaître les différences conceptuelles entre les acides et les bases forts et faibles (protonation/déprotonation complète ou incomplète)
- *donner la formule et le nom de quelques acides et de quelques bases (forts ou faibles).*
- *interpréter qualitativement le pH de solutions salines.*
- *déterminer qualitativement la position d'un équilibre acido-basique en se basant sur la force des acides impliqués.*
- *expliquer qualitativement le fonctionnement d'un indicateur de pH.*
- *expliquer le principe d'un titrage et de la neutralisation.*
- *expliquer qualitativement l'effet tampon.*

Les acides et les bases forts et faibles, l'échelle acido-basique.
La constante d'acidité, la constante de basicité

L'indicateur de pH

La neutralisation, le titrage
Le tampon acido-basique

3.2.3 Les réactions de réduction et d'oxydation

L'oxydation, la réduction

- définir l'oxydation et la réduction dans un sens étroit (transfert d'oxygène) et dans un sens plus large (transfert d'électron).
- écrire les équations de quelques réactions simples d'oxydo-réduction.
- *trouver les degrés d'oxydation d'atomes dans des molécules ou dans des ions complexes.*
- *à l'aide de la série électrochimique, prévoir de manière qualitative la spontanéité de réactions d'oxydoréductions (conditions standards).*
- *expliquer la production électrochimique de courant (principe de la cellule galvanique/pile, pile à combustible) et de l'électrolyse.*

Le degré d'oxydation

Potentiels standards d'oxydo-réduction

La cellule galvanique, l'électrolyse

3.2.4 Les réactions de complexation

La force d'attraction ion-dipôle

Définition

Les aquacomplexes

- *décrire les liaisons de coordination en utilisant l'exemple des aquacomplexes.*
- *décrire la structure chimique d'un complexe.*
- *décrire la réaction de complexation comme un changement du nombre et/ou de la nature des ligands.*
- *formuler la dissolution d'un sel dans l'eau comme une réaction de complexation.*

4 La chimie organique et la biochimie

En discipline fondamentale, le/la candidat-e à la maturité doit être capable de...

La diversité des composés organiques
Les classes de substances

- expliquer la diversité des composés organiques par la particularité de l'atome de carbone.
- distinguer les alcanes (non cycliques et cycliques) et les autres classes de substances, par exemple : alcènes, alcynes, aromatiques simples, halogénoalcanes, alcools, éthers, aldéhydes, cétones, acides carboxyliques, esters carboxyliques, amines, acides aminés et connaître leur importance.

Les groupes fonctionnels

- nommer les groupes fonctionnels de chaque classe de composés.

L'isomérisation de structure

- dessiner les différents isomères de constitution pour une même formule brute.

La nomenclature IUPAC

- expliquer l'isomérisation *E-Z* (*cis-trans*) et *R/S*
- nommer les molécules simples de chaque classe de composés à l'aide de la nomenclature IUPAC.

Les types de réaction

- décrire à l'aide d'exemples : réaction de substitution, d'addition et d'élimination.

La polymérisation

- expliquer à l'aide d'exemples (formules de Lewis) le mécanisme possible d'une polymérisation.
- connaître les principaux produits de polymérisation (par exemple PE, PP, PVC, PS, PTFE) et indiquer leur utilisation courante.

La polycondensation

- esquisser (formule de Lewis) les monomères et les polymères formés.
- décrire l'importance et le fonctionnement de plastifiants
- nommer les principaux matériaux obtenus par polycondensation et leur utilité au quotidien et esquisser leur formule de Lewis pour les réactifs comme pour les produits.

Les matériaux synthétiques

- expliquer les propriétés des matériaux thermoplastiques, élastiques et thermodurcissables en fonction de leur structure moléculaire..
- connaître l'importance des biopolymères et des microplastiques
- comparer d'une manière critique l'incinération et le recyclage des matériaux synthétiques.

Les lipides, les acides gras, les savons, les tensioactifs
(→ biologie)

- décrire la structure générale des molécules de graisse.
- expliquer la fabrication d'un savon à partir de matières grasses.
- décrire le principe d'action d'agents de nettoyage (tensioactifs).

Les hydrates de carbone mono-, di- et polysaccharides
(→ biologie)

- décrire la structure chimique des hydrates de carbone.
- décrire sommairement (sans stéréochimie) la réaction de condensation des hydrates de carbone.
- différencier mono-, di- et polysaccharides.
- décrire la structure chimique des hydrates de carbone les plus importants (glucose, fructose, saccharose, amidon et cellulose).

Les acides aminés, les peptides et les protéines (→ biologie)

- décrire la structure chimique des acides aminés et des peptides.
- décrire la structure et les fonctions (p.ex. des enzymes) des protéines.

Les macromolécules

- montrer avec les hydrates de carbone (amidon, cellulose) et les protéines (soie, kératine, collagène) l'importance pour les organismes vivants des substances à haute masse moléculaire.

- Médicaments et poisons (→ biologie)
- reconnaître la toxicité et la dangerosité des substances sur la base de leur étiquetage : pictogrammes de danger, phrases R et S, *LD50*, valeur *MAK*.
 - *expliquer les processus chimiques du métabolisme de substances étrangères (poisons ou médicaments) dans le corps (p.ex. d'après le modèle de LADME)*

5 Le cycle des matériaux et l'environnement

En discipline fondamentale, le/la candidat-e à la maturité doit être capable de...

- décrire les cycles des matériaux et commenter l'impact de l'homme sur ces cycles.
- discuter les effets de certaines substances sur l'environnement.

5.1 Les sources d'énergie et les matières premières fossiles

Le pétrole, le gaz naturel, le charbon

- nommer les principaux constituants du gaz naturel et du pétrole.
- commenter la place particulière du gaz naturel et du pétrole dans l'approvisionnement énergétique.
- comparer d'une manière critique les hydrocarbures en tant que source d'énergie et que matière première. (→ biologie, → géographie)
- différencier les sources d'énergie renouvelables et non renouvelables.

Les raffineries

- *décrire le traitement du pétrole dans une raffinerie.*
- *expliquer par un exemple le procédé de reformage et démontrer son importance.*

Le craquage

- *expliquer la transformation du pétrole en matières premières pour l'industrie chimique par l'exemple du procédé de craquage.*

Green Chemistry/ chimie verte

- *connaître l'importance du remplacement des combustibles fossiles et de refermer les cycles des matières.*
- *décrire les processus et procédés pour la fabrication de produits (p.ex. gazéification de bois, thermolyse, chimie click)*

5.2 Les matériaux inorganiques

Le quartz, le verre, les silicates

- *décrire d'une manière simplifiée la structure chimique des silicates (quartz, verre...) pour en expliquer les propriétés.*

Le fer et l'acier

- *décrire la fabrication de l'acier et du fer dans les hauts-fourneaux.*

La corrosion

- *décrire les conditions qui font rouiller le fer et les expliquer par des équations.*
- *connaître et expliquer chimiquement les méthodes de protection contre la corrosion.*

L'aluminium

- *décrire la formation électrolytique de l'aluminium.*

5.3 L'eau

L'eau potable

- nommer les substances contenues dans l'eau potable.
- expliquer à l'aide d'équation la dureté de l'eau. (→ géographie, → biologie)

5.4 L'air et l'atmosphère

Les polluants atmosphériques

- commenter la formation et les effets des polluants atmosphériques SO₂, NO₂, NO, O₃ et PM10. (→ biologie, → géographie)

Les pluies acides

L'effet de serre

- expliquer à l'aide d'équations la formation des pluies acides.
- expliquer l'effet de serre et l'origine de l'augmentation du CO₂ dans l'atmosphère depuis la révolution industrielle.
- énumérer d'autres gaz à effet de serre et chiffrer leur contribution approximative à l'effet de serre. (→ biologie, → géographie)
- commenter les mesures possibles pour stabiliser le climat.

Le catalyseur automobile

- schématiser un pot catalytique et expliquer son fonctionnement à l'aide de phrases et d'équations.

La couche d'ozone et le trou d'ozone

- expliquer à l'aide d'équations la formation d'ozone dans la stratosphère ainsi que sa destruction par les CFC. (→ géographie, → biologie)

La synthèse de l'ammoniac

- connaître les conséquences de la synthèse industrielle de l'ammoniac pour l'alimentation mondiale comme pour l'effort de guerre.
- comparer la voie technologique pour la synthèse de l'ammoniac avec la fixation naturelle. (→ histoire, → biologie, → géographie)

L'acide nitrique

- expliquer à l'aide d'équations les étapes de synthèse des engrais azotés à partir d'ammoniac.