

PHYSIQUE – CHIMIE

PCSI

Capacités exigibles

Signaux physiques	.....	p.2
Mécanique	.....	p.6
Thermodynamique	.....	p.9
Statique des fluides	.....	p.11
Induction et forces de Laplace	.....	p.11
Transformation de la matière	.....	p.13
Architecture de la matière	.....	p.14
Transformations chimiques en solution aqueuse	.....	p.16

NB : les capacités exigibles **en gras** sont de nature **expérimentale**.

1. Signaux physiques

1.1. Oscillateur harmonique

- Etablir et reconnaître l'équation différentielle qui caractérise un oscillateur harmonique. La résoudre compte tenu des conditions initiales.
- Caractériser le mouvement en utilisant les notions d'amplitude, de phase, de période, de fréquence, de pulsation.
- Contrôler la cohérence de la solution obtenue avec la conservation de l'énergie mécanique, l'expression de l'énergie potentielle élastique étant ici affirmée.

1.2. Propagation d'un signal

- Identifier les grandeurs physiques correspondant à des signaux acoustiques, électriques, électromagnétiques.
- **Réaliser l'analyse spectrale d'un signal ou sa synthèse.**
- Citer quelques ordres de grandeur de fréquences dans les domaines acoustique et électromagnétique.
- Écrire les signaux sous la forme $f(t - x/c)$ ou $g(t + x/c)$.
- Prévoir dans le cas d'une onde progressive pure l'évolution temporelle à position fixée, et prévoir la forme à différents instants.
- Établir la relation entre la fréquence, la longueur d'onde et la célérité.
- **Mesurer la célérité, la longueur d'onde et le déphasage dû à la propagation d'un phénomène ondulatoire.**
- **Mettre en œuvre un dispositif expérimental pour visualiser le phénomène d'interférences de deux ondes (acoustiques ou mécaniques).**
- Utiliser la représentation de Fresnel pour déterminer l'amplitude de l'onde résultante en un point en fonction du déphasage.
- Exprimer les conditions d'interférences constructives ou destructives.
- **Déterminer une différence relative de fréquence à partir d'enregistrements de battements ou d'observation sensorielle directe.**
- **Décrire une onde stationnaire observée par stroboscopie sur la corde de Melde.**
- Caractériser une onde stationnaire par l'existence de nœuds et de ventres.
- Exprimer les fréquences des modes propres connaissant la célérité et la longueur de la corde.
- Savoir qu'une vibration quelconque d'une corde accrochée entre deux extrémités fixes se décompose en modes propres.
- Faire le lien avec le vocabulaire de la musique et savoir que le spectre émis par un instrument est en réalité plus complexe.
- **Mettre en œuvre un dispositif expérimental permettant d'analyser le spectre du signal acoustique produit par une corde vibrante.**
- Utiliser la relation $\sin \theta \approx \lambda/d$ entre l'échelle angulaire du phénomène de diffraction et la taille caractéristique de l'ouverture.
- Connaître les conséquences de la diffraction sur la focalisation et sur la propagation d'un faisceau laser.
- Choisir les conditions expérimentales permettant de mettre en évidence le phénomène de diffraction en optique ou en mécanique.
- **Reconnaître et produire une onde lumineuse polarisée rectilignement.**
- **Mettre en œuvre une démarche expérimentale autour de la loi de Malus.**

1.3. Optique géométrique

- Caractériser une source lumineuse par son spectre.
- Relier la longueur d'onde dans le vide et la longueur d'onde dans le milieu.
- Relier la longueur d'onde dans le vide et la couleur.
- Définir le modèle de l'optique géométrique et indiquer ses limites.
- Interpréter la loi de la réfraction à l'aide du modèle ondulatoire.
- Établir la condition de réflexion totale (sur un dioptre séparant deux milieux transparents).
- Construire l'image d'un objet (par un miroir plan), identifier sa nature réelle ou virtuelle.
- Énoncer les conditions (de Gauss) permettant un stigmatisme approché et les relier aux caractéristiques d'un détecteur.
- Connaître les définitions et les propriétés du centre optique, des foyers principaux et secondaires, de la distance focale, de la vergence (pour une lentille mince).
- Construire l'image (par une lentille mince) d'un objet situé à distance finie ou infinie à l'aide de rayons lumineux.
- Exploiter les formules de conjugaison et de grandissement transversal fournies (Descartes, Newton).
- Choisir de façon pertinente dans un contexte donné la formulation (Descartes ou Newton) la plus adaptée.
- Établir et connaître la condition $D \geq 4f'$ pour former l'image réelle d'un objet réel par une lentille convergente.
- **Modéliser expérimentalement à l'aide de plusieurs lentilles un dispositif optique d'utilisation courante.**
- *Approche documentaire* : en comparant des images produites par un appareil photographique numérique, discuter l'influence de la focale, de la durée d'exposition, du diaphragme sur la formation de l'image.
- Modéliser l'œil comme l'association d'une lentille de vergence variable et d'un capteur fixe.
- Connaître les ordres de grandeur de la limite de résolution angulaire et de la plage d'accommodation (de l'œil).

1.4. Introduction au monde quantique

- Évaluer des ordres de grandeurs typiques intervenant dans des phénomènes quantiques.
- *Approche documentaire* : décrire un exemple d'expérience mettant en évidence la nécessité de la notion de photon.
- *Approche documentaire* : décrire un exemple d'expérience illustrant la notion d'ondes de matière.
- Interpréter une expérience d'interférences (matière ou lumière) « particule par particule » en termes probabilistes.
- À l'aide d'une analogie avec la diffraction des ondes lumineuses, établir l'inégalité en ordre de grandeur : $\Delta p \Delta x \geq \hbar$.
- Établir le lien entre confinement spatial et énergie minimale de l'oscillateur harmonique quantique (induit par l'inégalité de Heisenberg spatiale).
- Obtenir les niveaux d'énergie (d'une particule libre confinée à 1D) par analogie avec les modes propres d'une corde vibrante.
- Établir le lien qualitatif entre confinement spatial et quantification.

1.5. Circuits électriques dans l'ARQS

- Savoir que la charge électrique est quantifiée.
- Exprimer l'intensité du courant électrique en termes de débit de charge.
- Exprimer la condition d'application de l'ARQS en fonction de la taille du circuit et de la fréquence.

- Relier la loi des nœuds au postulat de la conservation de la charge.
- Utiliser la loi des mailles.
- Algébriser les grandeurs électriques et utiliser les conventions récepteur et générateur.
- Citer les ordres de grandeur des intensités et des tensions dans différents domaines d'application.
- Utiliser les relations entre l'intensité et la tension (pour les dipôles : résistances, condensateurs, bobines, sources décrites par un modèle linéaire).
- Citer les ordres de grandeurs des composants R, L, C.
- Exprimer la puissance dissipée par effet Joule dans une résistance.
- Exprimer l'énergie stockée dans un condensateur ou une bobine.
- Modéliser une source non idéale en utilisant la représentation de Thévenin.
- Remplacer une association série ou parallèle de deux résistances par une résistance équivalente.
- Établir et exploiter les relations de diviseurs de tension ou de courant.
- **Étudier l'influence de ces résistances (d'entrée et de sortie) sur le signal délivré par un GBF, sur la mesure effectuée par un oscilloscope ou un multimètre.**
- Évaluer les grandeurs à l'aide d'une notice ou d'un appareil afin d'appréhender les conséquences de leurs valeurs sur le fonctionnement d'un circuit.
- **Étudier la caractéristique d'un dipôle pouvant être éventuellement non-linéaire et mettre en œuvre un capteur dans un dispositif expérimental.**

1.6. Circuit linéaire du premier ordre

- **Réaliser pour un circuit l'acquisition d'un régime transitoire du premier ordre et analyser ses caractéristiques. Confronter les résultats expérimentaux aux expressions théoriques.**
- Distinguer, sur un relevé expérimental, régime transitoire et régime permanent au cours de l'évolution d'un système du premier ordre soumis à un échelon.
- Interpréter et utiliser les continuités de la tension aux bornes d'un condensateur ou de l'intensité dans une bobine.
- Établir l'équation différentielle du premier ordre vérifiée par une grandeur électrique dans un circuit comportant une ou deux mailles.
- Prévoir l'évolution du système avant toute résolution de l'équation différentielle à partir d'une analyse s'appuyant sur une représentation graphique du type portrait de phase.
- Déterminer analytiquement la réponse temporelle dans le cas d'un régime libre ou d'un échelon. Déterminer un ordre de grandeur de la durée du régime transitoire.
- Réaliser des bilans énergétiques.

1.7. Oscillateurs amortis

- **Mettre en évidence la similitude des comportements des oscillateurs mécanique et électronique.**
- **Réaliser l'acquisition d'un régime transitoire du deuxième ordre et analyser ses caractéristiques.**
- Analyser, sur des relevés expérimentaux, l'évolution de la forme des régimes transitoires en fonction des paramètres caractéristiques.
- Prévoir l'évolution du système à partir de considérations énergétiques.
- Prévoir l'évolution du système en utilisant un portrait de phase fourni.
- Écrire sous forme canonique l'équation différentielle afin d'identifier la pulsation propre et le facteur de qualité.
- Connaître la nature de la réponse en fonction de la valeur du facteur de qualité.
- Déterminer la réponse détaillée dans le cas d'un régime libre ou d'un système soumis à un échelon en recherchant les racines du polynôme caractéristique.

- Déterminer un ordre de grandeur de la durée du régime transitoire, selon la valeur du facteur de qualité.
- Établir et connaître l'impédance d'une résistance, d'un condensateur, d'une bobine en régime harmonique.
- Remplacer une association série ou parallèle de deux impédances par une impédance équivalente.
- **Mettre en œuvre un dispositif expérimental autour du phénomène de résonance.**
- Utiliser la construction de Fresnel et la méthode des complexes pour étudier le régime forcé.
- À l'aide d'un outil de résolution numérique, mettre en évidence le rôle du facteur de qualité pour l'étude de la résonance en élongation.
- Relier l'acuité d'une résonance forte au facteur de qualité.
- Déterminer la pulsation propre et le facteur de qualité à partir de graphes expérimentaux d'amplitude et de phase.
- Expliquer la complémentarité des informations présentes sur les graphes d'amplitude et de phase, en particulier dans le cas de résonance d'élongation de facteur de qualité modéré.
- **Mettre en œuvre une démarche expérimentale autour des régimes transitoires du premier ou du second ordre (flash, sismomètre, ...).**

1.8. Filtrage linéaire

- Savoir que l'on peut décomposer un signal périodique en une somme de fonctions sinusoïdales.
- Définir la valeur moyenne et la valeur efficace. Établir par le calcul la valeur efficace d'un signal sinusoïdal.
- Savoir que le carré de la valeur efficace d'un signal périodique est la somme des carrés des valeurs efficaces de ses harmoniques.
- Utiliser une fonction de transfert donnée d'ordre 1 ou 2 et ses représentations graphiques pour conduire l'étude de la réponse d'un système linéaire à une excitation sinusoïdale, à une somme finie d'excitations sinusoïdales, à un signal périodique.
- **Mettre en œuvre un dispositif expérimental illustrant l'utilité des fonctions de transfert pour un système linéaire à un ou plusieurs étages.**
- Utiliser les échelles logarithmiques et interpréter les zones rectilignes des diagrammes de Bode d'après l'expression de la fonction de transfert.
- Établir le gabarit d'un filtre en fonction du cahier des charges.
- Expliciter les conditions d'utilisation d'un filtre afin de l'utiliser comme moyenneur, intégrateur, ou dérivateur.
- Comprendre l'intérêt, pour garantir leur fonctionnement lors de mises en cascade, de réaliser des filtres de tension de faible impédance de sortie et forte impédance d'entrée.
- **Approche documentaire** : expliquer la nature du filtrage introduit par un dispositif mécanique (sismomètre, amortisseur, accéléromètre...).
- **Étudier le filtrage linéaire d'un signal non sinusoïdal à partir d'une analyse spectrale.**
- **Détecter le caractère non linéaire d'un système par l'apparition de nouvelles fréquences.**

2. Mécanique

2.1. Description et paramétrage du mouvement d'un point

- **Réaliser et exploiter quantitativement un enregistrement vidéo d'un mouvement : évolution temporelle des vecteurs vitesse et accélération.**
- Établir les expressions des composantes du vecteur position, du vecteur-vitesse et du vecteur-accélération dans le seul cas des coordonnées cartésiennes et cylindriques.
- Exprimer à partir d'un schéma le déplacement élémentaire dans les différents systèmes de coordonnées, construire le trièdre local associé et en déduire les composantes du vecteur-vitesse en coordonnées cartésiennes et cylindriques.
- Choisir un système de coordonnées adapté au problème posé.
- Mouvement de vecteur accélération constant : exprimer la vitesse et la position en fonction du temps. Obtenir la trajectoire en coordonnées cartésiennes.
- Mouvement circulaire uniforme et non uniforme : exprimer les composantes du vecteur-position, du vecteur-vitesse et du vecteur-accélération en coordonnées polaires planes. Identifier les liens entre les composantes du vecteur accélération, la courbure de la trajectoire, la norme du vecteur-vitesse et sa variation temporelle. Situer qualitativement la direction du vecteur-accélération dans la concavité d'une trajectoire plane.

2.2. Description du mouvement d'un solide dans deux cas particuliers

- Différencier un solide d'un système déformable.
- Reconnaître et décrire une translation rectiligne, une translation circulaire.
- Rotation autour d'un axe fixe : décrire la trajectoire d'un point quelconque du solide et exprimer sa vitesse en fonction de sa distance à l'axe et de la vitesse angulaire.

2.3. Loi de la quantité de mouvement

- Établir un bilan des forces sur un système, ou plusieurs systèmes en interaction et en rendre compte sur une figure.
- **Proposer un protocole expérimental permettant d'étudier une loi de force.**
- Établir l'expression de la quantité de mouvement d'un système restreint au cas de deux points sous la forme $\vec{p} = m\vec{v}(G)$.
- Décrire le mouvement relatif de deux référentiels galiléens.
- Déterminer les équations du mouvement d'un point matériel ou du centre d'inertie d'un système fermé.
- Mouvement dans le champ de pesanteur uniforme : Mettre en équation le mouvement sans frottement et le caractériser comme un mouvement à vecteur-accélération constant.
- **Approche numérique** : Prendre en compte la traînée pour modéliser une situation réelle. Exploiter un portrait de phase.
- **Approche numérique** : Exploiter une équation différentielle sans la résoudre analytiquement : analyse en ordres de grandeur, détermination de la vitesse limite, utilisation des résultats fournis par un logiciel d'intégration numérique.
- **Proposer un protocole expérimental de mesure de frottements fluides.**
- Établir l'équation du mouvement du pendule simple. Justifier l'analogie avec l'oscillateur harmonique dans le cadre de l'approximation linéaire. Établir l'équation du portrait de phase (intégrale première) dans ce cadre et le tracer.
- Exploiter les lois de Coulomb fournies dans les trois situations : équilibre, mise en mouvement, freinage.
- Formuler une hypothèse (quant au glissement ou non) et la valider.

2.4. Approche énergétique du mouvement d'un point matériel

- Reconnaître le caractère moteur ou résistant d'une force.
- Savoir que la puissance dépend du référentiel.
- Utiliser la loi appropriée (énergie cinétique ou puissance cinétique) en fonction du contexte.
- Établir et connaître les expressions des énergies potentielles de pesanteur (champ uniforme), énergie potentielle gravitationnelle (champ créé par un astre ponctuel), énergie potentielle élastique, énergie électrostatique (champ uniforme et champ créé par une charge ponctuelle).
- Distinguer force conservative et force non conservative.
- Reconnaître les cas de conservation de l'énergie mécanique. Utiliser les conditions initiales.
- Dédire d'un graphe d'énergie potentielle le comportement qualitatif : trajectoire bornée ou non, mouvement périodique, positions de vitesse nulle.
- Expliquer qualitativement le lien entre le profil d'énergie potentielle et le portrait de phase.
- Dédire d'un graphe d'énergie potentielle l'existence de positions d'équilibre, et la nature stable ou instable de ces positions.
- Petits mouvements au voisinage d'une position d'équilibre stable : identifier cette situation au modèle de l'oscillateur harmonique.
- **Approche numérique** : utiliser les résultats fournis par une méthode numérique pour mettre en évidence des effets non linéaires.
- Évaluer l'énergie minimale nécessaire pour franchir une barrière de potentiel.

2.5. Mouvement de particules chargées dans des champs électrique et magnétique uniformes et stationnaires

- Évaluer les ordres de grandeur des forces électrique ou magnétique et les comparer à ceux des forces gravitationnelles.
- Savoir qu'un champ électrique peut modifier l'énergie cinétique d'une particule alors qu'un champ magnétique peut courber la trajectoire sans fournir d'énergie à la particule.
- Cas d'un champ électrostatique uniforme : mettre en équation le mouvement et le caractériser comme un mouvement à vecteur accélération constant.
- Effectuer un bilan énergétique pour calculer la vitesse d'une particule chargée accélérée par une différence de potentiel.
- Mouvement circulaire d'une particule chargée dans un champ magnétostatique uniforme : déterminer le rayon de la trajectoire sans calcul en admettant que celle-ci est circulaire.
- **Approche documentaire** : analyser des documents scientifiques montrant les limites relativistes en s'appuyant sur les expressions fournies $E_c = (\gamma - 1)mc^2$ et $\vec{p} = \gamma m\vec{v}$.

2.6. Loi du moment cinétique

- Relier la direction et le sens du vecteur moment cinétique aux caractéristiques du mouvement.
- Maîtriser le caractère algébrique du moment cinétique scalaire.
- Exploiter la relation pour le solide entre le moment cinétique scalaire, la vitesse angulaire de rotation et le moment d'inertie fourni.
- Relier qualitativement le moment d'inertie à la répartition des masses.
- Calculer le moment d'une force par rapport à un axe orienté en utilisant le bras de levier.
- Définir un couple.
- Définir une liaison pivot et justifier le moment qu'elle peut produire.
- Savoir qu'un moteur ou un frein contient nécessairement un stator pour qu'un couple puisse s'exercer sur le rotor.
- Reconnaître les cas de conservation du moment cinétique.

- Pendule de torsion : établir l'équation du mouvement. Expliquer l'analogie avec l'équation de l'oscillateur harmonique. Établir une intégrale première du mouvement.
- Pendule pesant : établir l'équation du mouvement. Expliquer l'analogie avec l'équation de l'oscillateur harmonique. Établir une intégrale première du mouvement. Lire et interpréter le portrait de phase : bifurcation entre un mouvement pendulaire et un mouvement révolutif.
- **Approche numérique** : Utiliser les résultats fournis par un logiciel de résolution numérique ou des simulations pour mettre en évidence le non isochronisme des oscillations.
- **Réaliser l'acquisition expérimentale du portrait de phase d'un pendule pesant. Mettre en évidence une diminution de l'énergie mécanique.**

2.7. Approche énergétique du mouvement d'un solide en rotation autour d'un axe fixe orienté, dans un référentiel galiléen

- Utiliser la relation $E_c = \frac{1}{2}J_\Delta\omega^2$, l'expression de J_Δ étant fournie.
- Établir l'équivalence dans ce cas entre la loi scalaire du moment cinétique et celle de l'énergie cinétique.

2.8. Loi de l'énergie cinétique pour un système déformable

- **Bilan énergétique du tabouret d'inertie.**
- Prendre en compte le travail des forces intérieures. Utiliser sa nullité dans le cas d'un solide.

2.9. Mouvements dans un champ de force centrale conservatif

- Dédire de la loi du moment cinétique la conservation du moment cinétique.
- Connaître les conséquences de la conservation du moment cinétique : mouvement plan, loi des aires.
- Exprimer la conservation de l'énergie mécanique et construire une énergie potentielle effective.
- Décrire qualitativement le mouvement radial à l'aide de l'énergie potentielle effective. Relier le caractère borné de ce mouvement à la valeur de l'énergie mécanique.
- **Approche documentaire** : Relier l'échelle spatiale sondée à l'énergie mise en jeu lors d'une collision en s'appuyant sur l'expérience de Rutherford.
- Énoncer les lois de Kepler pour les planètes et les transposer au cas des satellites terrestres.
- Cas particulier du mouvement circulaire : montrer que le mouvement est uniforme et savoir calculer sa période.
- Établir la troisième loi de Kepler dans le cas particulier de la trajectoire circulaire. Exploiter sans démonstration sa généralisation au cas d'une trajectoire elliptique.
- Calculer l'altitude d'un satellite géostationnaire et justifier sa localisation dans le plan équatorial.
- Exprimer l'énergie mécanique pour le mouvement circulaire.
- Exprimer l'énergie mécanique pour le mouvement elliptique en fonction du demi-grand axe.
- Exprimer les vitesses cosmiques (vitesse en orbite basse et vitesse de libération) et connaître leur ordre de grandeur en dynamique terrestre.

3. Thermodynamique

3.1. Descriptions microscopique et macroscopique d'un système à l'équilibre

- Définir l'échelle mésoscopique et en expliquer la nécessité. Connaître quelques ordres de grandeur de libres parcours moyens.
- Utiliser un modèle unidirectionnel avec une distribution discrète de vitesse pour montrer que la pression dans un gaz est proportionnelle à la masse des particules, à la densité particulaire et à la vitesse quadratique moyenne au carré.
- Calculer l'ordre de grandeur d'une vitesse quadratique moyenne dans un gaz parfait.
- Identifier un système ouvert, un système fermé, un système isolé.
- Calculer une pression à partir d'une condition d'équilibre mécanique.
- Dédire une température d'une condition d'équilibre thermique.
- Connaître quelques ordres de grandeur de volumes molaires ou massiques dans les conditions usuelles de pression et de température.
- Connaître et utiliser l'équation d'état des gaz parfaits.
- Exprimer l'énergie interne d'un gaz parfait monoatomique à partir de l'interprétation microscopique de la température.
- Savoir que $U_m = U_m(T)$ pour un gaz parfait.
- Savoir que $U_m = U_m(T)$ pour une phase condensée incompressible et indilatable.
- Interpréter graphiquement la différence de compressibilité entre un liquide et un gaz à partir d'isothermes expérimentales.
- Comparer le comportement d'un gaz réel au modèle du gaz parfait sur des réseaux d'isothermes expérimentales en coordonnées de Clapeyron ou d'Amagat.
- Analyser un diagramme de phase expérimental (P, T) .
- Proposer un jeu de variables d'état suffisant pour caractériser l'état d'équilibre d'un corps pur diphasé soumis aux seules forces de pression.
- Positionner les phases dans les diagrammes (P, T) et (P, v) .
- Déterminer la composition d'un mélange diphasé en un point d'un diagramme (P, v) .
- Expliquer la problématique du stockage des fluides.
- **Mettre en œuvre un protocole expérimental d'étude des relations entre paramètres d'état d'un fluide à l'équilibre (corps pur monophasé ou sous deux phases).**
- Utiliser la notion de pression partielle pour adapter les connaissances sur l'équilibre liquide-vapeur d'un corps pur au cas de l'évaporation en présence d'une atmosphère inerte.

3.2. Energie échangée par un système au cours d'une transformation

- Définir le système.
- Exploiter les conditions imposées par le milieu extérieur pour déterminer l'état d'équilibre final.
- Utiliser le vocabulaire usuel : évolutions isochore, isotherme, isobare, monobare, monotherme.
- Calculer le travail des forces de pression par découpage en travaux élémentaires et sommation sur un chemin donné dans le cas d'une seule variable.
- Interpréter géométriquement le travail des forces de pression dans un diagramme de Clapeyron.
- Distinguer qualitativement les trois types de transferts thermiques : conduction, convection et rayonnement.
- Identifier dans une situation expérimentale le ou les systèmes modélisables par un thermostat.
- Proposer de manière argumentée le modèle limite le mieux adapté à une situation réelle entre une transformation adiabatique et une transformation isotherme.

3.3. Premier principe. Bilans d'énergie.

- Définir un système fermé et établir pour ce système un bilan énergétique faisant intervenir travail W et transfert thermique Q .
- Exploiter l'extensivité de l'énergie interne.
- Distinguer le statut de la variation de l'énergie interne du statut des termes d'échange.
- Calculer le transfert thermique Q sur un chemin donné connaissant le travail W et la variation de l'énergie interne ΔU .
- **Mettre en oeuvre un protocole expérimental de mesure d'une grandeur thermodynamique énergétique (capacité thermique, enthalpie de fusion...).**
- Exprimer l'enthalpie $H_m(T)$ du gaz parfait à partir de l'énergie interne.
- Comprendre pourquoi l'enthalpie H_m d'une phase condensée peu compressible et peu dilatable peut être considérée comme une fonction de l'unique variable T .
- Exprimer le premier principe sous forme de bilan d'enthalpie dans le cas d'une transformation monobare avec équilibre mécanique dans l'état initial et dans l'état final.
- Connaître l'ordre de grandeur de la capacité thermique massique de l'eau liquide.
- Exploiter l'extensivité de l'enthalpie et réaliser des bilans énergétiques en prenant en compte des transitions de phases.

3.4. Deuxième principe. Bilans d'entropie.

- Définir un système fermé et établir pour ce système un bilan entropique. Relier l'existence d'une entropie créée à une ou plusieurs causes physiques de l'irréversibilité.
- **Approche documentaire** : interpréter qualitativement l'entropie en terme de désordre en s'appuyant sur la formule de Boltzmann.
- Utiliser l'expression fournie de la fonction d'état entropie.
- Exploiter l'extensivité de l'entropie.
- Connaître la loi de Laplace et ses conditions d'application.
- Connaître et utiliser la relation entre les variations d'entropie et d'enthalpie associées à une transition de phase : $\Delta h_{1 \rightarrow 2}(T) = T \Delta s_{1 \rightarrow 2}(T)$.

3.5. Machines thermiques

- Donner le sens des échanges énergétiques pour un moteur ou un récepteur thermique ditherme.
- Analyser un dispositif concret et le modéliser par une machine cyclique ditherme.
- Définir un rendement ou une efficacité et la relier aux énergies échangées au cours d'un cycle. Justifier et utiliser le théorème de Carnot.
- Citer quelques ordres de grandeur des rendements des machines thermiques réelles actuelles.
- Utiliser le 1er principe dans un écoulement stationnaire sous la forme $h_2 - h_1 = w_u + q$, pour étudier une machine thermique .

4. Statique des fluides

- Distinguer le statut des forces de pression (forces surfaciques de contact) et des forces de pesanteur (forces volumiques à distance).
- Connaître des ordres de grandeur des champs de pression dans le cas de l'océan et de l'atmosphère.
- Exprimer l'évolution de la pression avec l'altitude dans le cas d'un fluide incompressible et homogène et dans le cas de l'atmosphère isotherme dans le modèle du gaz parfait.
- S'appuyer sur la loi d'évolution de la densité moléculaire de l'air dans le cas de l'atmosphère isotherme pour illustrer la signification du facteur de Boltzmann.
- **Approche documentaire** : reconnaître un facteur de Boltzmann ; comparer $k_B T$ aux écarts d'énergie dans un contexte plus général.
- Exprimer une surface élémentaire dans un système de coordonnées adaptées.
- Utiliser les symétries pour déterminer la direction d'une résultante de forces de pression.
- Évaluer une résultante de forces de pression.
- Expliquer l'origine de la poussée d'Archimède.
- Exploiter la loi d'Archimède.
- Exprimer l'équivalent volumique des forces de pression à l'aide d'un gradient.
- Établir l'équation locale de la statique des fluides.

5. Induction et forces de Laplace

5.1. Champ magnétique

- Exploiter une représentation graphique d'un champ vectoriel, identifier les zones de champ uniforme, de champ faible, et l'emplacement des sources.
- Connaître l'allure des cartes de champs magnétiques pour un aimant droit, une spire circulaire et une bobine longue.
- Décrire un dispositif permettant de réaliser un champ magnétique quasi uniforme.
- Connaître des ordres de grandeur de champs magnétiques : au voisinage d'aimants, dans un appareil d'IRM, dans le cas du champ magnétique terrestre.
- Évaluer l'ordre de grandeur d'un champ magnétique à partir d'expressions fournies.
- Orienter le champ magnétique créé par une bobine « infinie » et connaître son expression.
- Définir le moment magnétique associé à une boucle de courant plane.
- Par analogie avec une boucle de courant, associer à un aimant un moment magnétique.
- Connaître un ordre de grandeur du moment magnétique associé à un aimant usuel.

5.2. Actions d'un champ magnétique

- Différencier le champ magnétique extérieur subi du champ magnétique propre créé par un courant filiforme.
- Établir et connaître l'expression de la résultante des forces de Laplace dans le cas d'une barre conductrice placée dans un champ magnétique extérieur uniforme et stationnaire.
- Évaluer la puissance des forces de Laplace (dans le cas des rails de Laplace).
- Établir et connaître l'expression du moment du couple subi en fonction du champ magnétique extérieur et du moment magnétique d'une spire rectangulaire.
- **Mettre en œuvre un dispositif expérimental pour étudier l'action d'un champ magnétique uniforme sur une boussole.**
- **Créer un champ magnétique tournant à l'aide de deux ou trois bobines et mettre en rotation une aiguille aimantée.**

5.3. Lois de l'induction

- Évaluer le flux d'un champ magnétique uniforme à travers une surface s'appuyant sur un contour fermé orienté plan.
- **Décrire, mettre en œuvre et interpréter des expériences illustrant les lois de Lenz et de Faraday.**
- Utiliser la loi de Lenz pour prédire ou interpréter les phénomènes physiques observés.
- Utiliser la loi de Faraday en précisant les conventions d'algèbrisation.

5.4. Circuit fixe dans un champ magnétique qui dépend du temps

- Auto-induction : différencier le flux propre des flux extérieurs. Utiliser la loi de modération de Lenz.
- Évaluer et connaître l'ordre de grandeur de l'inductance propre d'une bobine de grande longueur, le champ magnétique créé par une bobine infinie étant donné.
- **Mesurer la valeur de l'inductance propre d'une bobine.**
- Conduire un bilan de puissance et d'énergie dans un système siège d'un phénomène d'auto-induction en s'appuyant sur un schéma électrique équivalent.
- Déterminer l'inductance mutuelle entre deux bobines de même axe de grande longueur en « influence totale », le champ magnétique créé par une bobine infinie étant donné.
- Circuits couplés par induction mutuelle en régime sinusoïdal forcé : connaître des applications dans le domaine de l'industrie ou de la vie courante.
- Établir le système d'équations en régime sinusoïdal forcé en s'appuyant sur des schémas électriques équivalents.
- Transformateur de tension : établir la loi des tensions.
- Conduire un bilan de puissance et d'énergie.

5.5. Circuit mobile dans un champ magnétique stationnaire

- Rails de Laplace et spire rectangulaire soumise à un champ magnétique extérieur uniforme et en rotation uniforme autour d'un axe fixe orthogonal au champ magnétique : interpréter qualitativement les phénomènes observés.
- Écrire les équations électrique et mécanique en précisant les conventions de signe.
- Effectuer un bilan énergétique.
- Conversion de puissance mécanique en puissance électrique : connaître des applications dans le domaine de l'industrie ou de la vie courante.
- Freinage par induction : expliquer l'origine des courants de Foucault et en connaître des exemples d'utilisation.
- **Mettre en évidence qualitativement les courants de Foucault.**
- Analyser le fonctionnement du moteur à courant continu à entrefer plan en s'appuyant sur la configuration des rails de Laplace.
- Citer des exemples d'utilisation du moteur à courant continu.
- Expliquer le principe de fonctionnement d'un haut-parleur électrodynamique dans la configuration simplifiée des rails de Laplace.
- Effectuer un bilan énergétique.

6. Transformation de la matière

6.1. Description d'un système et évolution vers un état final

- Reconnaître la nature d'une transformation (physique, chimique, nucléaire).
- Déterminer l'état physique d'une espèce chimique pour des conditions expérimentales données de P et T .
- **Approche documentaire** : à partir de documents, analyser le rôle des fluides supercritiques en génie des procédés dans le cadre d'une chimie respectueuse de l'environnement.
- Recenser les constituants physico-chimiques présents dans un système.
- Décrire la composition d'un système à l'aide des grandeurs physiques pertinentes (concentration molaire, fraction molaire, pression partielle).
- Écrire l'équation de la réaction qui modélise une transformation chimique donnée.
- **Déterminer une constante d'équilibre.**
- Décrire qualitativement et quantitativement un système chimique dans l'état initial ou dans un état d'avancement quelconque.
- Exprimer l'activité d'une espèce chimique pure ou dans un mélange dans le cas de solutions aqueuses très diluées ou de mélanges de gaz parfaits avec référence à l'état standard.
- Exprimer le quotient réactionnel.
- Prévoir le sens de l'évolution spontanée d'un système chimique.
- Identifier un état d'équilibre chimique.
- Déterminer la composition chimique du système dans l'état final, en distinguant les cas d'équilibre chimique et de transformation totale, pour une transformation modélisée par une réaction chimique unique.

6.2. Evolution temporelle d'un système chimique

- **Déterminer l'influence d'un paramètre sur la vitesse d'une réaction chimique.**
- Relier la vitesse de réaction, dans les cas où elle est définie, à la vitesse de disparition d'un réactif ou de formation d'un produit.
- **Établir une loi de vitesse à partir du suivi temporel d'une grandeur physique.**
- Exprimer la loi de vitesse si la réaction chimique admet un ordre et déterminer la valeur de la constante cinétique à une température donnée.
- Déterminer la vitesse de réaction à différentes dates en utilisant une méthode numérique ou graphique.
- Déterminer un ordre de réaction à l'aide de la méthode différentielle ou à l'aide des temps de demi-réaction.
- Confirmer la valeur d'un ordre par la méthode intégrale, en se limitant strictement à une décomposition d'ordre 0, 1 ou 2 d'un unique réactif, ou se ramenant à un tel cas par dégénérescence de l'ordre ou conditions initiales stœchiométriques.
- **Approche documentaire** : à partir de documents autour des radionucléides, aborder par exemple les problématiques liées à leur utilisation, leur stockage ou leur retraitement.
- **Déterminer l'énergie d'activation d'une réaction chimique.**
- Déterminer la valeur de l'énergie d'activation d'une réaction chimique à partir de valeurs de la constante cinétique à différentes températures.

7. Architecture de la matière

7.1. Classification périodique des éléments et électronégativité

- Utiliser un vocabulaire précis : élément, atome, corps simple, espèce chimique, entité chimique.
- Associer un type de transition énergétique au domaine du spectre électromagnétique correspondant (UV-visible, IR, RMN).
- Déterminer la longueur d'onde d'une radiation émise ou absorbée à partir de la valeur de la transition énergétique mise en jeu, et inversement.
- Établir un diagramme qualitatif des niveaux d'énergie électroniques d'un atome donné.
- Établir la configuration électronique d'un atome dans son état fondamental (la connaissance des exceptions à la règle de Klechkowski n'est pas exigible).
- Déterminer le nombre d'électrons non appariés d'un atome dans son état fondamental.
- Prévoir la formule des ions monoatomiques d'un élément.
- Relier la position d'un élément dans le tableau périodique à la configuration électronique et au nombre d'électrons de valence de l'atome correspondant.
- Positionner dans le tableau périodique et reconnaître les métaux et non métaux.
- Situer dans le tableau les familles suivantes : métaux alcalins et alcalino-terreux, halogènes et gaz nobles.
- Citer les éléments des périodes 1 à 3 de la classification et de la colonne des halogènes (nom, symbole, numéro atomique).
- **Mettre en œuvre des expériences illustrant le caractère oxydant ou réducteur de certains corps simples.**
- **Élaborer ou mettre en œuvre un protocole permettant de montrer qualitativement l'évolution du caractère oxydant dans une colonne.**
- Relier le caractère oxydant ou réducteur d'un corps simple à l'électronégativité de l'élément.
- Comparer l'électronégativité de deux éléments selon leur position dans le tableau périodique.
- Interpréter l'évolution du rayon atomique dans la classification périodique en utilisant la notion qualitative de nombre de charge effectif.
- Interpréter la différence de valeur entre le rayon d'un atome et le rayon de ses ions.

7.2. Molécules et solvants

- Établir un ou des schémas de Lewis pour une entité donnée et identifier éventuellement le plus représentatif.
- Identifier les écarts à la règle de l'octet.
- Identifier les enchaînements donnant lieu à délocalisation électronique.
- Mettre en évidence une éventuelle délocalisation électronique à partir de données expérimentales.
- Représenter les structures de type AX_n , avec $n \leq 6$.
- Prévoir ou interpréter les déformations angulaires pour les structures de type AX_pE_q , avec $p+q = 3$ ou 4 .
- Relier la structure géométrique d'une molécule à l'existence ou non d'un moment dipolaire permanent.
- Déterminer direction et sens du vecteur moment dipolaire d'une molécule ou d'une liaison.
- Lier qualitativement la valeur plus ou moins grande des forces intermoléculaires à la polarité et la polarisabilité des molécules.
- Prévoir ou interpréter les propriétés liées aux conformations ou aux propriétés spectroscopiques d'une espèce.

- Prévoir ou interpréter les propriétés physiques de corps purs par l'existence d'interactions de van der Waals ou de liaisons hydrogène inter ou intramoléculaires.
- Interpréter la miscibilité ou la non-miscibilité de deux solvants.
- **Élaborer et mettre en œuvre un protocole pour déterminer la valeur d'une constante de partage.**
- **Justifier ou proposer le choix d'un solvant adapté à la dissolution d'une espèce donnée, à la mise en œuvre de certaines réactions, à la réalisation d'une extraction et aux principes de la Chimie Verte.**

7.3. Architecture de la matière condensée : solides cristallins

- Décrire un cristal parfait comme un assemblage de mailles parallélépipédiques.
- Déterminer la population, la coordinence et la compacité pour une structure fournie.
- Déterminer la valeur de la masse volumique d'un matériau cristallisé selon une structure cristalline fournie.
- Relier le rayon métallique, covalent, de van der Waals ou ionique, selon le cas, aux paramètres d'une maille donnée.
- **Utiliser un logiciel ou des modèles cristallins pour visualiser des mailles et des sites interstitiels et pour déterminer des paramètres géométriques.**
- Confronter des données expérimentales aux prévisions du modèle.
- *Approche documentaire* : à partir de documents autour des défauts cristallins, aborder leur nature et leurs conséquences sur les propriétés du matériau.
- Localiser les interstices tétraédriques et octaédriques entre les plans d'empilement.
- Localiser, dénombrer les sites tétraédriques et octaédriques d'une maille CFC et déterminer leur habitabilité.
- Relier les caractéristiques de la liaison métallique (ordre de grandeur énergétique, non directionnalité) aux propriétés macroscopiques des métaux.
- Citer des exemples d'alliage et leur intérêt par rapport à des métaux purs.
- Prévoir la possibilité de réaliser des alliages de substitution ou d'insertion selon les caractéristiques des atomes mis en jeu.
- Identifier les liaisons covalentes, les interactions de van der Waals et les liaisons hydrogène dans un cristal de structure donnée.
- Relier les caractéristiques des liaisons covalentes, des interactions de van der Waals et des liaisons hydrogène (directionnalité ou non, ordre de grandeur des énergies mises en jeu) et les propriétés macroscopiques des solides correspondants.
- Comparer les propriétés macroscopiques du diamant et du graphite et interpréter les différences en relation avec les structures microscopiques (structures cristallines fournies).
- Relier les caractéristiques de l'interaction ionique dans le cadre du modèle ionique parfait (ordre de grandeur de l'énergie d'interaction, non directionnalité, charge localisée) avec les propriétés macroscopiques des solides ioniques.
- Vérifier la tangence anion-cation et la non tangence anion-anion dans une structure cubique de type AB fournie, à partir des valeurs du paramètre de maille et des rayons ioniques.

8. Transformations chimiques en solution aqueuse

8.1. Réactions d'oxydo – réduction

- Prévoir les nombres d'oxydation extrêmes d'un élément à partir de sa position dans le tableau périodique.
- Identifier l'oxydant et le réducteur d'un couple.
- Décrire le fonctionnement d'une pile à partir d'une mesure de tension à vide ou à partir des potentiels d'électrodes.
- Déterminer la capacité d'une pile.
- Utiliser les diagrammes de prédominance ou d'existence pour prévoir les espèces incompatibles ou la nature des espèces majoritaires.
- Prévoir qualitativement ou quantitativement le caractère thermodynamiquement favorisé ou défavorisé d'une réaction d'oxydo-réduction.
- **Pratiquer une démarche expérimentale mettant en jeu des réactions d'oxydo-réduction.**

8.2. Réactions acide – base, de complexation, de précipitation

- Identifier la nature des réactions en solutions aqueuses.
- Extraire, de ressources disponibles, les données thermodynamiques pertinentes pour prévoir qualitativement l'état final d'un système en solution aqueuse ou pour interpréter des observations expérimentales.
- Déterminer la valeur de la constante d'équilibre pour une équation de réaction, combinaison linéaire d'équations dont les constantes thermodynamiques sont connues.
- Retrouver les valeurs de constantes d'équilibre par lecture de courbes de distribution et de diagrammes de prédominance (et réciproquement).
- Déterminer la composition chimique du système dans l'état final, en distinguant les cas d'équilibre chimique et de transformation totale, pour une transformation modélisée par une réaction chimique unique.
- Utiliser les diagrammes de prédominance ou d'existence pour prévoir les espèces incompatibles ou la nature des espèces majoritaires.
- Prévoir l'état de saturation ou de non saturation d'une solution, en solide ou en gaz.
- Exploiter des courbes d'évolution de la solubilité en fonction d'une variable.
- **Pratiquer une démarche expérimentale illustrant les transformations en solutions aqueuses.**
- **Utiliser une solution tampon de façon pertinente.**
- **Pratiquer une démarche expérimentale mettant en jeu une résine échangeuse d'ions.**
- *Approche documentaire* : à partir de documents autour du traitement d'effluents, dégager par exemple les méthodes de détection d'espèces (méthodes physiques ou chimiques), d'évaluation des concentrations, de valeurs limites acceptables ou les procédés et transformations mis en jeu pour la séparation des espèces et la dépollution.

8.3. Diagrammes potentiel – pH

- Attribuer les différents domaines d'un diagramme fourni à des espèces données.
- Retrouver la valeur de la pente d'une frontière dans un diagramme potentiel-pH.
- Justifier la position d'une frontière verticale.
- Prévoir le caractère thermodynamiquement favorisé ou non d'une transformation par superposition de diagrammes.
- Discuter de la stabilité des espèces dans l'eau.
- Prévoir la stabilité d'un état d'oxydation en fonction du pH du milieu.
- Prévoir une éventuelle dismutation ou médiatisation.

- Confronter les prévisions à des données expérimentales et interpréter d'éventuels écarts en termes cinétiques.
- **Mettre en œuvre une démarche expérimentale s'appuyant sur l'utilisation d'un diagramme potentiel-pH.**