

**Chimie :**

**E.7 Application des principes de la thermodynamique à l'étude des transformations physico-chimiques**

Notions et contenus	Capacités exigibles
Nombre de degrés de liberté d'un système physico-chimique à l'équilibre; variance.	Reconnaître si une grandeur intensive est ou non un facteur d'équilibre. Dénombrer les degrés de liberté d'un système à l'équilibre et interpréter le résultat.
Perturbation d'un système à l'équilibre chimique.	Comparer le quotient de réaction et la constante thermodynamique d'équilibre pour interpréter l'effet de la variation d'un paramètre d'influence sur un système initialement à l'équilibre chimique.

**E.8 Changement d'état solide-liquide d'un mélange binaire**

Notions et contenus	Capacités exigibles
Caractérisation d'un mélange binaire.	Convertir des fractions molaires en fractions massiques dans le cas de systèmes binaires et inversement.
Miscibilité totale ou nulle.	Citer les facteurs d'influence de la miscibilité : interactions entre entités chimiques, température.
Diagrammes de phases solide-liquide isobares : — avec miscibilité totale à l'état solide, — avec miscibilité nulle à l'état solide, avec ou sans composé défini à fusion congruente; eutectique.	Exploiter un faisceau de courbes d'analyse thermique pour établir l'allure d'un diagramme de phases solide-liquide isobare. Attribuer les différentes zones du diagramme. Exploiter un diagramme de phases isobare pour décrire l'évolution d'un système lors d'une variation de température. Calculer et commenter la valeur de la variance en un point du diagramme. Décrire les caractéristiques des mélanges indifférents, eutectiques et des composés définis.
Théorème des moments chimiques.	Déterminer la ou les phases en présence et leur composition en un point donné d'un diagramme de phases solide-liquide isobare.
Cristallisation fractionnée.	Interpréter une cristallisation fractionnée à l'aide de diagrammes de phases solide-liquide isobares. Effectuer un bilan de matière pour une cristallisation fractionnée.

**Chapitre 7 : Perturbation d'un système physico-chimique à l'équilibre chimique**

**I. Variance d'un système physico-chimique**

- Paramètres intensifs d'un système physico-chimique
- Facteurs d'équilibre
- Variance  $v$  : définitions et calcul ; degré de liberté

**II. Etude de la modification d'un paramètre physico-chimique**

- Variance et déplacement ou rupture d'équilibre
- Influence de la pression
- Influence des paramètres de composition
- Influence de la température

**Chapitre 8 : Changement d'état solide – liquide d'un mélange binaire**

**I. Rappels : description d'un corps pur en équilibre diphasé : Diagrammes (P,T) et (P,v) - variance**

**II. Notion de mélange binaire : fractions molaires et massiques**

**III. Diagramme de phases d'un mélange binaire solide-liquide isobare avec miscibilité totale à l'état solide**

- Construction du diagramme à partir des courbes d'analyse thermique
- Variance dans chacun des domaines
- Composition relative de chacune des phases : théorème de l'horizontale
- Composition globale du système : théorème des moments
- Diagrammes à deux fuseaux avec point indifférent

**IV. Diagramme de phases d'un mélange binaire solide-liquide isobare avec miscibilité nulle à l'état solide** Diagramme en absence de composé défini

- Diagramme avec composé défini à fusion congruente

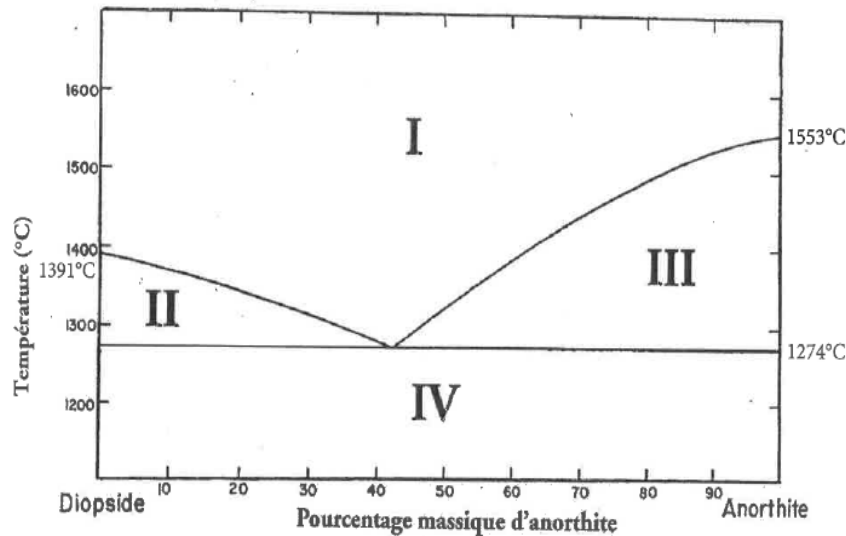
**V. Application à la cristallisation fractionnée**

### Q1C : Perturbation d'un équilibre



- Influence d'une élévation de pression à température constante sur l'équilibre (1)
- Influence d'une élévation de température à pression constante sur l'équilibre (1)

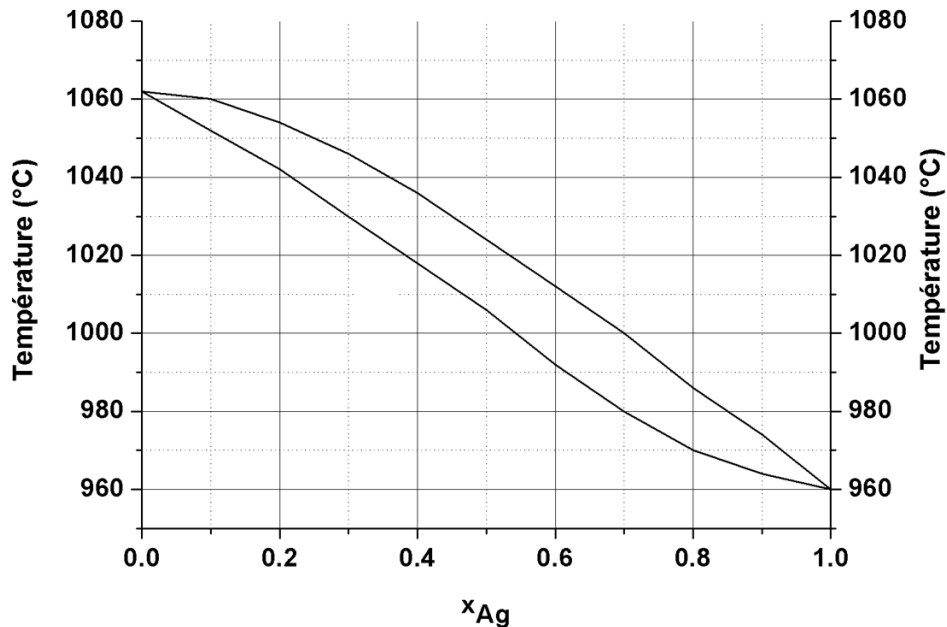
### Q2C : Diagramme binaire diopside - anorthite



- La diopside et l'anorthite sont-elles miscibles à l'état solide ?
- Indiquer quelles sont les phases en présence dans les domaines I, II, III et IV
- Positionner le liquidus et le solidus.
- Identifier le point remarquable de ce diagramme et calculer la variance en ce point

### Q3C : Diagramme binaire argent - or

Le diagramme binaire solide-liquide de l'alliage argent-or sous une pression de 1 bar est représenté ci-dessous. La fraction molaire en argent est représentée en abscisse.



Un mélange initialement solide de fraction molaire  $x_{Ag} = 0,6$  contenant 10 moles d'argent et d'or est porté à la température de 1 000 °C sous 1 bar.

- En appliquant le théorème des moments, déterminer la quantité de matière total de liquide et de solide à cette température
- Déterminer alors la quantité d'argent, exprimée en mol, dans la phase liquide et celle d'or dans la phase solide

## M.4 Oscillateurs mécaniques

Notions et contenus	Capacités exigibles
<b>Oscillateurs libres</b> Modèle de l'oscillateur mécanique harmonique.  Mouvements de faible amplitude au voisinage d'une position d'équilibre stable. Approximation locale par un puits d'énergie potentielle harmonique.	Établir et exploiter une intégrale première du mouvement. Procéder à un bilan énergétique. Établir l'équation différentielle linéarisée du mouvement au voisinage d'une position d'équilibre. <b>Capacité numérique :</b> à l'aide d'un langage de programmation, mettre en évidence le non isochronisme des oscillations d'un oscillateur anharmonique.
Oscillateur harmonique quantique unidimensionnel. Application aux niveaux d'énergie vibrationnels d'une molécule.	Exploiter la relation fournie $E_n = (n + \frac{1}{2})h\nu$ .
Oscillateur mécanique amorti par frottement visqueux.	Analyser qualitativement l'évolution temporelle transitoire d'un oscillateur mécanique amorti en fonction de ses paramètres caractéristiques. Écrire sous forme canonique l'équation différentielle du mouvement afin d'identifier la pulsation propre et le facteur de qualité. Discuter qualitativement la nature du mouvement. Résoudre l'équation différentielle du mouvement. Déterminer un ordre de grandeur de la durée du régime transitoire. <b>Mesurer la pulsation propre et le facteur de qualité d'un oscillateur mécanique.</b>
<b>Oscillateurs forcés</b> Oscillateur mécanique soumis à une excitation sinusoïdale. Résonance, bande passante.	Résoudre analytiquement l'équation différentielle du mouvement d'un oscillateur harmonique en régime sinusoïdal forcé et mettre en évidence les insuffisances du modèle. Mettre en évidence les effets du terme d'amortissement sur la réponse d'un oscillateur à partir de résultats expérimentaux ou simulés. Estimer, à partir de résultats expérimentaux ou simulés, la valeur de la pulsation de résonance et l'intervalle de pulsations ou de fréquences correspondant à la bande passante. Relier qualitativement l'acuité de la résonance au facteur de qualité. <b>Identifier un phénomène de résonance (oscillateurs mécanique, électrique, acoustique, etc.) et donner les caractéristiques de la résonance (fréquence de résonance, pulsations de coupure ou bande passante).</b>
Exemples de réponse en régime sinusoïdal forcé d'un dispositif mécanique du type amortisseur, sismomètre ou accéléromètre.	Analyser, à partir de résultats expérimentaux ou simulés, la réponse en régime sinusoïdal forcé du dispositif mécanique en fonction de la fréquence d'excitation. Discuter des choix des paramètres du dispositif en fonction du cahier des charges.

## Chapitre 6 : Oscillateurs mécaniques



## I. Modèle de l'oscillateur harmonique libre

- Aspects énergétiques, équation du mouvement à partir de la conservation de l'énergie mécanique

## II. Approximation harmonique

- Approximation locale par un puits de potentiel harmonique au voisinage d'une position d'équilibre stable

## III. De l'oscillateur anharmonique à l'oscillateur harmonique : l'exemple du pendule pesant

- Non-isochronisme des oscillations d'un oscillateur anharmonique
- Aspects énergétiques, équation du mouvement à partir de la conservation de l'énergie mécanique
- Approximation harmonique aux petites oscillations au voisinage de sa position d'équilibre
- Oscillateur anharmonique : non-isochronisme des oscillations

## IV. Oscillateur (an)harmonique quantique unidimensionnel : niveaux vibrationnels d'une molécule

## V. Oscillateur mécanique amorti par frottement visqueux

- Equation différentielle du mouvement
- Pulsation propre ; facteur de qualité
- Différents types de régimes ; solutions de l'équation différentielle ; durée du régime transitoire

## VI. Oscillateur mécanique forcé

- Passage aux complexes
- Phénomène de résonance ; pulsation de résonance ; bande-passante

### Questions de cours possibles :

#### Q1P : Oscillateur anharmonique en absence de frottement : cas du pendule

En absence de frottement, montrer que l'équation différentielle vérifiée par l'angle  $\theta$  fait par un pendule de longueur  $\ell$  avec la verticale est :

$$\ddot{\theta} + \frac{g}{\ell} \sin\theta = 0$$

Approximation harmonique

Indication :  $v^2 = \ell^2 \dot{\theta}^2$

#### Q2P : Oscillateur amorti : cas du pendule

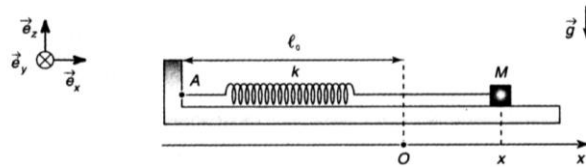
En présence de frottement modélisée par la force  $\vec{F}_f = -\alpha \vec{v}$ , montrer que l'équation différentielle vérifiée par l'angle  $\theta$  fait par un pendule de longueur  $\ell$  avec la verticale est :

$$\ddot{\theta} + \frac{h}{m} \dot{\theta} + \frac{g}{\ell} \sin\theta = 0$$

Indication :  $v^2 = \ell^2 \dot{\theta}^2$

#### Q3P : Oscillateur amorti : cas du ressort

Un point matériel M de masse m est lié à un ressort horizontal, l'autre extrémité du ressort étant fixe en A :



Le point M glisse le long de l'axe (Ox) à partir de sa position d'équilibre située en O et est repéré sur cet axe par son abscisse x. Il existe entre le mobile et le support un frottement de type visqueux. La force de frottement est de la forme :  $\vec{F}_f = -\alpha \vec{v}$

- Déterminer l'équation différentielle du mouvement vérifiée par x par la méthode de votre choix
- Identifier les grandeurs caractéristiques apparaissant dans cette équation. Discuter selon la ou les valeurs de ces grandeurs caractéristiques les différents régimes adoptés par le mobile.