



Programme de Colle du 17/10 au 05/11

Physique :

Physique des ondes scalaires.

Équation de propagation d'onde dans la corde vibrante de Melde.

Description et modélisation de la situation.

Équation de propagation de l'onde.

L'équation d'onde de d'Alembert.

Solutions sous forme d'onde plane progressive harmonique.

Solutions sous forme d'onde plane stationnaire.

Lien entre les diverses solutions.

Ondes dans la corde vibrante.

Régime libre.

Régime forcée.

Onde dans une ligne bifilaire.

Description et modélisation de la situation.

Équation du télégraphiste.

Solution onde plane progressive harmonique. Impédance complexe

Adaptation des solutions selon les conditions aux limites.

Exemple d'une onde sonore dans un solide.

Description et modélisation de la situation.

Approximation des milieux continus et équation de propagation.

Dispersion Absorption.

Chaîne infinie d'atomes avec pertes énergétiques.

Recherche des solutions sous forme de pseudo OPPH.

Relation de dispersion

Absorption.



Dispersion, vitesse de phase et de groupe. Paquet d'ondes.

[Retour sur la propagation du son dans un solide en présence de pertes.](#)

[Conclusion.](#)



Chimie :

Thermochimie

La transformation physico-chimique.

Introduction à la thermochimie.

Description d'un système thermochimique.

Description physico-chimique de la phase gazeuse.

Description physico-chimique de la phase liquide.

Description physico-chimique de la phase solide.

Notion d'équation bilan.

L'avancement de la réaction.

L'équilibre chimique.

Constante de réaction.

Grandeur molaire et grandeur molaire standard.

Grandeur molaire.

Etat standard.

Etat standard d'un constituant gazeux

Etat standard en phase condensée

Etat standard d'un soluté en solution aqueuse

Grandeur molaire standard.

Grandeur de réaction et grandeur standard de réaction.

Grandeur de réaction.

Dépendance de $\Delta_r H^\circ$ avec la température. Loi de Kirchhoff.

Enthalpie standard de formation

Etat standard de référence d'un élément (chimique).

Enthalpie standard de formation.

Loi de Hess.

Bilan d'énergie ou premier principe en chimie.

Bilan lors d'une évolution isotherme isobare.

Bilan lors d'une évolution isotherme isochore.

Bilan lors d'une évolution adiabatique isobare.



Au Programme Officiel de la voie PSI :

PHYSIQUE DES ONDES

Présentation

Le programme de physique des ondes s'inscrit dans le prolongement de la partie « signaux physiques » du programme de PCSI, où des propriétés unificatrices (diffraction, interférences, battements...) ont été abordées en s'appuyant sur une approche expérimentale et sans référence à une équation d'onde. Il s'agit désormais de mettre en place l'équation d'onde de d'Alembert, à une ou trois dimensions, sur des systèmes mécaniques ou électromagnétiques. On aborde ensuite l'étude de la dispersion et de l'absorption associées à des phénomènes de propagation régis par des équations aux dérivées partielles linéaires à coefficients constants. Enfin, la propagation d'ondes dans des milieux différents conduit naturellement à étudier la réflexion et la transmission d'ondes à une interface.

Objectifs de formation

- Décrire l'évolution d'un système mécanique déformable en appliquant le principe fondamental de la dynamique de manière locale, en utilisant des champs comme en électromagnétisme.
- Utiliser les équations de Maxwell en dehors de l'ARQS.
- Manipuler des équations couplant des champs scalaires et vectoriels afin d'établir une équation de propagation.
- Résoudre une équation de propagation en exploitant des familles de solutions particulières.
- Exploiter la linéarité, utiliser la décomposition harmonique, réinvestir les connaissances sur l'analyse spectrale.
- Dégager des analogies entre des systèmes mécaniques et électromagnétiques.

Le bloc 1 est consacré à l'étude de phénomènes ondulatoires non dispersifs. L'équation de d'Alembert unidimensionnelle est d'abord établie en étudiant une partie infinitésimale de corde ou de câble coaxial. On se contente de vérifier que les superpositions de fonctions du type $f(x-ct)$ et $g(x+ct)$ sont solutions de l'équation de d'Alembert à une dimension.

Dans un deuxième temps, on étudie les ondes sonores puis les ondes électromagnétiques qui se propagent dans l'espace physique de dimension trois.

L'équation de propagation des ondes sonores est établie dans le cadre de l'approximation acoustique avec une approche locale. Le principe fondamental de la dynamique est appliqué en justifiant que l'accélération de la particule de fluide s'écrit $\vec{a} = \partial \vec{v} / \partial t$ lorsque l'amplitude des oscillations est faible devant la longueur d'onde. L'occasion se présente ainsi d'utiliser les opérateurs de dérivation dans un autre domaine que celui de l'électromagnétisme.

Le choix a été fait ici de privilégier les solutions harmoniques dans la résolution de l'équation de d'Alembert, pour leur universalité comme solutions adaptées aux équations d'ondes linéaires.

Notions et contenus	Capacités exigibles
1. Phénomènes de propagation non dispersifs : équation de d'Alembert	
1.1. Propagation unidimensionnelle	
Ondes transversales sur une corde vibrante infiniment souple dans l'approximation des petits mouvements transverses.	Établir l'équation d'onde en utilisant des systèmes infinitésimaux. Définir une onde longitudinale et une onde transversale.
Équation de d'Alembert.	Identifier une équation de d'Alembert. Exprimer la célérité en fonction des paramètres du milieu.



<p>Exemples de solutions de l'équation de d'Alembert unidimensionnelle.</p> <p>Ondes progressives harmoniques.</p> <p>Ondes stationnaires harmoniques.</p>	<p>Définir une onde progressive et une onde stationnaire.</p> <p>Établir la relation de dispersion à partir de l'équation de d'Alembert. Utiliser la notation complexe.</p> <p>Définir le vecteur d'onde, la vitesse de phase.</p> <p>Retrouver la distance égale à $\lambda/2$ entre deux nœuds consécutifs ou entre deux ventres consécutifs.</p> <p>Décomposer une onde stationnaire en ondes progressives, une onde progressive en ondes stationnaires.</p>
<p>Conditions aux limites.</p> <p>Régime libre : modes propres d'une corde vibrante fixée à ses deux extrémités.</p> <p>Régime forcé : résonances de la corde de Melde.</p>	<p>Justifier et exploiter des conditions aux limites.</p> <p>Définir et décrire les modes propres. Construire une solution quelconque par superposition de modes propres.</p> <p>Associer mode propre et résonance en régime forcé.</p>
<p>Ondes de tension et de courant dans un câble coaxial sans pertes modélisé comme un milieu continu caractérisé par une inductance linéique et une capacité linéique.</p> <p>Impédance caractéristique.</p> <p>Réflexion en amplitude sur une impédance terminale.</p>	<p>Décrire le modèle. Établir les équations de propagation.</p> <p>Établir l'expression de l'impédance caractéristique d'un câble coaxial.</p> <p>Étudier la réflexion en amplitude de tension pour une impédance terminale nulle, infinie ou résistive.</p>



Le bloc 2 est consacré aux phénomènes de propagation régis par des équations aux dérivées partielles linéaires à coefficients constants. L'étude est menée sur des ondes harmoniques unidimensionnelles lorsque l'équation de propagation est linéaire mais n'est pas une équation de d'Alembert. On évoque ensuite la théorie de Fourier pour justifier qu'une onde quelconque limitée dans le temps est la superposition d'ondes harmoniques : on définit ainsi la notion de paquet d'onde. Pour finir, on applique les notions nouvellement introduites sur la dispersion à la propagation des ondes dans les milieux conducteurs et les plasmas.

Notions et contenus	Capacités exigibles
2. Phénomènes de propagation linéaires : absorption et dispersion	
2.1. Relation de dispersion	
Forme générique des solutions progressives sinusoïdales : $y = y_0 e^{j(\omega t - \underline{k} \cdot x)}$	Identifier le caractère linéaire d'une équation aux dérivées partielles de propagation. Établir la relation de dispersion. Lier la partie réelle de \underline{k} à la vitesse de phase, la partie imaginaire de \underline{k} à une dépendance spatiale de l'amplitude. Définir la notion de milieu dispersif.
2.2. Paquet d'ondes	
Superposition de deux ondes de fréquences proches dans un milieu non absorbant et dispersif. Domaine spectral d'un paquet d'onde de durée finie.	Calculer la vitesse de groupe à partir de la relation de dispersion. Associer la vitesse de groupe à la propagation de l'enveloppe du paquet d'ondes. Énoncer et exploiter la relation entre les ordres de grandeur de la durée temporelle d'un paquet d'onde et la largeur fréquentielle de son spectre.



THERMODYNAMIQUE DES TRANSFORMATIONS PHYSICO-CHIMIQUES

Présentation

La transformation de la matière a été abordée dès le début de la première année; les changements d'état du corps pur ont été évoqués et le critère d'évolution d'un système chimique en transformation a

été présenté sans être démontré. Ce dernier a été utilisé au travers de l'étude de l'évolution des systèmes chimiques, étude restreinte au cas où une seule réaction modélise la transformation.

Le but de cette partie est double : d'une part, aborder les transferts thermiques d'un système engagé dans une transformation physico-chimique, et d'autre part, établir et utiliser le critère d'évolution spontanée d'un système chimique, ce qui nécessite l'introduction de la fonction G et du potentiel chimique.

La thermodynamique propose des outils performants permettant de décrire l'évolution macroscopique des systèmes. Ainsi l'introduction du potentiel chimique permet-elle de faire jouer à la quantité de matière un rôle comparable aux variables température et pression, déjà manipulées par les étudiants au cours de la première année. Le changement d'état physique d'un constituant chimique peut être traité avec le même formalisme que la transformation chimique.

On adopte pour les potentiels chimiques une expression générale $\mu_i(T, composition) = \mu_i^\circ(T) + RT \ln(a_i)$ qui fait référence aux expressions des activités vues en première année. L'établissement de cette expression est hors programme. On se limite aux cas d'une espèce chimique pure, d'une solution aqueuse très diluée, ou d'un mélange idéal de gaz parfaits. L'influence de la pression sur le potentiel chimique d'un constituant en phase condensée pure est abordée uniquement en approche documentaire sur le thème de la pression osmotique.

Cet approche permet de compléter les acquis de première année sur les changements de phase d'un corps pur.

Les grandeurs standard de réaction sont introduites. On se place systématiquement dans le cadre de l'approximation d'Ellingham. D'une part, le calcul de ces grandeurs à 298 K à partir de tables de données thermodynamiques rend possible, pour un système engagé dans une transformation physico-chimique, une estimation du transfert thermique qui peut être confrontée à l'expérience. D'autre part, les grandeurs standard de réaction permettent la détermination de la valeur de la constante thermodynamique K° caractéristique d'une réaction, valeur qui était simplement donnée en première année. C'est ainsi l'occasion de revenir sur la détermination de la composition du système physico-chimique en fin d'évolution.

Pour un système en équilibre, le calcul de la variance permet, *via* l'identification méthodique des variables intensives de description, une caractérisation de l'état intensif de celui-ci par la détermination de son « nombre de degrés de liberté ». L'utilisation du théorème de Gibbs ne relève pas du programme.

La notion d'affinité chimique n'est pas utilisée. Le sens d'évolution spontanée d'un système hors d'équilibre, à température et pression fixées, est déterminé d'après le signe de $\Delta_r G$.

Enfin, l'étude de l'influence de la modification d'un paramètre (pression, température ou composition) sur un système initialement à l'équilibre chimique permet d'aborder la problématique de l'optimisation des conditions opératoires d'une synthèse. L'étude de tout ou partie d'une unité de synthèse industrielle est conduite à l'aide d'une approche documentaire.

Objectifs généraux de formation

- Faire preuve de rigueur dans la description d'un système physico-chimique.
- Distinguer modélisation d'une transformation chimique (réaction chimique et écriture de l'équation de réaction) et description quantitative de l'évolution d'un système prenant en compte les conditions expérimentales choisies pour réaliser la transformation.
- Utiliser des tables de données thermodynamiques.
- Confronter des grandeurs calculées avec des mesures expérimentales.



Notions et contenus	Capacités exigibles
1. Application du premier principe à la transformation physico-chimique	
État standard. Capacité thermique standard à pression constante. Enthalpie standard de réaction. Enthalpie standard de changement d'état. État standard de référence d'un élément, enthalpie standard de formation. Loi de Hess. Enthalpie standard de dissociation de liaison.	Déterminer l'enthalpie standard de réaction à l'aide de tables de données thermodynamiques et de la loi de Hess. Estimer l'ordre de grandeur d'une enthalpie standard de réaction à partir des énergies de liaison.
Effets thermiques pour une transformation isobare : – transfert thermique causé par la transformation chimique en réacteur isobare isotherme (relation $\Delta H = Q_p = \xi \Delta_r H^\circ$) ; – transfert thermique causé par un changement d'état physique isobare isotherme ; – transformation exothermique ou endothermique.	Déterminer le transfert thermique entre le système en transformation physico-chimique et le milieu extérieur. Évaluer la température atteinte par un système siège d'une transformation physico-chimique supposée isobare et réalisée dans un réacteur adiabatique. Mettre en œuvre une démarche expérimentale mettant en jeu des effets thermiques lors d'une transformation chimique.
2. Potentiel thermodynamique	
Enthalpie libre d'un système.	Justifier que l'enthalpie libre G est le potentiel thermodynamique adapté à l'étude des transformations isothermes, isobares et spontanées. Exprimer l'entropie créée en fonction de la variation d'enthalpie libre.
3. Identités thermodynamiques pour un système monophasé de composition variable	
Identités thermodynamiques. Potentiel chimique.	Citer les expressions des différentielles de U, H, G. Distinguer les caractères intensif ou extensif des variables utilisées.
4. Changement d'état du corps pur	
Potentiel chimique du corps pur. Conditions d'équilibre d'un corps pur sous plusieurs phases. Variance. Évolution d'un système sous plusieurs phases.	Identifier le potentiel chimique d'un corps pur à son enthalpie libre molaire. Établir l'égalité des potentiels chimiques pour un corps pur en équilibre sous plusieurs phases. En déduire l'existence d'une courbe d'équilibre sur un diagramme (P,T). Définir et déterminer la variance d'un système polyphasé en équilibre. Prévoir le sens de l'évolution d'un corps pur diphasé hors d'équilibre.
5. Mélanges	
Potentiel chimique d'un constituant dans un mélange ; enthalpie libre d'un système chimique.	Citer l'expression (admise) du potentiel chimique d'un constituant en fonction de son activité. Exprimer l'enthalpie libre d'un système en fonction des potentiels chimiques.



Programme prévisionnel de la semaine :

Lundi :

10h-12h Cours de physique ; diffusion thermique

13h-14h30 TD onde dispersive

Mardi :

8h-12h : TP, Chapitre 7 multiplicateur

14h30 16h30 : Cours de thermochimie : équilibre chimique.

Mercredi :

8h-10h : Cours de physique : diffusion thermique.

Jeudi : (retour de vacances.)

8h-10h : Cours et TD de physique des ondes

DM Instrument de musique à vibration Mines PC