

# Semaine 20 : du 9 au 13 février

---

*La colle commence par une application de cours extraite de la liste ci-dessous et se poursuit par un exercice.*

*Je rappelle que vous trouverez sur mon site la version complétée du poly de cours, ainsi que les corrigés des TD et des DM. N'hésitez surtout pas à me signaler tout lien manquant ou défectueux.*

## Au programme

---

### Chapitre E5 : Filtrage

Applications de cours et exercices.

- ▷ Développement en série de Fourier d'un signal périodique, vocabulaire, contenu physique des harmoniques haute et basse fréquence ;
- ▷ Valeur moyenne, valeur efficace ; lien avec le développement de Fourier ;
- ▷ Fonction de transfert harmonique d'un filtre linéaire, sens physique du module et de l'argument, lien à l'équation différentielle ;
- ▷ Gain en décibel, diagramme de Bode en gain et en phase ;
- ▷ Bande passante ;
- ▷ Exemples fondamentaux : passe-bas du premier ordre, passe-haut du premier ordre, passe-bande, passe-bas du deuxième ordre ; impact de la résonance sur le fonctionnement d'un filtre d'ordre 2 ;
- ▷ Calcul du signal de sortie d'un filtre « harmonique par harmonique » ;
- ▷ Comportements moyenneur, déivateur et intégrateur ; traduction dans le diagramme de Bode ; réalisation pratique et limitation des filtres passifs pour réaliser ces fonctions ;
- ▷ Influence de la charge sur le fonctionnement d'un filtre ;
- ▷ La fonction de transfert d'une association n'est pas le produit des fonctions de transfert en sortie ouverte ;
- ▷ Impédances d'entrée et de sortie d'un quadripôle linéaire ; conséquence pour les associations de filtres.
- ✖ Les formes canoniques des fonctions de transfert des filtres du deuxième ordre ne sont pas à connaître et doivent systématiquement être rappelées, en revanche les étudiants doivent savoir tracer le diagramme de Bode en gain de n'importe quelle fonction de transfert fournie.

### Chapitre T1 : Introduction à la thermodynamique

Applications de cours et exercices.

- ▷ Ordres de grandeurs moléculaires : distance intermoléculaire, taille d'une molécule, libre parcours moyen ;
- ▷ Échelles micro, méso, macro ; micro-état et macro-état ;
- ▷ Grandeurs d'état thermodynamique, extensivité et intensivité, distinction entre variables et fonctions d'état ;
- ▷ Grandeurs d'état thermoélastiques et équation d'état ;
- ▷ Diagramme d'Amagat et équation d'état d'un gaz parfait (écritures extensive, massique et molaire), modèle valable à basse pression et loin de la liquéfaction ;
- ▷ Modélisation microscopique d'un gaz parfait ;
- ▷ Vitesse quadratique moyenne, température cinétique, interprétation intuitive de la pression cinétique ;
- ▷ Énergie interne et capacité thermique isochore d'un GP ; exemples d'un gaz parfait monoatomique et diatomique, théorème d'équipartition de l'énergie (admis) ;
- ▷ Diagramme de Clapeyron **uniquement dans les domaines monophasés** et équation d'état d'un liquide indilatable et incompressible ;

- ▷ Énergie interne et capacité thermique d'une phase condensée idéale (admis) ;
  - ▷ Notion d'équilibre thermodynamique interne et entre systèmes, état d'équilibre  $\neq$  état stationnaire ;
  - ▷ Équilibre physico-chimique, équilibre thermique et conséquence sur la température, équilibre mécanique et conséquence sur la pression.
- ✖ **Rien** n'a été fait sur les changements d'état, simplement une utilisation détournée du diagramme de Clapeyron dans les domaines monophasés pour justifier le modèle du liquide indilatable et incompressible ;
- ✖ L'énergie interne a été définie de manière microscopique, mais le premier principe n'a pas du tout été abordé ;
- ✖ Aucun calcul n'a été mené autour de la pression cinétique (p.ex. modèle à six vitesses) ;
- ✖ Le théorème d'équipartition de l'énergie a été « constaté » sur l'exemple du GP monoatomique, généralisé (sans démonstration !), et utilisé pour discuter l'énergie interne du gaz parfait diatomique, mais il est hors-programme en MPSI, donc non-exigible des étudiants.

## Applications de cours

*Ces applications de cours sont des « briques élémentaires » des raisonnements à mener dans les exercices : les maîtriser est incontournable. Elles sont toutes traitées de manière exhaustive dans le cours.*

*Le travail demandé consiste à se les approprier, afin d'être capable de les réinvestir dans un sujet d'écrit ou d'oral. Je n'attends pas des étudiants un apprentissage par cœur, mais j'attends qu'ils les aient travaillées suffisamment pour les mener à bien en autonomie, c'est-à-dire savoir refaire seul les raisonnements, sans aide de l'interrogateur.*

**E5.1** - Calculer la valeur moyenne et la valeur efficace d'un signal sinusoïdal. En déduire la valeur moyenne d'un signal périodique quelconque.

**E5.2 - Filtre RC passe-bas :** tension de sortie aux bornes du condensateur.

- Établir la fonction de transfert et l'écrire sous forme canonique.
- Construire le diagramme de Bode en gain et en phase en fonction de la pulsation réduite.
- Définir et calculer la bande passante.

**E5.3 - Filtre RC passe-haut :** tension de sortie aux bornes de la résistance.

- Établir la fonction de transfert et l'écrire sous forme canonique.
- Construire le diagramme de Bode en gain et en phase en fonction de la pulsation réduite.
- Définir et calculer la bande passante.

**E5.4 - Filtre passe-bande d'ordre 2 :**

$$\underline{H}(x) = \frac{1}{1 + jQ \left( x - \frac{1}{x} \right)}$$

- Construire le diagramme de Bode en gain pour  $Q = 0,1$  et  $Q = 100$  en fonction de la pulsation réduite.
- Définir la bande passante et rappeler son expression sans démonstration (qu'il faut savoir faire, mais la question est déjà longue). Comment choisir le facteur de qualité pour rendre le filtre plus sélectif ?

**E5.5 - Filtre passe-bas d'ordre 2 :**

$$\underline{H}(x) = \frac{1}{1 - x^2 + \frac{jx}{Q}}$$

- Construire le diagramme de Bode en gain pour  $Q = 0,1$  et  $Q = 100$  en fonction de la pulsation réduite.
- Comment choisir le facteur de qualité pour un comportement optimal du filtre ?

**E5.6** - Définir un filtre déivateur et montrer comment un tel comportement se traduit dans le diagramme de Bode. En déduire une réalisation pratique d'un tel filtre.

**E5.7** - Définir un filtre intégrateur et montrer comment un tel comportement se traduit dans le diagramme de Bode. En déduire une réalisation pratique d'un tel filtre.

**T1.1** - Établir l'expression du volume molaire et du volume massique d'un gaz parfait. Estimer numériquement le volume molaire à température et pression ambiante (ordre de grandeur à calculer de tête).

**T1.2** - Donner le lien entre énergie cinétique de translation des molécules et température d'un gaz. En déduire l'expression de la vitesse quadratique moyenne dans un gaz parfait à température  $T$  et l'estimer numériquement pour le diazote de l'air (ordre de grandeur à calculer de tête).

**T1.3** - Établir l'expression de l'énergie interne et de la capacité thermique isochore d'un gaz parfait monoatomique.

*La démonstration peut s'appuyer ou bien sur la définition de la température cinétique, ou bien sur le théorème d'équipartition de l'énergie (admis).*

**T1.4** - Une enceinte cylindrique diatherme de section  $S$  est fermée hermétiquement par un piston de masse  $m$  pouvant coulisser sans frottement, situé à une hauteur  $H$  du fond de l'enceinte. L'ensemble se trouve dans l'air à température  $T_0$  et pression  $P_0$ . Déterminer la température, la pression et la quantité de matière de gaz présent dans l'enceinte.

---

### À quoi s'attendre pour les programmes suivants ?

---

- ▷ Chapitre C6 : Oxydoréduction.
- ▷ Chapitre T2 : Premier principe de la thermodynamique.