



BLAISE PASCAL
PT 2024-2025

Programme des colles semaines 18 et 19 : du 27 janvier au 7 février

Conduction thermique

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, les fiches de révision, ainsi que les corrigés des TD et des DM. N'hésitez surtout pas à me signaler s'il en manque !

Au programme

Le programme est volontairement léger cette quinzaine sur les nouveautés du programme de PT, d'une part car le chapitre sur la conduction thermique est un de ceux qui tombent le plus et que je veux que tout le monde soit interrogé dessus, d'autre part pour permettre aux étudiants d'engager des révisions en vue du concours blanc ... et comme ça, les malades auront un peu plus de temps pour récupérer ☺

TOUS LES ÉTUDIANTS auront une question de cours de chimie, éventuellement une deuxième question de cours de conduction thermique (au choix du colleur), et un exercice portant sur la conduction thermique.

Chapitre 19 : Conduction thermique

Applications de cours et exercices.

- ▷ 🚫🚫🚫 **Attention !** Le programme est désormais explicitement limité aux géométries unidimensionnelles cartésiennes. **Tous les bilans sur des systèmes mésoscopiques dans une géométrie autre que cartésienne sont exclus**, en particulier pour démontrer l'équation de la chaleur.
- ▷ Néanmoins, les exercices nécessitant une simple application de la loi de Fourier en coordonnées cylindriques ou sphériques (calcul de résistance thermique, profil de température, etc.) peuvent toujours être donnés car les techniques sont les mêmes qu'en électromagnétisme.
- ▷ Pour étoffer les exercices sur les bilans mésoscopiques, ne pas hésiter en revanche à considérer le cas de production interne de chaleur ou d'échange en surface par convection et/ou rayonnement. Toutefois, rien n'est à connaître à ce sujet, et les questions doivent donc être relativement guidées.

Révisions R3 : Cinétique chimique et architecture de la matière

Applications de cours uniquement, **aucun exercice cette semaine.**

Révisions R4 : Équilibres chimiques en solutions aqueuses

Applications de cours uniquement, **aucun exercice cette semaine.**

Applications de cours

Ces applications de cours sont des « briques élémentaires » des raisonnements à mener dans les exercices. Elles sont toutes traitées de manière exhaustive dans le cours ou les fiches de révision.

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 une maîtrise parfaite, encore moins 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, en réfléchissant mais sans aide de l'interrogateur.

Seuls les étudiants du groupe PT (trinômes 7 à 11) seront interrogés sur les applications marquées d'une étoile, car elles sont plus techniques et/ou moins essentielles ... mais tous les étudiants sont bien sûr invités à les travailler !*

Une impasse notoire sur l'application de cours qui vous sera demandée mettra le colleur de mauvaise humeur et vous vaudra une note inférieure à la moyenne.

19.1 - Établir le profil de température en régime permanent $T(x)$ dans une plaque plane d'épaisseur e , section S , faite dans un matériau de conductivité thermique λ .

La méthode utilisée (conservation du flux ou double intégration de l'équation de la chaleur) est laissée au choix de l'étudiant.

19.2 - Établir l'expression de la résistance thermique d'une plaque plane d'épaisseur e , section S , faite dans un matériau de conductivité thermique λ .

19.3 - Établir l'équation de la chaleur à une dimension cartésienne.

19.4 - Considérons une plaque plane d'épaisseur e , faite d'un matériau de diffusivité D et soumise à « un échelon » de température ΔT . Au choix de l'interrogateur, exprimer ou bien la durée τ caractéristique du régime transitoire ou bien exprimer l'abscisse x à laquelle avance le front de diffusion au bout d'un temps t , en raisonnant par analyse dimensionnelle. Commenter les résultats.

Éléments de réponse : On cherchera les expressions sous la forme $e^\alpha D^\beta \Delta T^\gamma$ ou équivalent. On insistera ensuite sur le fait que les résultats sont indépendants de ΔT ($\gamma = 0$), ce qui n'a rien d'intuitif, et sur la différence fondamentale entre un phénomène diffusif et un phénomène propagatif (ondulatoire) pour lequel on aurait $x = ct$.

(★) **19.5** - On considère l'espace et le temps discrétisés avec des pas respectifs Δx et Δt . Établir en fonction des températures aux différents points l'expression discrétisée de la dérivée spatiale seconde

$$\frac{\partial^2 T}{\partial x^2}(x_j, t_i).$$

(★) **19.6** - Compléter le code Python ci-dessous permettant de résoudre l'équation de la chaleur unidimensionnelle par le schéma d'Euler explicite. Les températures sont stockées sous forme d'une liste de listes. On rappelle l'expression de la dérivée seconde discrétisée :

$$\frac{\partial^2 T}{\partial x^2}(x_j, t_i) = \frac{T(x_j + \Delta x, t_i) + T(x_j - \Delta x, t_i) - 2T(x_j, t_i)}{\Delta x^2}.$$

Avant toute écriture de code, on commencera par établir les relations de récurrence utiles.

```

1  ### Conditions aux limites données à gauche et à droite
2  Tg = 30
3  Td = 20

5  ### Initialisation de la liste des températures
6  T = [[None for j in range(Nx)] for i in range(Nt)]
7  T[0] = [20 for j in range(Nx)] # température initiale uniforme

9  ### à compléter !

```

R3.1 - Sur un exemple proposé par l'interrogateur, donner la composition d'un atome à partir de la notation symbolique ${}^A_Z X$.

Exemple : le célèbre carbone ${}^{14}_6\text{C}$ dont le noyau compte 6 protons, $14 - 6 = 8$ neutrons, et qui est entouré de 6 électrons.

(★) **R3.2** - Donner les schémas de Lewis du méthanal CH_2O , du chlorure de thionyle SOCl_2 , et de l'ion hydrogénéocarbonate HCO_3^- . Il est attendu que l'étudiant sache expliquer son raisonnement à l'oral, pas que les trois schémas aient été appris par cœur ...

Donnée : l'interrogateur rappellera la position des différents éléments dans le tableau périodique.

Ces entités constituent les trois exemples développés dans la partie « Rappels de cours » de la fiche R3.

R3.3 - Représenter la maille CFC. Déterminer en justifiant les calculs la population et la compacité.

R3.4 - Considérons un matériau dont on connaît la masse volumique ρ et la masse molaire M , et dont on suppose qu'il cristallise dans une structure CFC. En déduire le paramètre de maille puis le rayon cristallin.

Le calcul du paramètre de maille est détaillé dans la partie « Rappels de cours » de la fiche R3. Le rayon cristallin s'en déduit par la condition de tangence.

R3.5 - Sites interstitiels de la maille CFC.

- Représenter la maille CFC.
- Donner les deux types de sites interstitiels, leur localisation et les dénombrer en justifiant.
- (★) Déterminer l'habitabilité d'un des deux types de site, au choix de l'interrogateur.

R3.6 - On considère la réaction $2\text{I}^- + \text{S}_2\text{O}_8^{2-} = \text{I}_2 + 2\text{SO}_4^{2-}$. On suppose qu'il y a dégénérescence de l'ordre par rapport à $\text{S}_2\text{O}_8^{2-}$: expliquer ce que cela signifie. On admet que la réaction est d'ordre 1 par rapport à I^- : établir et résoudre l'équation différentielle vérifiée par $[\text{I}^-]$. Quel tracé faut-il réaliser pour vérifier expérimentalement l'hypothèse sur l'ordre ?

R3.7 - On considère la réaction $\text{CH}_3\text{CHO} = \text{CH}_4 + \text{CO}$. On admet que la réaction est d'ordre 2 par rapport à CH_3CHO . Établir et résoudre l'équation différentielle vérifiée par $[\text{CH}_3\text{CHO}]$. Quel tracé faut-il réaliser pour vérifier expérimentalement l'hypothèse sur l'ordre ?

| Ces deux exemples sont développés dans la partie « Rappels de cours » de la fiche de révisions.

R4.1 - Calculer le pH d'une solution d'acide éthanóique de concentration apportée $c = 1 \cdot 10^{-2} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$. On donne $\text{p}K_{\text{a}}(\text{CH}_3\text{COOH}/\text{CH}_3\text{COO}^-) = 4,8$.

| Cette question est corrigée dans la fiche de révisions R4.

(★) **R4.2** - On mélange un même volume d'une solution d'acide éthanóique et d'ammoniac, de concentrations respectives après mélange $c = 10^{-2} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ et $2c$. On donne $\text{p}K_{\text{a}1}(\text{CH}_3\text{COOH}/\text{CH}_3\text{COO}^-) = 4,8$ et $\text{p}K_{\text{a}2}(\text{NH}_4^+/\text{NH}_3) = 9,2$.

- Écrire l'équation de la réaction qui a lieu. Exprimer sa constante d'équilibre K° en fonction de $K_{\text{a}1}$ et $K_{\text{a}2}$ et la calculer numériquement.
- Déterminer les différentes concentrations à l'équilibre, en faisant les approximations qui s'imposent.
- En déduire le pH de la solution.

| Cette question est corrigée dans la fiche de révisions R4.

(★) **R4.3** - Définir et calculer la solubilité (sous-entendu solubilité molaire) du chromate d'argent Ag_2CrO_4 dans l'eau pure. On donne le produit de solubilité du chromate d'argent Ag_2CrO_4 : $K_{\text{s}} = 1,3 \cdot 10^{-12}$.

| Cette question est corrigée dans la fiche de révisions R4.

R4.4 - On mélange $V = 100 \text{ mL}$ d'une solution de nitrate d'argent AgNO_3 de concentration C et le même volume V d'une solution de chromate de potassium K_2CrO_4 de même concentration C . Les ions nitrate NO_3^- et potassium K^+ sont spectateurs, et on donne le produit de solubilité du chromate d'argent Ag_2CrO_4 : $K_{\text{s}} = 1,3 \cdot 10^{-12}$.

- Écrire l'équation de dissolution du chromate d'argent. Définir le produit de solubilité.
- Le précipité se forme-t-il si $C = 2 \cdot 10^{-1} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$?
- Même question pour $C = 2 \cdot 10^{-5} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$.

| Cette question est corrigée dans la fiche de révisions R4.

R4.5 - On dispose d'une solution acidifiée de sulfate de zinc contenant des ions Zn^{2+} en concentration $C_0 = 10^{-2} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$. On augmente le pH par ajout progressif d'une solution de soude (dont je rappelle qu'elle contient des ions HO^-). Déterminer le pH auquel l'hydroxyde de zinc $\text{Zn}(\text{OH})_2$ commence à précipiter. On donne $\text{p}K_{\text{s}} = 16,4$.

| Cette question est corrigée dans la fiche de révisions R4.

À quoi s'attendre pour le programme suivant ?

🔴🔴🔴 **Attention !** Pas de colles la semaine de la rentrée : c'est le concours blanc.

- ▷ Chapitre 20 : Équations de Maxwell, énergie électromagnétique ;
- ▷ Chapitre 21 : Ondes électromagnétiques dans le vide ;
- ▷ Chapitre 22 : Ondes électromagnétiques et milieux conducteurs ;
- ▷ Il n'y aura pas de révisions de PTSI.