

# Thermodynamique

## Série Supplémentaire 2:

### Thermodynamique des sous systèmes

S. Guinchard\*

*Section de Physique, Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne, Lausanne, Suisse*

(Supervised by Prof. J.P. Ansermet)<sup>†</sup>

(Dated: May 23, 2022)

## I. EXERCICE 1: THERMALISATION DE DEUX BLOCS EN CONTACT THERMIQUE

### A. Questions analytiques

Un système formé de deux blocs, considérés comme des systèmes simples rigides, sont en contact thermique. Le bloc 1 est maintenu à une température  $T_1$  et le bloc 2 à une température  $T_2 < T_1$ . Un transfert de chaleur à lieu entre les blocs en régime stationnaire.

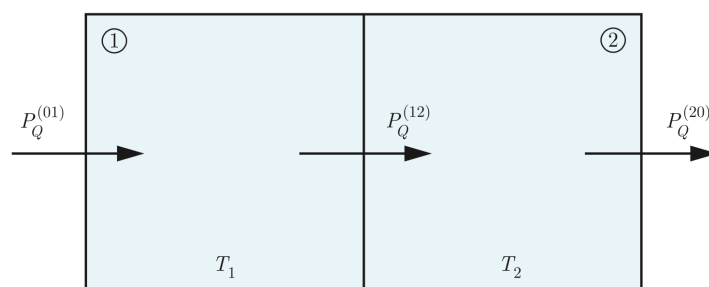


FIG. 1. Les deux blocs en contact thermique

On dénote  $P_Q^{(01)}$  le transfert de chaleur de l'environnement (0) vers le bloc 1,  $P_Q^{(12)}$  le transfert de chaleur du bloc 1 vers le bloc 2, et  $P_Q^{(20)}$  le transfert de chaleur du bloc 2 vers l'environnement.

1. En régime stationnaire, montrer que les puissances thermiques exercées par l'environnement sur le premier bloc, par le premier bloc sur le deuxième, et par le deuxième bloc sur l'environnement sont égales et écrites comme,

$$P_Q \equiv P_Q^{(01)} = P_Q^{(12)} = P_Q^{(20)}. \quad (1)$$

2. Considérez maintenant que les deux blocs sont constitués de  $N_1$  et  $N_2$  moles de métal respectivement. Ils sont initialement séparés et à températures  $T_1$  et  $T_2$ . Lorsqu'ils sont mis en contact, ils atteignent progressivement l'équilibre thermique. La température final du système composé des deux sous-systèmes est  $T_f$ , c'est à dire qu'à l'équilibre,  $T_1 = T_2 = T_f$ . Le système peut être considéré comme isolé. L'énergie interne du bloc  $i = 1, 2$  est une fonction de sa température  $T_i$  et du nombre de moles  $N_i$  dans le bloc:

---

\* salomon.guinchard@epfl.ch

<sup>†</sup> Laboratoire de Physique des Matériaux Nanostructurés, Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne, Lausanne, Suisse

$$U_i = 3N_iRT_i, \quad (2)$$

où  $R$  est une substance positive.

- i) Déterminer la température finale  $T_f$  du système de deux blocs à l'équilibre thermique.
- ii) Calculer la variation d'entropie  $\Delta S$  du système de deux blocs lors du processus qui l'amène à l'équilibre thermique.

### B. Implémentation numérique du problème

1. Implémentez numériquement la situation de la question 1, i.e implémentez les conditions initiales du problèmes ( $T_1, T_2, T_2 < T_1$ ). Pour cela, complétez le code du Jupyter Notebook associé. Les lignes de code à compléter sont indiquées par les TODO zones.
2. Que se passe-t-il dans la limite  $t \uparrow \infty$  ? Augmentez suffisamment  $t$  dans les paramètres numériques. Les résultats sont-ils en accord avec votre réponse ?

#### Remarque:

- Quelle est l'allure du profil de température final pour un temps très long ?
  - Sachant que les nombres de moles sont identiques pour les deux cubes, quelle est la valeur de  $T_f$  en fonction de  $T_1$  et  $T_2$  ? Le résultat est-il surprenant ? Faites le parallèle avec le résultat de la question 2 ii).
3. Considérons maintenant le cas de la diffusion bi-dimensionnelle d'une source chaude. Pour cela, nous modélisons la diffusion d'une source chaude plus ou moins étendue sur une grille en 2D, et nous résolvons numériquement l'équation de la chaleur pour obtenir  $T(t)$ .

Compléter le code afin d'implémenter le schéma de résolution numérique de l'équation de la chaleur sur la grille bidimensionnelle.

#### Hint:

- La résolution numérique se fait par schéma d'Euler. Si besoin, compléter le code en s'inspirant de la solution numérique des deux blocs en contact thermique.