

LP n° 19 Titre : Bilan thermiques : flux conductifs, convectifs et radiatifs

Présentée par : Jean Baptiste Bourjade

Rapport écrit par : Julie Malaure

Correcteur : Fabrice Debbasch

Date : 08/11/18

#### Bibliographie de la leçon :

Titre	Auteurs	Éditeur	Année
Thermodynamique	Diu	Herman	2007
Thermodynamique	BFR	Dunod	1976
Physique tout en un PC PC*		Dunod	2016
Physique tout en un MP MP*		Dunod	2013
Physique tout en un PC PC*		Dunod	2006

#### Plan détaillé

Niveau choisi pour la leçon : PC

Pré-requis :

- Mécanique des fluides
- Thermo dont machines thermiques
- Bases de l'EM
- Diffusion des particules

Intro (2min)

Processeur d'un ordinateur/flux thermique dans les maisons

I - Flux et bilan thermique (19min)

1) Hypothèse

Eq thermique local/volume constant/absence de mvt macroscopique

2) Flux thermique

Variation d'énergie = flux d'énergie entrant + création d'énergie

3) Continuité du flux thermique

Calcul pour une surface cylindrique à l'aide du premier principe

4) Bilan énergétique

Calcul à une dimension extension en 3D : équation locale de conservation de l'énergie

5) Cas du processus

Pv -> flux thermique

II- Les 3 types de flux thermiques (17min)

1) Flux radiatif

Photo du spectre de rayonnement de Planck avec différentes températures

Opacité et transparence : certains matériaux transparents dans le visible sont opaques pour l'IR (ou autre  $\lambda$ ) et inversement. Photo visible/IR

Loi de Stefan

2) Convection dans les solides

Loi phénoménologique de Fourier + Equation de la chaleur

3) Conduction et convection dans les fluides

+Tableau récapitulatif radiation/conduction/convection  
application numérique au processeur d'une carte mère

### III- Résistances thermiques et solutions (2min)

Resistance thermique en série ou parallèle

Conclusion (30s)

### Questions posées par l'enseignant

(29min)

- Qu'y a t il de commun entre les phénomènes de conduction thermique et électrique, d'un point de vue physique « fondamentale » ?
- Agitation thermique = énergie thermique ?
- Qu'y a t il de commun entre la loi de Fourier et  $j = \sigma \nabla V$  ?
- Quelle physique se cache dans ces lois ?
- Ecrivez moi l'équation de diffusion ?
- S'il y a un + devant le laplacien, c'est une équation de quoi ?
- Quelle est la propriété fondamentale de cette équation ? irréversibilité
- Pourquoi vous perdez de l'effet joule ?
- Pourquoi  $J.E$  c'est la puissance ?
- (En math spé)  $dU = \delta Q + \delta W$  c'est quoi ? ça représente quoi ?
- C'est quoi l'énergie thermique ?
- $\delta Q$  = flux de l'énergie thermique ?
- Pourquoi  $\delta W$  alors ?
- $\delta Q$  n'a pas un autre nom ?
- Pourquoi on doit plus dire « chaleur » ?
- C'est quoi le système auquel vous appliquez  $dU = \delta Q + \delta W$  ?
- Ça représente quoi un volume élémentaire ?
- Variation infinitésimale = variation dans le temps, l'espace ? c'est quoi ?
- Y a t il une variation temporelle dans  $dU$  ?
- $dU = TdS - PdV$  il y a une variation temporelle ? Non
- D'où vient dans votre leçon le  $dt$  alors (qui vient juste après dans la démo) ?
- Quelles sont les hypothèses que vous faites quand vous écrivez  $dU = \delta Q + \delta W$  ?
- (Calcul de démo de la continuité du flux) hypothèse importante oubliée ?
- Donc en gros vous avez démontré quoi ?
- Vous avez écrit « Convection dans les solides » ?
- Hypothèse pour validité de la loi de Fourier, grand ou petit devant quoi ?
- D'où vient la loi de Stefan ?
- Le cours là dessus c'est un cours sur ?
- C'est quoi un corps noir ?
- Quand vous dites rayonnement en terme de particule ?
- Est-il possible de « rayonner » autre chose que les photons ? si oui quoi et pourquoi ?
- (exemple du processeur) est-ce que phénoménologiquement le transfert thermique suit la loi de Fourier ?
- la référence était en stationnaire ?
- exemple de conduction thermique très courante qui ne suit pas la loi de Fourier ?

### Commentaires donnés par l'enseignant

Forme

- Trop de temps sur le début

Fond

- Il manque la troisième partie / un exercice corrigée
- Il manque une manip
- Combiner un exercice manip : le barreau
- Exercice classique : la cave température avec variation jour/nuit
- Le programme force à présenter tout ça à partir du premier principe. « Bonne » présentation conservation de

l'énergie dans mon système. S'il n'y a pas de mouvement. Donc densité de flux et on se demande ce que vaut  $j$ . Premier principe = conservation de l'énergie.

- Article « teaching thermodynamics » par lui-même. Pas comme source pour l'agreg mais source de réflexion.
  - Trouver des exemples de milieux qui ont des conductivités non uniformes.
  - 5min sur la continuité -> Bof. C'est s'empêtrer dans des calculs et des considérations mathématiques flou.
  - Le jury adore les analogies !
- 
- en temps long/régime stationnaire pas de différence avec la gaussienne de Fourier. En temps cours ce n'est pas du tout Fourier. Et ce sont les problèmes de thermodynamique de ces dernières années. Fourier valable quand « tout le monde » varie lentement, sinon c'est complètement faux. Comparer au libre parcours moyen et temps de entre deux collisions (pour un fluide).
  - Pourquoi on dit plus chaleur, maintenant transfert thermique ? le concept important est l'énergie interne et pas énergie thermique. Pas « d'énergie thermique » !
  - Lien profond analogie elec-thermo : irréversibilité. Coefficients toujours positifs.
  - Rayonner autre chose que des photons : bosons de jauge, en particulier graviton (trou noir). Thermodynamique des trous noir toute une partie de la thermodynamique.
  - Le + dans l'équation de diffusion devient quoi ? anti-diffusion : concentration de particules en un endroit. Le rehaussement d'image avec anti diffusion pour chaque contour.

Général sur l'épreuve :

- Dans une leçon on veut voir un exercice et une manip
- Règle général, dès que vous pouvez faire une manip dans une leçon vous la faite. Pas en l'exploitant comme en montage bien sur.
- Leçons ou les manips ne sont pas possibles : physique numérique = simulation.
- 

#### Partie réservée au correcteur

##### Avis sur le plan présenté

Plan OK mais pas traité entièrement. Il manque une manip. Et un exercice.

##### Concepts clés de la leçon

Loi de Fourier, équilibre locale

##### Concepts secondaires mais intéressants

Premier principe !

##### Expériences possibles (en particulier pour l'agrégation docteur)

Barreau, transfert thermique à travers une paroi

##### Points délicats dans la leçon

Les aspects thermodynamiques et la notion d'équilibre local lentement variable

##### Bibliographie conseillée