

LECON : Phénomènes de transports

Remarque : La raison pour laquelle on ne traite que de la convection est que la diffusion est déjà traitée dans une leçon de manière détaillée.

Biblio: Thermodynamique, perez (des notions thermostats (libre parcours moyen...) et toute la thermo en générale, voir chap 4)

Compétences prépa, Grécias BCPST 2 (toute la thermo du système ouvert et description théorique du mélangeur d'eau.)

Physique, Hetch ; p 587 schéma convection.

Physique expérimentale, Fruchart -> vase de mariote.

Physique tout en un PC, Sanz ; Bien pour les bilans en méca flu.

Programme BCPST 2 -> transport de matière p 17-18.r

Niveau: BCPST 2

Prérequis:

Electrocinétique : loi des nœuds, ARQS. (BCPST1)

Thermodynamique de BCPST1 : premier principe, transfert thermique, travail.

Notion de débit BCPST 1 et 2

Notions de système thermodynamique (ouvert, fermé, isolé) BCPST1

Objectifs: -> Savoir définir le système d'étude adéquat : système fermé et volume de contrôle associé.

-> Etablir des Bilans dans un système ouvert en régime permanent.

Partie pris : La leçon se cantonne à la convection, cela permet de bien s'attarder sur les systèmes ouverts. De plus les phénomènes physiques derrière la conduction et la convection sont relativement dissociés ne permettant pas réellement de lien évident qui permettraient d'enrichir l'enseignement pour l'élève. Il est davantage intéressant d'étudier simplement la convection et les systèmes ouverts dans un cadre plus large qui permet de revoir de nombreuses notions physiques (mécaniques, thermodynamique, méca flu (attention techniquement la méca flu arrive après dans le programme)). Dans ce contexte l'élément imposé sera traité...

Séquence pédagogique :

Ce cours conclut la séquence pédagogique sur le transport de matière. Il reprendra en effet les notions de débit vues dans le cas de la diffusion. Le chapitre est un élément socle du programme dans la mesure où il permet de revoir des concepts de différents champs de la physique et dans une certaine mesure de l'unifier. De plus c'est important pour l'élève qui dans son cursus sera amené à étudier un système ouvert d'importance-> le corps humain.

TD : détente de joule Kelvin -> lien avec la première année, permet de le revoir. Toujours intéressant pour l'élève de démontrer ce qui a été vu avant. La tuyère qui permet notamment d'utiliser la deuxième méthode pour les systèmes ouverts en **régime permanent**. Calcul de la différence de température) hypothèse adiabatique... L'échangeur thermique

TP : pas de TP

Difficultés : -> faire la différence entre le système ouvert et le système fermé.

-> dresser un bilan dans le bon système.

Comment résoudre les difficultés :

-> on prendra soins de bien définir et d'expliciter la raison de ce double système. Et d'ajouter graduellement la difficulté.

-> On commencera d'abord par traiter les bilans de masses plus intuitif quant au résultat. (lavoisier

Plan :

I-Transport de masse sur un système ouvert

A. Flux convectif

B. Bilan de masse

II- Transport d'énergie dans un système ouvert

A. Premier principe sur un système ouvert

B. Cas du mélangeur du robinet

C. Détente de joule Kelvin (ou tuyère meyer p 235)

Intro leçon :

Dans cette séquence sur les phénomènes de transport on s'est attardé sur la conduction, un mode de transport sans déplacement macroscopique de matière, résultant de la variation d'une grandeur comme la température. (Gradient)

Cependant- il existe -> mode de transport convectif. -> c'est notamment le cas des machines thermiques, ou par exemple pour un frigo le liquide qui circule dans le système est entraîné à travers les différents composants.

Convection : Le transfert d'une grandeur extensive (masse, énergie) dû à un déplacement macroscopique de la matière. -> coordonner par comme la diffusion.

Cette leçon va s'attacher à décrire cela. Le problème qui se pose est la description du système. Jusqu'à présent -> système fermé. Ce n'est désormais plus le cas.

Objectifs :

-> Savoir définir le système d'étude adéquat.

-> Etablir des Bilans dans un système ouvert.

I-Transport de masse sur un système ouvert

A. Flux convectif

Schéma système ouvert -> un système ouvert comme ceci on en a déjà vu s'en s'être posé la question sur le cas de la diffusion. -> volume de contrôle.

On cherche donc à définir un flux qui cette fois sera convectif et non diffusif.

On suppose la matière animée d'une vitesse v . On définit le débit massique : $Dm = \Delta m / dt$

Quantité de masse qui passe pendant dt .

Finalement l'origine physique du phénomène est différente mais in fine le développement calculatoire est très similaire. Et de la même manière que pour la diffusion il ne reste alors plus qu'à effectuer un bilan.

B. Bilan de masse

Pour un système ouvert donné (schéma), quelconque -> Variation de masse = échange + création

Le terme d'échange est du comme on l'a vu c'est dû à l'écoulement du fluide. Le terme de création peut être par exemple pour un vaisseau sanguin chargé de glucose due à la présence de bactérie sur les parois qui en consommerait une partie. Les bactéries ne seraient pas incluse dans le système.

Par la suite on se placera dans des cas où la masse créée est nulle.

Pour le système fermé -> masse conservée, ici pas nécessairement le cas.

Dans le cas stationnaire, c'est le cas. Débit d'entrée et de sortie identique.

Exemple de l'échangeur du robinet -> eau chaude eau froide

$dm/dt = \text{Somme } (Dm) \rightarrow$ en permanent somme $Dm = 0$ analogie électrocinétique loi des nœuds.

-> On pourrait définir un ARQS si l'on change la masse volumique de manière périodique par exemple en mélangeant deux fluides il faudrait que la période de variation de p soit très grande devant le temps de passage.

On est en mesure de calculer le débit de sortie, mais ça n'est pas hyper intéressant. Ce que l'on souhaite savoir c'est plutôt la température de l'eau qui en ressort. -> pour les robinet automatisé qui règle les débits eux-mêmes.

II- Transport d'énergie dans un système ouvert

A. Premier principe sur un système ouvert

Pourquoi les système ouvert -> concrètement les machines thermiques dans la globalité sont des systèmes fermés, mais chaque composant est un système ouvert.

Problématique -> One ne sait appliquer le premier principe de la thermodynamique qu'à des systèmes fermé, justement parce que la matière se conserve.

-> on se limitera au cas stationnaire.

Comment résoudre -> système fermé fictif. Défini à t et à $t+dt$ -> ainsi toute la masse du système se conserve. On peut appliquer le premier principe.

-> voir feuille.

Attention différence d'avec les systèmes fermés usuels on a ici potentiellement une énergie macroscopique (cinétique ou potentielle).

On a donc vu comment étudier un système ouvert, en particulier pour les écoulement avec une entrée et une sortie, on va maintenant utiliser cela sur un cas concret, le mélangeur d'eau.

B. cas du mélangeur du robinet

P221 grécias à mettre sur slide.

Le dispositif est le suivant (voir feuille).

On utilise deux vases de mariottes qui permettent de réguler les débits pour s'assurer qu'ils soient constant. -> on calculera ces débits au préalable avec une balance pour mesurer le poids sur un temps t . (on peut rajouter une balance pour vérifier la conservation du débit massique)

On cherche va calculer la température finale et comparer à la théorie.

-> revenir sur les hypothèses et sur leur légitimité-> g_z est de l'ordre de 1 J/kg alors que h est de $4,18 \cdot \Delta T$ (pour un écart de température de plus de 10 ça marche)

Valider le modèle.

Incertitude -> type A (si on arrive à avoir toujours la même température de l'eau chaude)

-> type B l'incertitude de lecture sur la température est relativement négligeable devant celle sur le calcul des débits due à la précision sur l'arrêt du chronomètre.

C. Détente de joule Kelvin (si le temps)

Bien montrer en quoi il s'agit d'un système ouvert. Et la force du premier principe en système ouvert pour expliquer rapidement pourquoi c'est à $\Delta h = 0$

Conclusion :

Etude de nouveaux systèmes : -> bilan pour la masse on peut le faire facilement.

-> pour l'énergie il faut définir un système fermé, sinon impossible d'appliquer le principe de conservation de l'énergie.

Ouverture : machine thermiques (prochains cours). Ou Ouverture sur des systèmes ouverts autre -> le corps humain. Appliqué le PFD à un système ouvert...

Remarque :

Attention sur le vocabulaire entre convection, conduction, et diffusion, qui ne caractérisent pas la même chose.

Échangeur thermique -> Dans les centrales nucléaires ou l'on veut confiner la radioactivité dans le circuit primaire.

Questions : voir L et E

Matériel :

- balance
- deux vases de mariotte de débits différents
- un robinet en Y
- un thermocouple
- chronomètre