

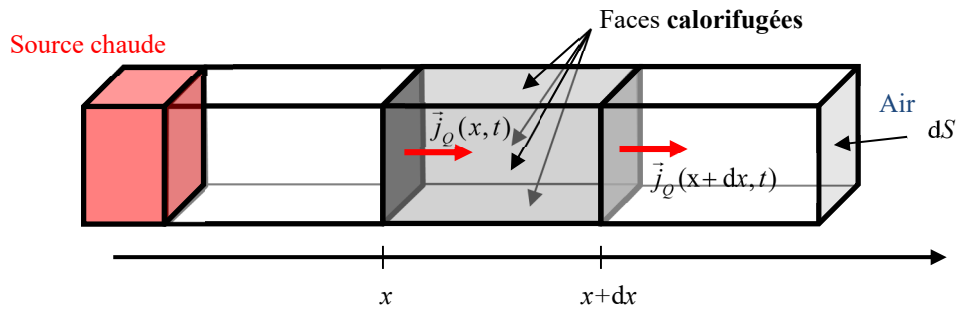
# Bilans d'énergie

## Bilan local dans le cas d'échanges purement diffusifs à une dimension

Le bilan d'énergie pour une tranche d'épaisseur  $dx$  (de volume  $d\tau$ ) n'échangeant des transferts thermiques *diffusifs* qu'à travers ses sections de surface  $dS$  en  $x$  et  $x+dx$ , en l'absence de terme de création / absorption, en considérant que les côtés de la tranche sont *calorifugés* et en négligeant la dilatation et donc le travail, se réduit à :

$dU = \delta Q_{es}$  où  $\delta Q_{es}$  est le transfert thermique purement diffusif « entrant/sortant » dans le système à travers ses frontières.

On en déduit alors :  $\frac{\partial \mu c T(x,t)}{\partial t} dS dx dt = - \frac{\partial j_Q(x,t)}{\partial x} dS dx dt$  en coordonnées cartésiennes dans cet exemple.



## Bilan local complet à une dimension

Ce bilan doit être complété lorsque les côtés de la tranche  $dx$  ne sont plus calorifugés :

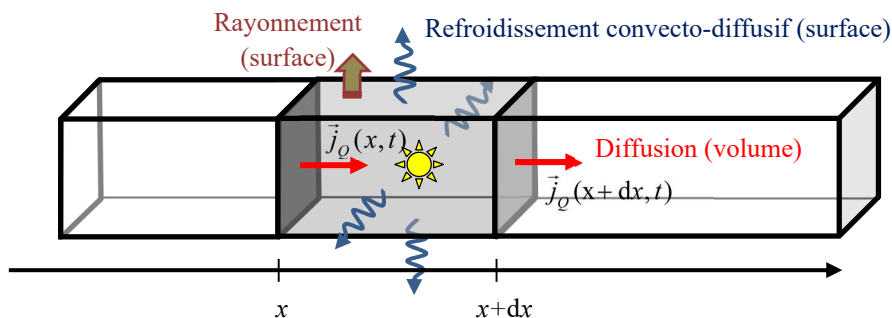
- un transfert thermique *convecto-diffusif*  $\delta Q_{CV}$  est alors échangé avec un fluide au contact de ses faces (généralement modélisé par la loi de *Newton* :  $\delta Q_{CV} = -h(T - T_{ext}) dS_{CV} dt$  où  $dS_{CV}$  est la surface latérale d'échange) ;
- un transfert *radiatif*  $\delta Q_r$  peut également être pris en compte (cf. corps noir :  $\delta Q_r = \sigma T^4 dS_r dt$  où  $dS_r$  est la surface d'échange).

Un transfert thermique  $\delta Q_i$  de création / disparition interne peut également exister (réaction exo ou endothermique, effet Joule dans un conducteur... :  $\delta Q_i = p_V d\tau dt$  où  $p_V$  est une puissance thermique volumique positive ou négative).

On écrit alors pour la tranche  $dx$  :  $dU = \delta Q_e + \delta Q_{CV} + \delta Q_r + \delta Q_i$

L'équation de diffusion est alors plus complexe que la précédente.

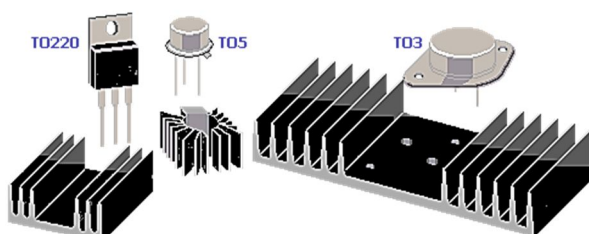
**ATTENTION** : faire un schéma et expliciter le volume  $d\tau$  du système, les surfaces  $dS$  traversées par le *flux diffusif*, les surfaces  $dS_{CV}$  et/ou  $dS_r$  impliquées dans les *flux convecto-diffusifs* et/ou *radiatifs*.



Légende :

- flux obéissant à la loi de *Fourier* (*diffusion* dans le *volume* de la tranche) ;
  - flux obéissant à la loi de *Newton* (échanges *convecto-diffusifs* sur les *surfaces* latérales de la tranche) ;
  - rayonnement thermique du *corps noir* (échanges *radiatifs* sur les *surfaces* latérales de la tranche).
  - création/disparition dans le volume de la tranche.
- } aux **frontières** du système  
} au **sein** du système

**Application** : tous types de radiateurs.

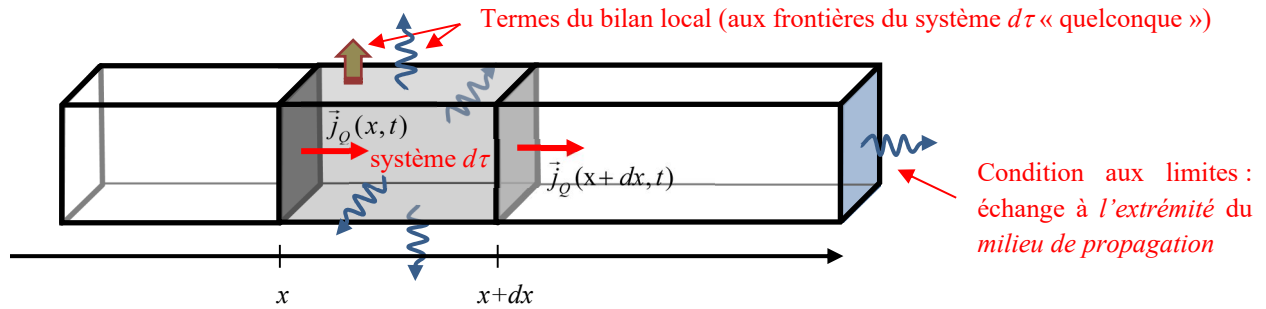


Radiateurs pour composants électroniques

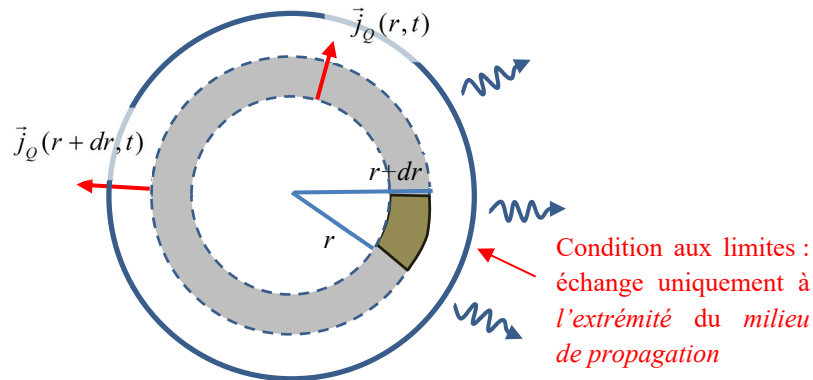
## Loi de Newton et rayonnement thermique : bilan local ou condition aux limites ?

En fonction du *système* considéré, la loi de Newton et la loi du rayonnement thermique peuvent intervenir :

- comme précédemment dans le bilan local unidimensionnel dans le cas d'un système mésoscopique  $d\tau$  possédant des *frontières* latérales en contact avec un fluide (si elles ne sont pas calorifugées) ;
- ou/et en tant que conditions aux limites à *l'extrémité* de la barre en contact avec l'air ;



- uniquement en tant que conditions aux limites dans le cas d'une sphère ou d'un cylindre solide se refroidissant dans un fluide car le bilan local est alors effectué sur un volume mésoscopique  $d\tau$  à *l'intérieur* du corps solide.



**ATTENTION** : pour savoir si la loi de Newton et la loi du rayonnement thermique interviennent dans le *bilan local* ou/et en tant que *conditions aux limites*, il faut examiner la *modélisation* choisie.

Si le système mésoscopique  $d\tau$  (*choisi en toute généralité*) est en contact avec un fluide, ces lois sont impliquées dans le bilan local (cas de la diffusion unidimensionnelle dans une barre non calorifugée).

Si ce système mésoscopique  $d\tau$  n'est pas en contact avec un fluide *sauf aux frontières du milieu de propagation*, ces lois interviennent en tant que conditions aux limites (cas de l'extrémité de la barre, de la diffusion radiale dans une sphère ou un cylindre).