
Les nombres adimensionnels

Ci-dessous vous trouverez une liste courte des nombres adimensionnels utilisés dans les TPs avec une courte explication de leur signification. La liste n'est pas complète, mais donne une révision brève des nombres le plus utilisés !

Le nombre de Reynolds

Le nombre de Reynolds nous dit si on a un écoulement laminaire ou turbulent. Il est défini comme :

$$Re_x = \frac{\rho \cdot U \cdot x}{\mu} = \frac{U \cdot x}{\nu}$$

avec ρ la densité [kg/m^3], U la vitesse [m/s], x la dimension caractéristique du système étudié et μ et ν la viscosité respectivement dynamique [$Pa \cdot s$] et cinématique [m^2/s]. Vu sa définition, le nombre de Reynolds est le rapport entre les forces d'inertie et les forces visqueuses.

Pour les écoulements internes la dimension caractéristique du système à utiliser dans le calcul du nombre de Reynolds est le diamètre hydraulique [m] qui est donné par

$$D_h = \frac{4 \cdot S}{P}$$

ou S est la surface du tuyau [m^2] et P est son périmètre [m]. Pour les écoulements externes, par contre, la dimension caractéristique est la longueur du système dans la direction de l'écoulement.

Si le nombre de Reynolds du système est plus petit que sa valeur critique Re_{crit} , l'écoulement est laminaire, si par contre sa valeur dépasse Re_{crit} on retrouve un écoulement turbulent.

- Ecoulement interne $Re_{crit} \cong 2300$
- Ecoulement externe $Re_{crit} \cong 300000$

Rugosité relative

La rugosité relative $\tilde{\Lambda}$ d'un tuyau est donné par

$$\tilde{\Lambda} = \frac{\Lambda}{D_h}$$

ou Λ est la rugosité absolue [m] et D_h le diamètre hydraulique [m] comme défini avant.

Le nombre de Biot

Le nombre de Biot est défini comme

$$Bi = \frac{h \cdot \langle L_s \rangle}{k_s}$$

ou $\langle L_s \rangle$ est la longueur selon laquelle la conduction se passe, h est le coefficient de transfert de chaleur par convection [$W/(m^2 \cdot K)$] et k_s est la conductivité du solide [$W/(m \cdot K)$]. Le nombre de Biot est donc le rapport entre la résistance thermique de conduction et la résistance thermique de convection. Si le nombre de Biot est plus petit que 0.1 la variation de température dans le solide est inférieure à 5% et donc négligeable. L'approche de comportement en bloc est alors justifiée.

Le nombre de Prantl

Le nombre de Prantl est défini comme

$$Pr = \frac{\nu}{\alpha}$$

ou α est la diffusivité thermique [m^2/s]. Le nombre de Prantl est donc le rapport entre l'épaisseur de la couche limite et l'épaisseur de la couche limite thermique. Vu la définition de la diffusivité thermique α , le nombre de Prantl peut aussi être écrit comme

$$Pr = \frac{\mu \cdot C_p}{k}$$

avec C_p la chaleur spécifique à pression constante [$J/(kg \cdot K)$].

Le nombre de Grashof

Le nombre de Grashof est le rapport entre l'effet de flottaison par force motrice d'Archimède et l'effet résistif de l'écoulement.

$$Gr = \frac{g \cdot \beta \cdot \langle L \rangle^3 \cdot (T_p - T_{ext})}{\nu^2}$$

ou g est l'accélération de la pesanteur [m/s^2], β le coefficient de dilatabilité ou d'expansion thermique [$1/K$], T_p la température au parois et T_{ext} la température externe. Le nombre de Grashof joue un rôle identique à Re en convection forcée.

Le rapport de $\frac{Gr}{Re^2}$ détermine quelle type de convection on a :

- $\frac{Gr}{Re^2} \ll 1 \Rightarrow$ convection forcée
- $\frac{Gr}{Re^2} \gg 1 \Rightarrow$ convection naturelle
- $\frac{Gr}{Re^2} \cong 1 \Rightarrow$ convection mixte

Le nombre de Rayleigh

Le nombre de Rayleigh regroupe les nombres de Prantl et Grashof et est donné par

$$Ra = Gr \cdot Pr = \frac{g \cdot \beta \cdot \langle L \rangle^3 \cdot (T_p - T_{ext})}{\nu \cdot \alpha}$$

Sa valeur nous indique si on est en laminaire ou turbulent pour un système en convection naturelle.

Le nombre de Nusselt

Le nombre de Nusselt est défini comme

$$Nu = \frac{h \cdot \langle L_f \rangle}{k_f}$$

ou $\langle L_f \rangle$ est la longueur selon laquelle se fait l'écoulement et k_f est la conductivité du fluide [$W/(m \cdot K)$]. Le nombre de Nusselt est, contrairement au nombre de Biot, un rapport de deux longueurs. Même si on retrouve la même écriture que pour le nombre de Biot, la signification physique est tout à fait différente !!

Le nombre de Schmidt

Le nombre de Schmidt est défini comme

$$Sc = \frac{\mu}{\rho \cdot \mathcal{D}}$$

ou \mathcal{D} est la diffusivité massique [m^2/s]. Le nombre de Schmidt est le pendant du nombre de Prantl pour diffusion massique.

Le nombre de Sherwood

Le nombre de Sherwood est donné par

$$Sh = \frac{h_m \cdot \langle L \rangle}{\mathcal{D}}$$

ou h_m est le coefficient de transfert de matière [m/s]. Le nombre de Sherwood est le pendant du nombre de Nusselt pour diffusion massique.