**4.5.2. La convection libre (naturelle)**

Application de l’analyse dimensionnelle dans le cas de la convection libre. Le coefficient d’échange de chaleur convectif dépend de 6 paramètres :



: Accélération de la pesanteur [m/s2]

 : Coefficient de la délitation (pour un fluide parfait)

 : Écart de température (fluide-paroi) [°C ou K]

  [m/s2]



La relation sera réduite à une relation entre (N-K) = (7- 4)=3 nombres adimensionnels



Avec













Calcul

Cherchons h, Cp, (gβΔT)

Pour h : g=1, e=0, f=0











La solution de ce système d’équations est :



  **Le nombre de Nusselt (Nu)**

Pour Cp : e=1, f=0, g=0











La solution est :



  **Le nombre de Prandtl (Pr)**

Pour (gβΔT) : f=1, e=0, g=0











La solution est :



  **Le nombre de Grashof (Gr)**

Dans la convection naturelle F (Nu, Pr, Gr) =0  Nu= f (Gr, Pr)

**4.6. Nombres adimensionnels**

Les nombres adimensionnels souvent utilisées en présence de la convection thermique qu’elle soit libre ou forcée sont résumés dans le tableau ci-dessous.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Nom | Symbole | Expression | Signification |
| Reynolds | Re |  | Il caractérise la nature de l’écoulement laminaire ou turbulent en convection forcée |
| Nusselt | Nu |  | Il caractériser le type de transfert thermique entre un fluide et une paroi. |
| Prandtl | Pr |  | Le rapport entre la [diffusivité](https://fr.wikipedia.org/wiki/Diffusion) de la [quantité de mouvement](https://fr.wikipedia.org/wiki/Quantit%C3%A9_de_mouvement) ([viscosité cinématique](https://fr.wikipedia.org/wiki/Viscosit%C3%A9_cin%C3%A9matique)) et celle de la [chaleur](https://fr.wikipedia.org/wiki/Chaleur) |
| Grashoff | Gr |  | Il Compare la force ascensionnelle et la force visqueuse |
| Rayleigh | Ra |  | Il remplace le Reynolds dans la convection libre (il caractérise la convection naturelle) |
| Peclet | Pe |  | Compare la capacité calorifique du fluide à la conductivité axiale. |

**4.7. Corrélations utilisées pour déterminer le nombre adimensionnel Nusselt**.

Un grand nombre de formules empiriques est disponible pour déterminer le coefficient de transmission de chaleur par convection à travers l’expression du nombre de Nusselt.

Dans le tableau suivant quelques corrélations du nombre de Nusselt sont présentées avec leurs domaines d’applications et pour les deux types de convection (forcée et libre).

**4.7.1Convection forcée**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Géométrie, régime d’écoulement | Corrélations | Observations |
| Plaque plane, laminaire  Plaque plane, Turbulent |  | Re < 5.105, Pr > 0.6  5.105≤Re ≤107  0.6 ≤ Pr ≤ 60 |
| Écoulement à l’intérieur des tubes circulaire lisses,  Laminaire |  | ReD Pr. D/L) >10  (ReD Pr. D/L) >10 |
| Écoulement à l’intérieur des tubes circulaire lisses,  Turbulent |  | Colburn  L/D > 60  0.7≤ Pr ≤ 100  104≤ ReD ≤ 1.2105  Dittus-Boelter  n=0.4 chauffage  n=0.3 refroidissement  Seider et Tate  McAdams  Pour le régime d’entrée dans les tubes |
| Écoulement autour d’un cylindre | Re Pr > 0.2 | Churchill – Bernstein |
| Écoulement autour d’une sphère |  | Whitaker  3.5 ≤ Re ≤ 80.103  0.7 ≤ Pr ≤ 380 |

**4.7.2. Convection libre**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Géométrie | Corrélations | Commentaires |
| Plaque verticale |  | Pour toute la plage de Rayleigh  Longueur caractéristique L |
| Plaque horizontale | Ra : 104-107  Ra : 107-1011  Ra : 105-1011 | La longueur caractéristique L=A/P  A : surface de la plaque  P : périmètre de la plaque |
| Cylindre vertical |  | L : Longueur du cylindre |
| Cylindre horizontal |  | D : diamètre du cylindre  RaD ≤ 1012 |
| Sphère |  | D : diamètre de la sphère  RaD ≤ 1011  Pr ≥ 0.7 |