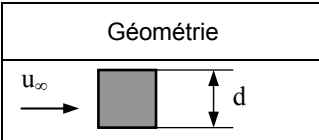
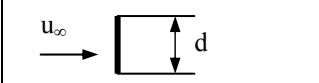
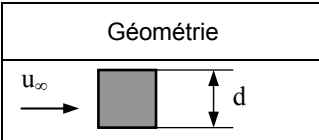
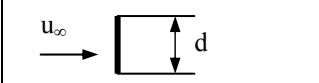
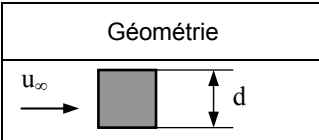
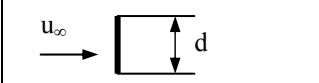


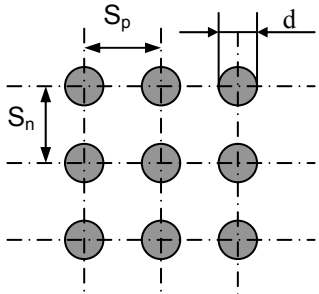
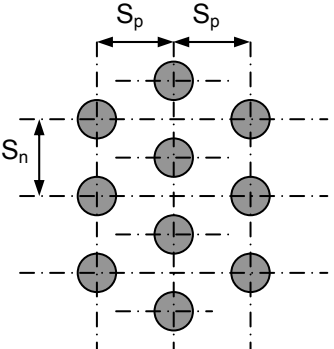
A.4.1 : Corrélations pour le calcul des coefficients de transfert en convection forcée

Caractéristiques du fluide calculée à $\theta_f = \frac{\theta_p + \theta_\infty}{2}$

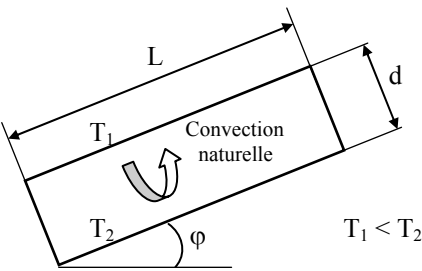
Géométrie	Corrélation																		
<p>Écoulement sur un plan</p>	<p>$Nu(x)$: Nu à la distance x du bord du plan \overline{Nu}_L : Nu moyen sur la longueur L du plan</p> <p><u>Écoulement turbulent</u> :</p> $Nu(x) = 0,0288 Re(x)^{0,8} Pr^{1/3}$ $\overline{Nu}_L = 0,035 Re_L^{0,8} Pr^{1/3}$ <p style="text-align: right;">$Re > 5 \cdot 10^5$ et $Pr \geq 0,5$</p> <p><u>Écoulement laminaire</u> :</p> $Nu(x) = 0,324 Re(x)^{0,5} Pr^{1/3}$ $\overline{Nu}_L = 0,628 Re_L^{0,5} Pr^{1/3}$ <p style="text-align: right;">$Re < 5 \cdot 10^5$ et $10 \geq Pr \geq 0,5$</p>																		
<p>Écoulement dans un tube</p>	<p><u>Écoulement turbulent</u> : $Nu = 0,023 Re^{0,8} Pr^n$</p> <p>$n = 0,3$ si $\theta_{\text{fluide}} > \theta_{\text{paroi}}$ $n = 0,4$ si $\theta_{\text{fluide}} < \theta_{\text{paroi}}$</p> <p style="text-align: right;">$Re > 5000$ et $0,6 < Pr < 100$</p> <p>Re calculé pour $D_H = 4S / P$ où : S = section de passage du fluide P = périmètre de contact fluide/paroi</p> <p><u>Écoulement laminaire</u> : $Nu = 1,86 (Re Pr)^{1/3} \left(\frac{D}{L}\right)^{1/3} \left(\frac{\mu}{\mu_p}\right)^{0,14}$</p> <p>Valable pour $Re Pr \frac{D}{L} \geq 10$, μ_p calculé à θ_p</p>																		
<p>Écoulement perpendiculaire à un cylindre circulaire</p>	<p>$Nu = C Re^n Pr^{1/3}$, vitesse u_∞ calculée en amont du tube</p> <table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <thead> <tr> <th>Re</th> <th>C</th> <th>n</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0,4 – 4</td> <td>0,989</td> <td>0,330</td> </tr> <tr> <td>4 – 40</td> <td>0,911</td> <td>0,385</td> </tr> <tr> <td>40 – 4000</td> <td>0,683</td> <td>0,466</td> </tr> <tr> <td>4000 – 40000</td> <td>0,193</td> <td>0,618</td> </tr> <tr> <td>40000 - 250000</td> <td>0,0266</td> <td>0,805</td> </tr> </tbody> </table>	Re	C	n	0,4 – 4	0,989	0,330	4 – 40	0,911	0,385	40 – 4000	0,683	0,466	4000 – 40000	0,193	0,618	40000 - 250000	0,0266	0,805
Re	C	n																	
0,4 – 4	0,989	0,330																	
4 – 40	0,911	0,385																	
40 – 4000	0,683	0,466																	
4000 – 40000	0,193	0,618																	
40000 - 250000	0,0266	0,805																	
<p>Écoulement perpendiculaire à un cylindre non circulaire</p>	<table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <thead> <tr> <th>Géométrie</th> <th>Re</th> <th>C</th> <th>n</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td></td> <td>$5 \cdot 10^3 - 10^5$</td> <td>0,102</td> <td>0,675</td> </tr> <tr> <td></td> <td>$4 \cdot 10^3 - 1,5 \cdot 10^4$</td> <td>0,228</td> <td>0,731</td> </tr> </tbody> </table>	Géométrie	Re	C	n		$5 \cdot 10^3 - 10^5$	0,102	0,675		$4 \cdot 10^3 - 1,5 \cdot 10^4$	0,228	0,731						
Géométrie	Re	C	n																
	$5 \cdot 10^3 - 10^5$	0,102	0,675																
	$4 \cdot 10^3 - 1,5 \cdot 10^4$	0,228	0,731																

A.4.1 : Corrélations pour le calcul des coefficients de transfert en convection forcée

Caractéristiques du fluide calculée à $\theta_f = \frac{\theta_p + \theta_\infty}{2}$

Géométrie	Corrélation																																	
Ecoulement perpendiculaire à un faisceau de 10 tubes	$Nu = C Re^n Pr^{1/3}$, vitesse u_∞ calculée en amont du tube																																	
	<table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <thead> <tr> <th></th> <th colspan="8">$\frac{S_n}{d}$</th> </tr> <tr> <th>$\frac{S_p}{d}$</th> <th colspan="2">1,25</th> <th colspan="2">1,5</th> <th colspan="2">2,0</th> <th colspan="2">3,0</th> </tr> <tr> <th></th> <th>C</th> <th>n</th> <th>C</th> <th>n</th> <th>C</th> <th>n</th> <th>C</th> <th>n</th> </tr> </thead> </table>		$\frac{S_n}{d}$								$\frac{S_p}{d}$	1,25		1,5		2,0		3,0			C	n	C	n	C	n	C	n						
		$\frac{S_n}{d}$																																
	$\frac{S_p}{d}$	1,25		1,5		2,0		3,0																										
		C	n	C	n	C	n	C	n																									
		Disposition en ligne																																
	1,25	0,38 6	0,592	0,305	0,608	0,111	0,704	0,070	0,752																									
	1,5	0,407	0,586	0,278	0,620	0,112	0,702	0,075	0,744																									
	2,0	0,464	0,570	0,332	0,602	0,254	0,632	0,220	0,648																									
	3,0	0,322	0,601	0,396	0,584	0,415	0,581	0,317	0,608																									
		Disposition en quinconce																																
	0,6	-	-	-	-	-	-	0,236	0,636																									
	0,9	-	-	-	-	0,495	0,571	0,445	0,581																									
	1,0	-	-	0,552	0,558	-	-	-	-																									
	1,125	-	-	-	-	0,531	0,565	0,575	0,560																									
1,25	0,575	0,556	0,561	0,554	0,576	0,556	0,579	0,562																										
1,5	0,501	0,568	0,511	0,562	0,502	0,568	0,542	0,568																										
																																		
																																		
	Disposition en ligne Disposition en quinconce																																	
Ecoulement perpendiculaire à un faisceau de n rangées de tubes (n ≤ 10)	$N = \frac{h_n}{h_{10}}$																																	
	<table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <thead> <tr> <th>Nombre rangées</th> <th>1</th> <th>2</th> <th>3</th> <th>4</th> <th>5</th> <th>6</th> <th>7</th> <th>8</th> <th>9</th> <th>10</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>N en ligne</td> <td>0,64</td> <td>0,80</td> <td>0,87</td> <td>0,90</td> <td>0,92</td> <td>0,94</td> <td>0,96</td> <td>0,98</td> <td>0,99</td> <td>1,0</td> </tr> <tr> <td>N en quinconce</td> <td>0,68</td> <td>0,75</td> <td>0,83</td> <td>0,89</td> <td>0,92</td> <td>0,95</td> <td>0,97</td> <td>0,98</td> <td>0,99</td> <td>1,0</td> </tr> </tbody> </table>	Nombre rangées	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	N en ligne	0,64	0,80	0,87	0,90	0,92	0,94	0,96	0,98	0,99	1,0	N en quinconce	0,68	0,75	0,83	0,89	0,92	0,95	0,97	0,98	0,99	1,0
	Nombre rangées	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10																							
	N en ligne	0,64	0,80	0,87	0,90	0,92	0,94	0,96	0,98	0,99	1,0																							
N en quinconce	0,68	0,75	0,83	0,89	0,92	0,95	0,97	0,98	0,99	1,0																								

A.4.2 : Corrélations pour le calcul des coefficients de transfert en convection naturelle

Corrélations valables pour tous fluides : $Nu = C (Gr Pr)^m$			
Géométrie	Gr Pr	C	m
Plaques et cylindres verticaux	$10^4 - 10^9$ $10^9 - 10^{13}$	0,59 0,021	1/4 2/5
Cylindres horizontaux	$10^{-10} - 10^{-2}$ $10^{-2} - 10^2$ $10^2 - 10^4$ $10^4 - 10^7$ $10^7 - 10^{12}$	0,675 1,02 0,850 0,480 0,125	0,058 0,148 0,188 0,25 0,33
Face supérieure d'une plaque chaude ou face inférieure d'une plaque froide	$2 \cdot 10^4 - 8 \cdot 10^6$ $8 \cdot 10^6 - 10^{11}$	0,54 0,15	0,25 0,33
Face inférieure d'une plaque chaude ou face supérieure d'une plaque froide	$10^5 - 10^{11}$	0,27	0,25
Cellule fermée rectangulaire inclinée 	$Nu = 1 + 1,44 \left(1 - \frac{1708}{Gr Pr \cos \varphi} \right) \left[1 - \frac{1708 (\sin(1,8 \varphi)^{1,6})}{Gr Pr \cos \varphi} \right] +$ $\left[\left(\frac{Gr Pr \cos \varphi}{5830} \right)^{1/3} - 1 \right] \quad \text{si } 0 < \varphi < \varphi^*$ $Nu = (\sin \varphi)^{1/4} Nu(90^\circ) \quad \text{si } \varphi^* < \varphi < 90^\circ$ $Nu = 1 + [Nu(90^\circ) - 1] \sin \varphi \quad \text{si } 90^\circ < \varphi < 180^\circ$ <p style="text-align: center;">Avec $\varphi^* = \tan^{-1}(4800 Pr)$</p>		
Relations simplifiées pour de l'air à pression atmosphérique			
Géométrie	Laminaire $10^4 < Gr Pr < 10^9$	Turbulent $Gr Pr > 10^9$	
Plaque ou cylindre vertical	$h = 1,42 \left(\frac{\Delta\theta}{L} \right)^{1/4}$	$h = 1,31 (\Delta\theta)^{1/3}$	
Cylindre horizontal	$h = 1,32 \left(\frac{\Delta\theta}{D} \right)^{1/4}$	$h = 1,24 (\Delta\theta)^{1/3}$	
Face supérieure d'une plaque horizontale chaude ou face inférieure d'une plaque froide	$h = 1,32 \left(\frac{\Delta\theta}{L} \right)^{1/4}$	$h = 1,52 (\Delta\theta)^{1/3}$	
Face inférieure d'une plaque chaude ou face supérieure d'une plaque froide	$h = 0,59 \left(\frac{\Delta\theta}{L} \right)^{1/4}$	$h = 0,59 \left(\frac{\Delta\theta}{L} \right)^{1/4}$	