

### 12.3.3 Exemple

#### Caractéristiques géométriques du tunnel

|  |                                       |
|--|---------------------------------------|
| Longueur du tunnel                             | $L = 1200 \text{ m}$                  |
| Section transversale du tunnel                 | $A_T = 69 \text{ m}^2$                |
| Périmètre de la section transversale du tunnel | $P = 32,5 \text{ m}$                  |
| Diamètre hydraulique du tunnel                 | $D_H = 8,50 \text{ m}$                |
| Rampe du tunnel                                | $d = -0,02 \text{ (} = 2 \text{ \%)}$ |

#### Caractéristiques aérodynamiques

|  |                              |
|--|------------------------------|
| Taux massique de l'air                                     | $\rho = 1225 \text{ kg/m}^3$ |
| Coeff. de perte de charge linéaire ou coefficient de Moody | $\lambda = 0,020$            |
| Perte de charge à l'entrée du tunnel                       | $\zeta = 0,4$                |
| Nombre de Prandtl (air)                                    | $Pr = 0,7$                   |
| Contre-charge atmosphérique                                | $\Delta Pa = 50 \text{ Pa}$  |
| Accélération de la gravité                                 | $g = 0,981 \text{ m/s}^2$    |
| Vitesse du flux en tunnel                                  | $u_0 = 4 \text{ m/s}$        |

#### Caractéristiques des accélérateurs

|  |                        |
|--|------------------------|
| Vitesse de sortie moyenne des accélérateurs        | $u_j = 30 \text{ m/s}$ |
| Poussée fournie par un groupe d'accélérateurs      | $F_j = 1500 \text{ N}$ |
| Coefficient total d'installation des accélérateurs | $\eta = 0,85$          |

#### Caractéristiques thermiques

|                                     |   |
|-------------------------------------|---|
| Puissance thermique de l'incendie   | $Q = 200 \times 10^6 \text{ W}$                                 |
| Chaleur massique de l'air           | $c_p = 1009 \text{ J/kg}^\circ\text{K}$                         |
| Emissivité des parois               | $\varepsilon = 0,7$   |
| Constante de Stefan–Boltzmann       | $\sigma_0 = 5,68 \times 10^{-8} \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}^4$ |
| Température superficielle du tunnel | $T_{\text{walls}} = 288 \text{ }^\circ\text{K}$                 |

### 12.3.3 Example

#### Geometric Characteristics of the Tunnel

|                                       |                        |
|---------------------------------------|------------------------|
| tunnel length                         | $L = 1,200 \text{ m}$  |
| tunnel cross section                  | $A_T = 69 \text{ m}^2$ |
| perimeter of the tunnel cross section | $P = 32.5 \text{ m}$   |
| hydraulic diameter of the tunnel      | $D_H = 8.50 \text{ m}$ |
| tunnel gradient                       | $d = -0.02 (= 2\%)$    |

#### Aerodynamic Characteristics

|   |                               |
|---|-------------------------------|
| air rate mass                               | $\rho = 1.225 \text{ kg/m}^3$ |
| linear pressure loss factor or Moody factor | $\lambda = 0.020$             |
| pressure loss at the tunnel entrance        | $\zeta = 0.4$                 |
| air Prandtl number                          | $Pr = 0.7$                    |
| atmospheric counter-pressure                | $\Delta Pa = 50 \text{ Pa}$   |
| gravity acceleration                        | $g = 0.981 \text{ m/s}^2$     |
| tunnel flow speed                           | $u_0 = 4 \text{ m/s}$         |

#### Jet Fan Characteristics

|  |                         |
|--|-------------------------|
| average output velocity of jet fans    | $u_j = 30 \text{ m/s}$  |
| fan thrust supplied by a jet fan group | $F_j = 1,500 \text{ N}$ |
| total installation factor of jet fans  | $\eta = 0.85$           |

#### Thermal Characteristics

|                            |   |
|----------------------------|---|
| fire heat release rate     | $Q = 200 \times 10^6 \text{ W}$   |
| mass heat of air           | $c_p = 1,009 \text{ J/kg}^\circ\text{K}$                                |
| wall emissivity            | $\varepsilon = 0.7$   |
| Stefan–Boltzmann constant  | $\sigma_0 = 5.68 \times 10^{-8} \text{ W/m}^2 \text{ }^\circ\text{K}^4$ |
| tunnel surface temperature | $T_{\text{walls}} = 288 \text{ }^\circ\text{K}$                         |

**Tableau 12.3.1 - Evolution longitudinale de la température de l'air pour l'exemple du paragraphe 12.3.3.**

| Température (°K) | Distance foyer / entrée (m) |
|------------------|-----------------------------|
| 677              | à 0                         |
| 622              | 50                          |
| 579              | 100                         |
| 544              | 150                         |
| 515              | 200                         |
| 491              | 250                         |
| 470              | 300                         |
| 452              | 350                         |
| 436              | 400                         |
| 422              | 450                         |
| 409              | 500                         |
| 398              | 550                         |
| 387              | 600                         |
| 379              | 650                         |
| 372              | 700                         |
| 364              | 750                         |
| 358              | 800                         |
| 352              | 850                         |
| 346              | 900                         |
| 342              | 950                         |
| 337              | 1000                        |
| 333              | 1050                        |
| 329              | 1100                        |
| 326              | 1150                        |
| 323              | 1200                        |

**Tableau 12.3.2 - Variation des différentes pertes de charge le long du tunnel en fonction de l'emplacement du foyer d'incendie**

| Pertes de charge (Pa) | Distance foyer / Entrée du tunnel (m) |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
|-----------------------|---------------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|                       | 0                                     | 100   | 200   | 300   | 400   | 500   | 600   | 700   | 800   | 900   | 1,000 | 1,100 | 1,200 |
| $\Delta P_e$          | 3,94                                  | 3,94  | 3,94  | 3,94  | 3,94  | 3,94  | 3,94  | 3,94  | 3,94  | 3,94  | 3,94  | 3,94  | 3,94  |
| $\Delta P_f$          | 40,48                                 | 40,17 | 39,81 | 39,38 | 38,87 | 38,25 | 37,51 | 36,63 | 35,54 | 34,22 | 32,57 | 30,49 | 27,78 |
| $\Delta P_s$          | 11,04                                 | 11,24 | 11,51 | 11,82 | 12,23 | 12,71 | 13,22 | 13,97 | 14,90 | 16,06 | 17,60 | 19,78 | 23,13 |
| $\Delta P_{véh}$      | 0                                     | 4,65  | 9,30  | 13,95 | 18,60 | 23,25 | 27,89 | 32,54 | 37,19 | 38,73 | 38,83 | 38,73 | 38,73 |
| $\Delta ch$           | 82,68                                 | 79,87 | 76,61 | 72,83 | 68,44 | 63,35 | 57,54 | 50,87 | 43,19 | 34,41 | 24,40 | 12,99 | 0     |
| $\Delta P_a$          | 50                                    | 50    | 50    | 50    | 50    | 50    | 50    | 50    | 50    | 50    | 50    | 50    | 50    |
| $\Delta P_{exp}$      | 30                                    | 30    | 30    | 30    | 30    | 30    | 30    | 30    | 30    | 30    | 30    | 30    | 30    |
| $\Delta P_{total}$    | 214                                   | 220   | 221   | 222   | 222   | 222   | 220   | 218   | 215   | 207   | 197   | 186   | 174   |

**Table 12.3.1 - Longitudinal evolution of the temperature of the air for the example of section 12.3.3**

| Temperature (°K) | Distance fire / entrance (m) |
|------------------|------------------------------|
| 677              | à 0                          |
| 622              | 50                           |
| 579              | 100                          |
| 544              | 150                          |
| 515              | 200                          |
| 491              | 250                          |
| 470              | 300                          |
| 452              | 350                          |
| 436              | 400                          |
| 422              | 450                          |
| 409              | 500                          |
| 398              | 550                          |
| 387              | 600                          |
| 379              | 650                          |
| 372              | 700                          |
| 364              | 750                          |
| 358              | 800                          |
| 352              | 850                          |
| 346              | 900                          |
| 342              | 950                          |
| 337              | 1,000                        |
| 333              | 1,050                        |
| 329              | 1,100                        |
| 326              | 1,150                        |
| 323              | 1,200                        |

**Table 12.3.2 - Variation of different pressure losses along the tunnel according to the location of the fire**

| Pressure Losses (Pa) | Distance Fire / Entrance of the Tunnel (m) |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
|----------------------|--|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|                      | 0  | 100   | 200   | 300   | 400   | 500   | 600   | 700   | 800   | 900   | 1,000 | 1,100 | 1,200 |
| $\Delta P_e$         | 3.94                                       | 3.94  | 3.94  | 3.94  | 3.94  | 3.94  | 3.94  | 3.94  | 3.94  | 3.94  | 3.94  | 3.94  | 3.94  |
| $\Delta P_f$         | 40.48                                      | 40.17 | 39.81 | 39.38 | 38.87 | 38.25 | 37.51 | 36.63 | 35.54 | 34.22 | 32.57 | 30.49 | 27.78 |
| $\Delta P_s$         | 11.04                                      | 11.24 | 11.51 | 11.82 | 12.23 | 12.71 | 13.22 | 13.97 | 14.90 | 16.06 | 17.60 | 19.78 | 23.13 |
| $\Delta P_{véh}$     | 0  | 4.65  | 9.30  | 13.95 | 18.60 | 23.25 | 27.89 | 32.54 | 37.19 | 38.73 | 38.73 | 38.73 | 38.73 |
| $\Delta ch$          | 82.68                                      | 79.87 | 76.61 | 72.83 | 68.44 | 63.35 | 57.54 | 50.87 | 43.19 | 34.41 | 24.40 | 12.99 | 0     |
| $\Delta P_a$         | 50   | 50    | 50    | 50    | 50    | 50    | 50    | 50    | 50    | 50    | 50    | 50    | 50    |
| $\Delta P_{exp}$     | 30   | 30    | 30    | 30    | 30    | 30    | 30    | 30    | 30    | 30    | 30    | 30    | 30    |
| $\Delta P_{total}$   | 214  | 220   | 221   | 222   | 222   | 222   | 220   | 218   | 215   | 207   | 197   | 186   | 174   |