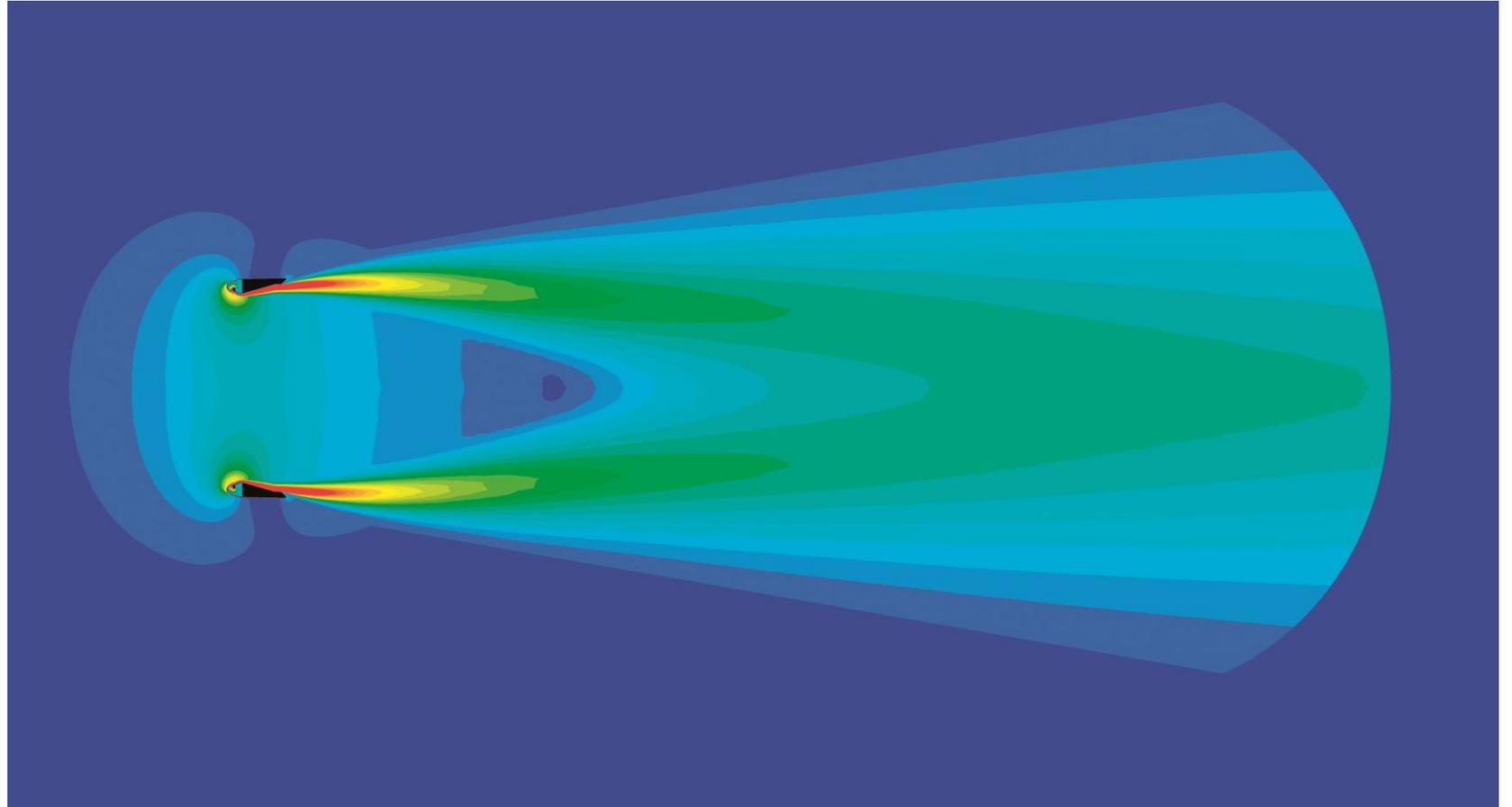


# Cinématique des fluides



Introduction : Ecoulement de l'air dans un ventilateur Dyson.

# Cinématique des fluides

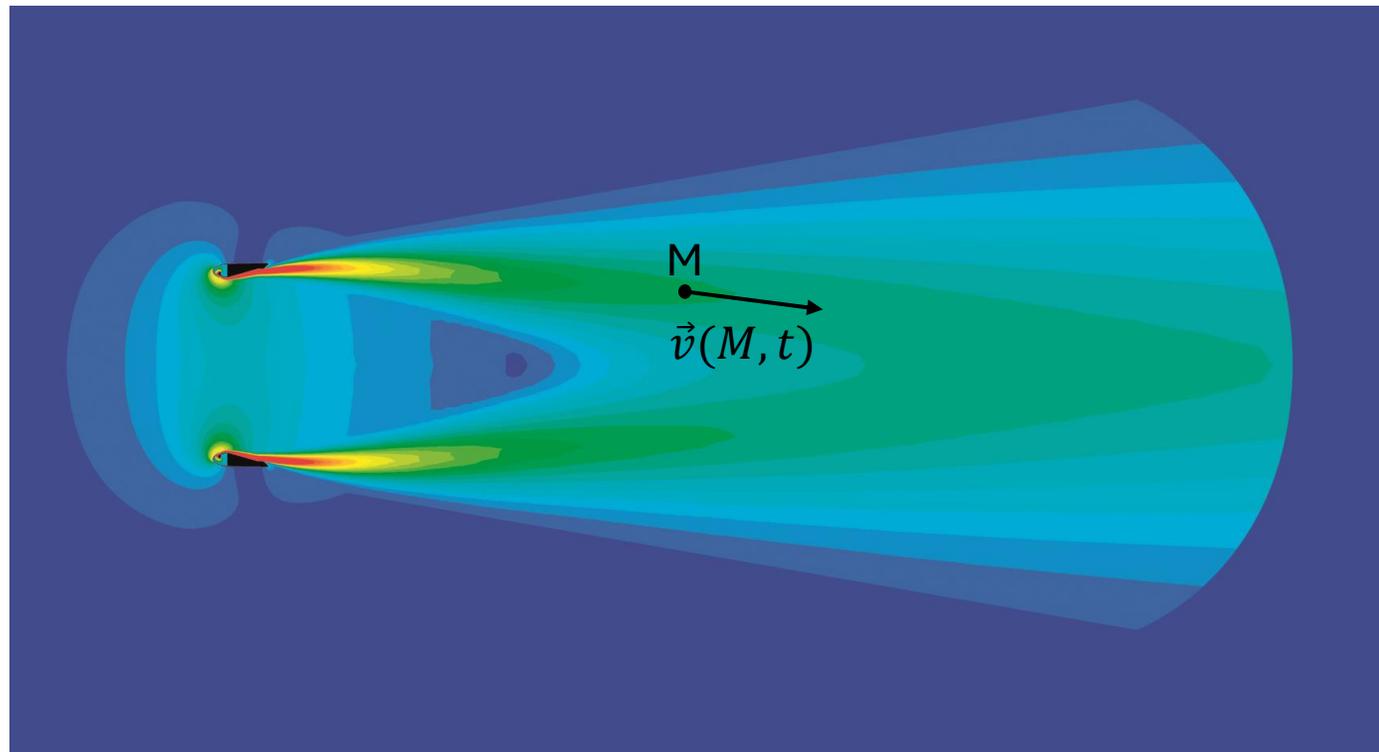
1. Champ des vitesses
2. Lignes de courant
3. Quelques écoulements particuliers
4. Tube de courant
5. Débit volumique
6. Débit massique

# 1. Champ des vitesses

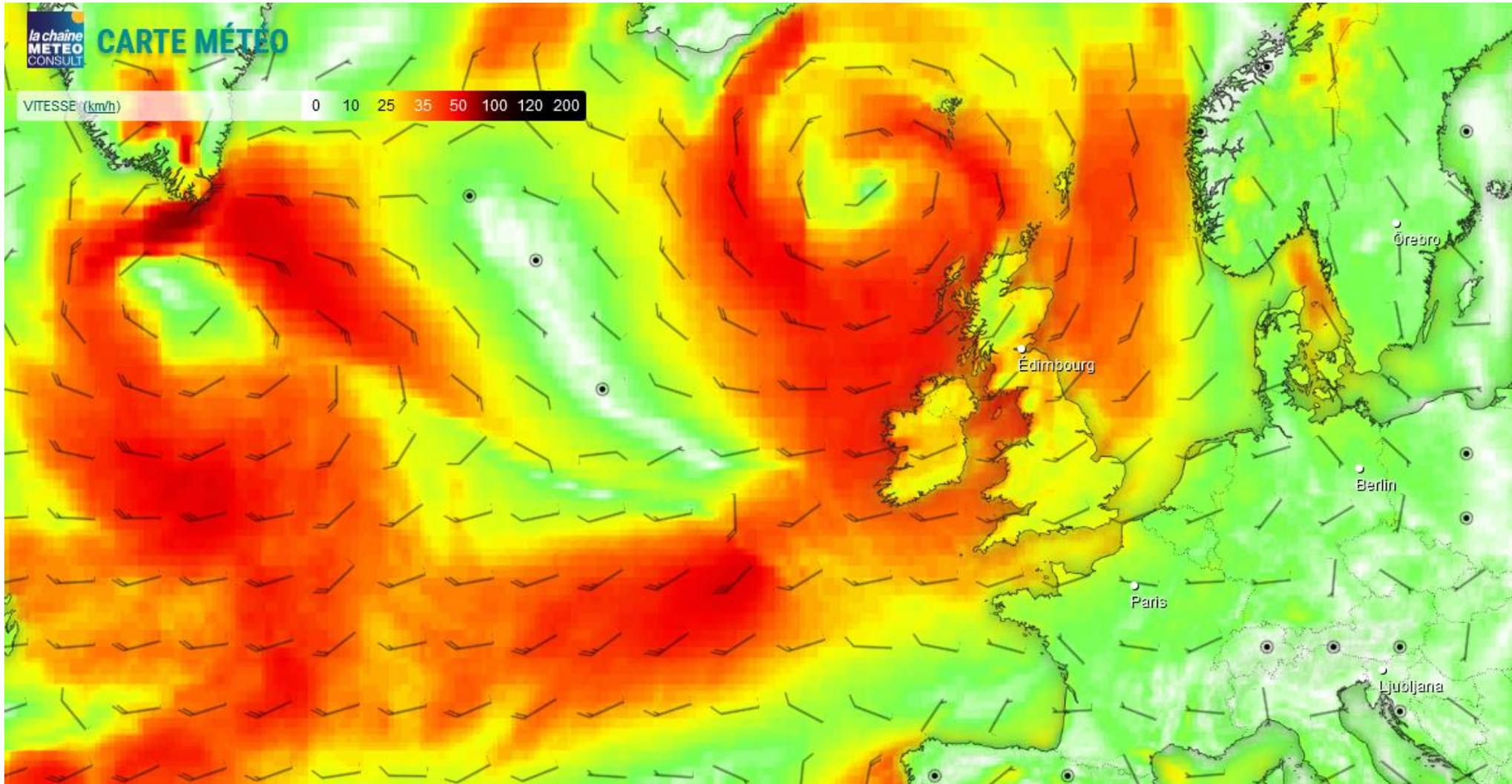
Considérons un point fixe  $M$  dans l'écoulement.

On définit une particule de fluide à son voisinage.

La vitesse moyenne des molécules de fluides situées dans la particule de fluide à l'instant  $t$  est appelée champ des vitesses, et notée  $\vec{v}(M, t)$



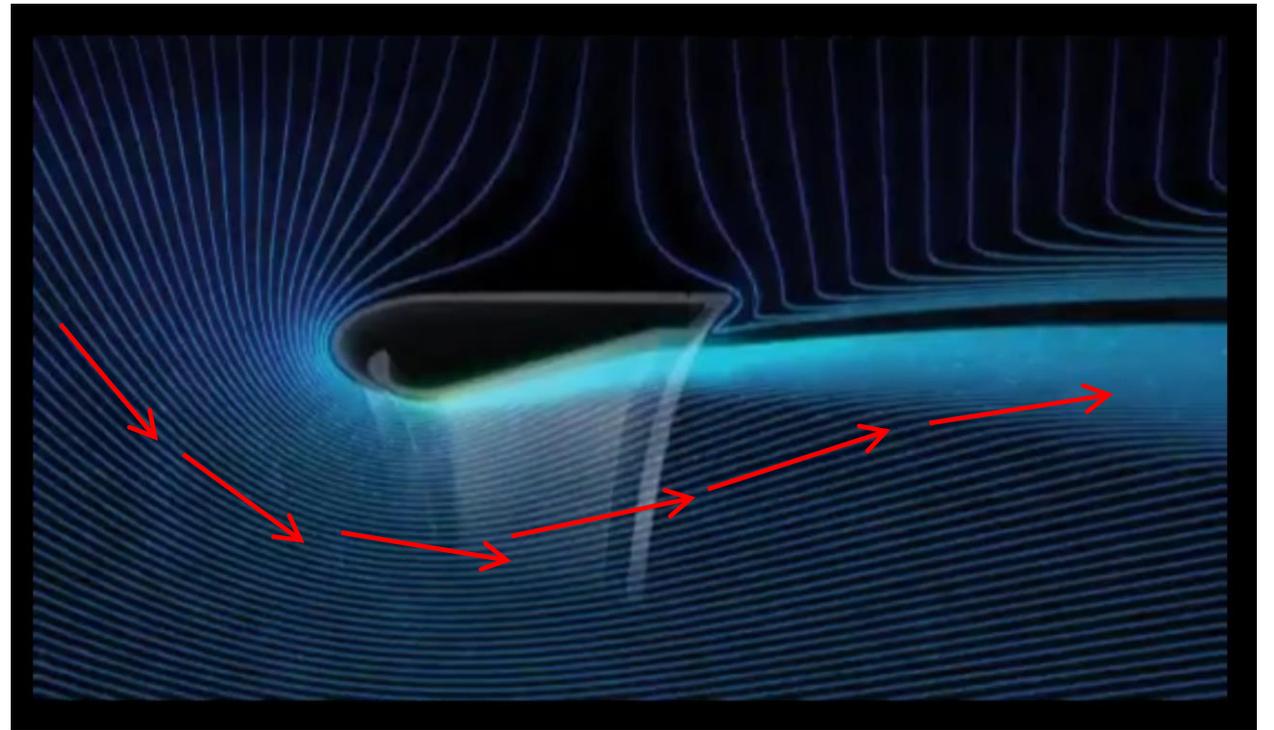
<https://www.meteoconsult.fr/carte-meteo/vent>



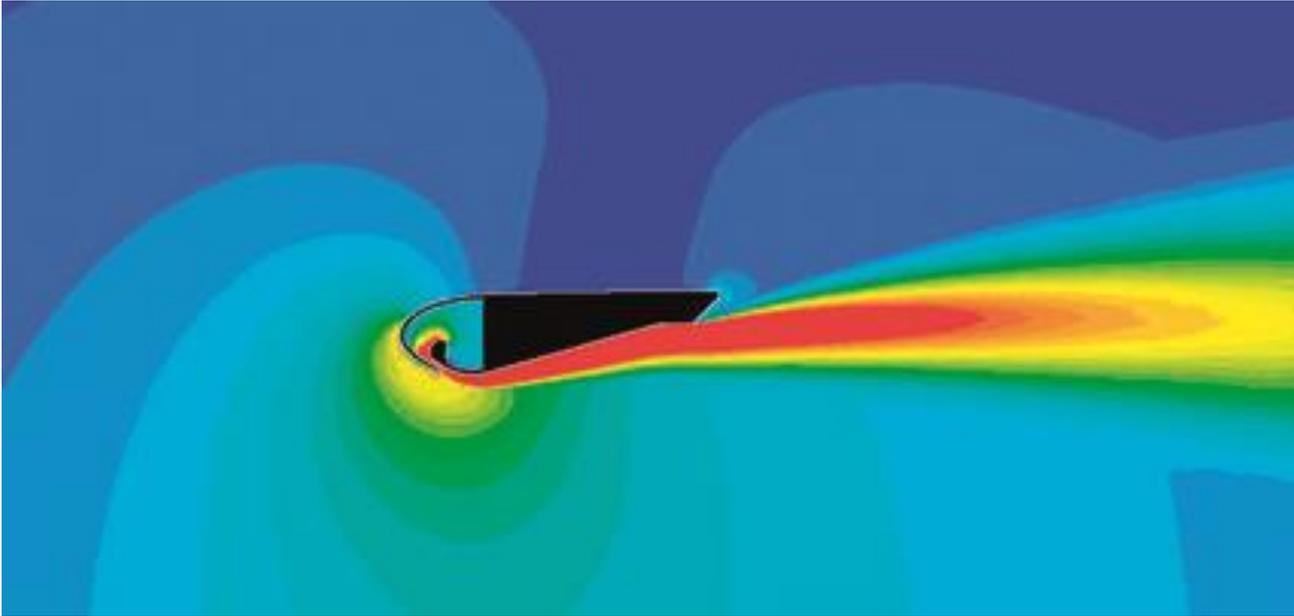
## 2. Lignes de courant

Une ligne de courant est tangente au champ des vitesses en chacun de ses points.  
On l'appelle aussi ligne de champ des vitesses.

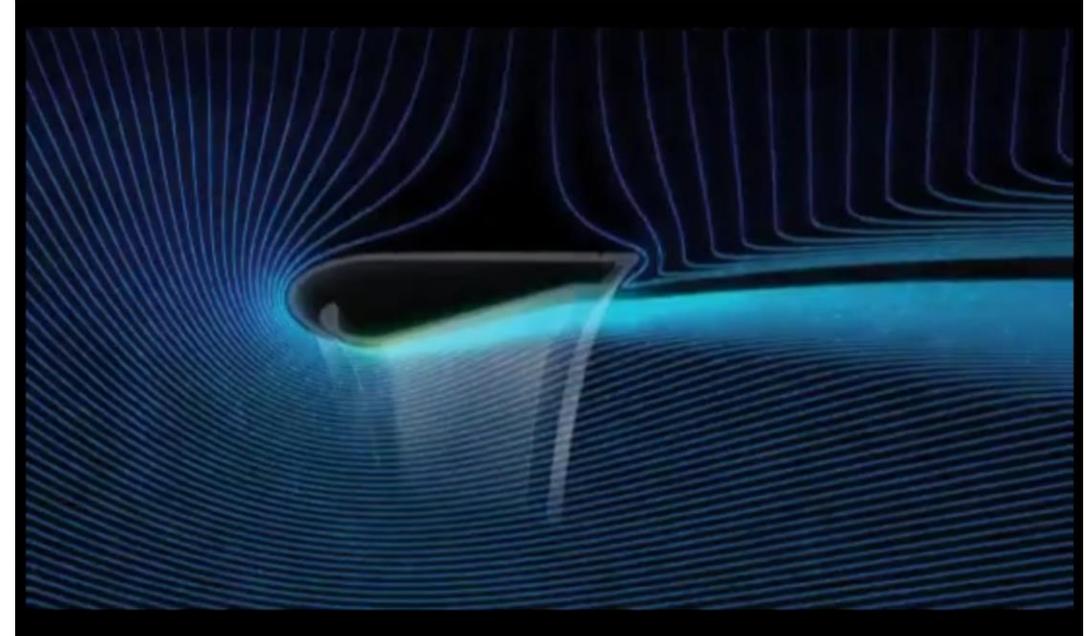
Ci-contre une vue en coupe du ventilateur Dyson, avec les lignes de courant externes de l'écoulement d'air



## Lignes de courant et norme du champ des vitesses



La couleur représente la norme du champ des vitesses



Les lignes de champ indiquent la direction de la vitesse, mais pas la norme.

Lorsque les lignes de courant se rapprochent, la norme de la vitesse augmente.

### 3. Quelques écoulements particuliers

Écoulement stationnaire : le champ des vitesses ne dépend pas du temps.

Écoulement incompressible et homogène : la masse volumique est la même partout dans l'écoulement.

Écoulement uniforme : le champ des vitesses est le même en tout point.

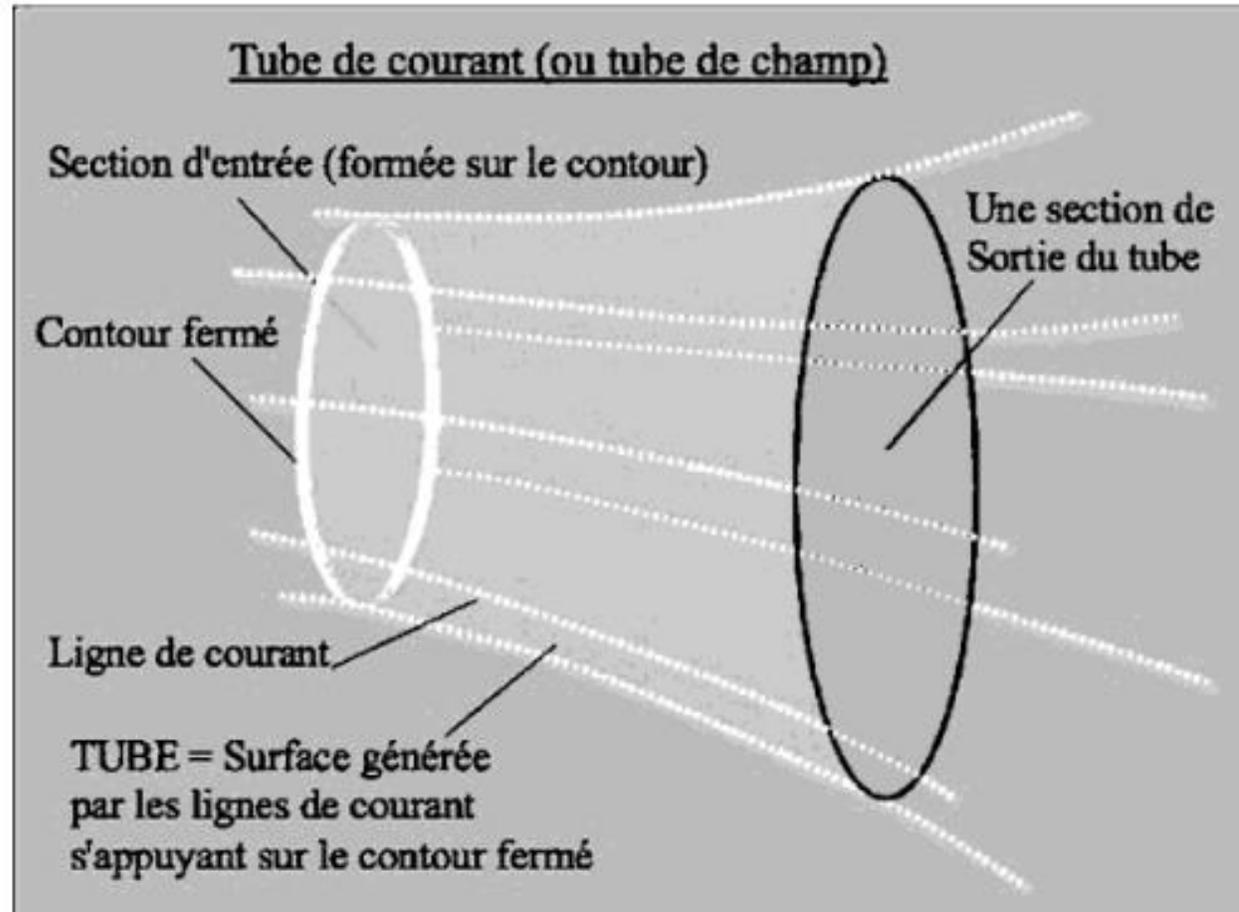
Écoulement laminaire : stable, avec des lignes de courant bien lisses.

Écoulement turbulent : instable, avec des tourbillons irréguliers.

L'écoulement d'air dans le Dyson peut être considéré comme :

- Stationnaire, une dizaine de secondes après allumage
- Incompressible et homogène, car la vitesse d'écoulement est très inférieure à celle du son
- Non uniforme près du ventilateur, mais quasi-uniforme à quelques mètres en face
- Laminaire

## 4. Tube de courant



Les parois latérales d'un tube de courant sont constituées de lignes de courant

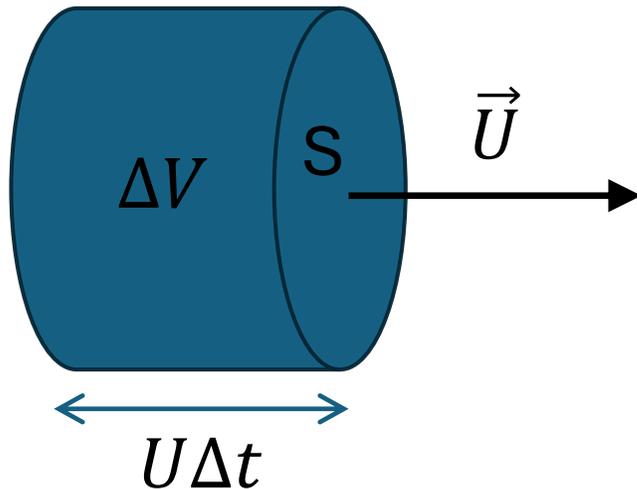
## 5. Débit volumique (à travers un tube de courant)

Il s'agit du volume de fluide s'écoulant dans le tube de courant par unité de temps

$$D_v = \frac{\Delta V}{\Delta t}$$

Unité SI :  $\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$

Pour un écoulement uniforme, on peut aussi l'exprimer en fonction de la vitesse du fluide et de la section du tube de courant :



$$\begin{aligned}\Delta V &= U \Delta t S \\ \Rightarrow \frac{\Delta V}{\Delta t} &= US \\ \Rightarrow D_v &= US\end{aligned}$$

Vérification de l'unité :  
 $\text{m} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{m}^2 = \text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$

# Débit volumique du ventilateur Dyson

Le constructeur donne les caractéristiques suivantes pour le dernier modèle :

- Débit d'air entre 700 et 2000 m<sup>3</sup>. h<sup>-1</sup>
- Largeur 19 cm, hauteur 100.7 cm, profondeur 11 cm

Calcul de la vitesse moyenne de l'air, en approximant l'écoulement par un tube de courant d'écoulement uniforme qui suit la forme du cadre :

$$U = \frac{D_v}{S} = \frac{1200/3600}{0,20 \times 1,0} = \frac{1}{3 \times 0,20} = \frac{1}{0,6} = 1,6 \text{ m. s}^{-1}$$



## 6. Débit massique

Il s'agit de la masse de fluide s'écoulant dans un tube de courant par unité de temps :

$$D_m = \frac{\Delta m}{\Delta t}$$

Unité SI :  $\text{kg} \cdot \text{s}^{-1}$

Pour un fluide incompressible et homogène, la masse volumique  $\rho$  est la même dans tout l'écoulement, donc  $\Delta m = \rho \Delta V$ .

$$D_m = \frac{\rho \Delta V}{\Delta t} = \rho D_v$$
$$D_m = \rho D_v$$

Vérification de l'unité :  $\text{kg} \cdot \text{m}^{-3} \cdot \text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1} = \text{kg} \cdot \text{s}^{-1}$

# Conservation du débit

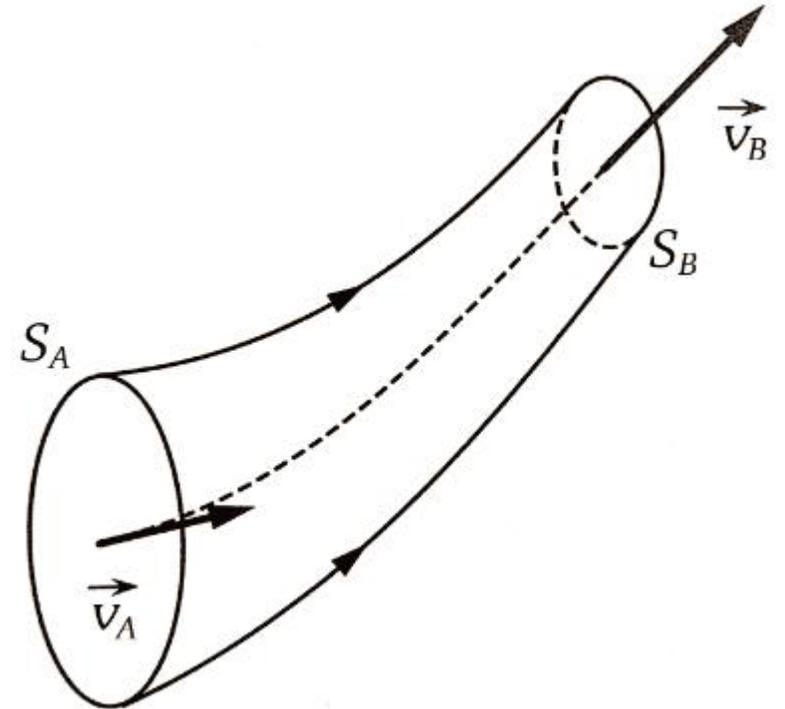
1. Dans un écoulement stationnaire, le débit massique se conserve le long d'un tube de courant :  $D_{mA} = D_{mB}$

Justification : l'écoulement étant stationnaire, la masse de fluide située dans le tube entre  $S_A$  et  $S_B$  ne dépend pas du temps. Donc, pendant une durée  $\Delta t$ ; la masse entrante  $\Delta m_A$  est égale à la masse sortante  $\Delta m_B$ .

2. Dans un écoulement incompressible, homogène et stationnaire, le débit volumique se conserve le long d'un tube de courant.

Justification :

$$\begin{aligned} D_{mA} &= D_{mB} \\ \Rightarrow \rho D_{vA} &= \rho D_{vB} \\ \Rightarrow D_{vA} &= D_{vB} \end{aligned}$$

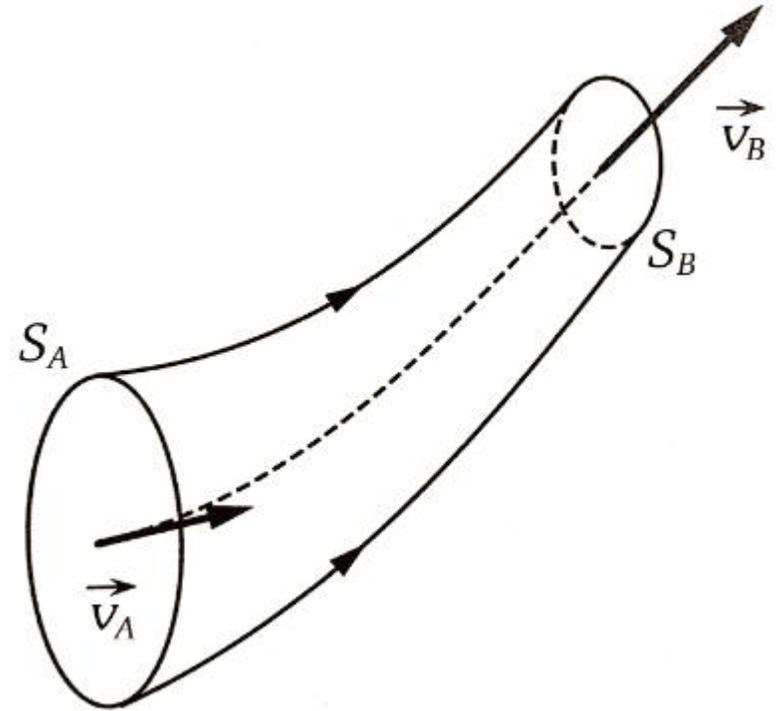


# Conséquence de la conservation du débit volumique

$$D_{vA} = D_{vB}$$
$$v_A S_A = v_B S_B$$

Dans le cas de la figure ci-contre :

$$S_B < S_A$$
$$\Rightarrow \frac{S_B}{S_A} < 1$$
$$\Rightarrow v_A = \frac{v_B S_B}{S_A} < v_B$$



Lorsque les lignes de courant se rapprochent, la vitesse augmente.

Lorsque les lignes de champ s'écartent, la vitesse diminue.