

Lignes remarquables permettant de décrire un écoulement

Trajectoire :

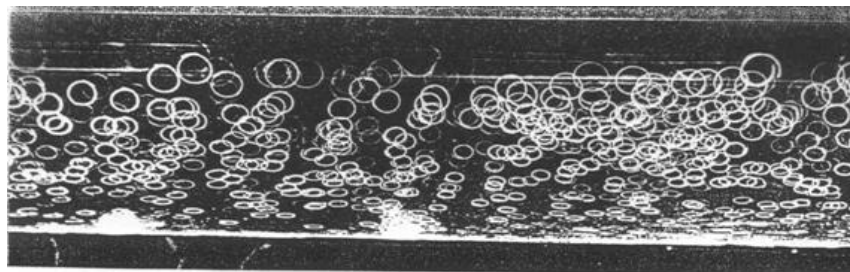
La **trajectoire** de la particule i est l'ensemble des positions $M_i(t)$ occupées par cette particule au cours du temps. Elle s'obtient par intégration de l'équation différentielle :

$$\frac{dX_i}{V_{x_i}(t)} = \frac{dY_i}{V_{y_i}(t)} = \frac{dZ_i}{V_{z_i}(t)} = dt .$$

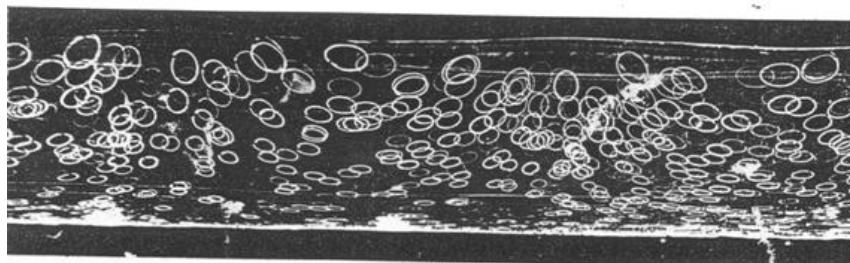
La trajectoire de la particule i est alors entièrement déterminée si l'on connaît la position M_{i_0} de cette particule à une date t_0 de référence (« instant initial »).

C'est bien sûr la description lagrangienne qui est associée à la trajectoire d'une particule de fluide (i) et le mouvement du fluide est entièrement décrit par les trajectoires $M_i(t)$ de toutes les particules de fluide.

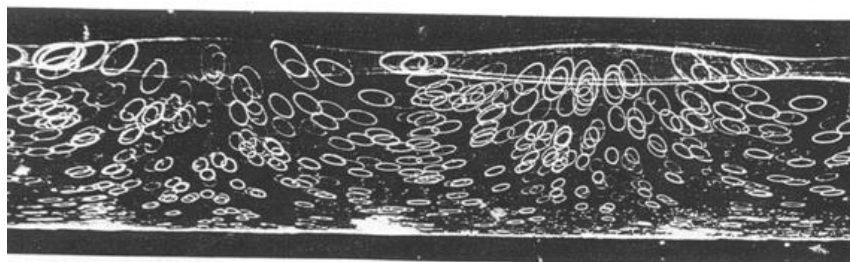
On peut visualiser les trajectoires à l'aide d'une photo en mode « POSE » : le temps d'exposition doit être suffisamment long pour que l'on puisse suivre la particule i sur une distance suffisante pendant un temps suffisant. Ci-dessous sont représentées les trajectoires de particules de fluide soumises au passage d'une onde avec ou sans réflexion en bout de bassin (des particules métalliques essaimées dans le liquide permettent de visualiser les trajectoires par réflexion lumineuse) :



No reflection: pure progressive waves



24% reflection



38% reflection

R : Pour bien se représenter les choses, on peut penser aux photos de nuit de véhicules dont on suit la trajectoire par les feux de croisement ou les feux arrière :



Ligne de courant :

Une **ligne de courant** à une date t_d donnée est une ligne tangente en tout point au champ eulérien des vitesses, à cette date. Elle s'obtient par intégration à une date t_d donnée de l'équation différentielle suivante :

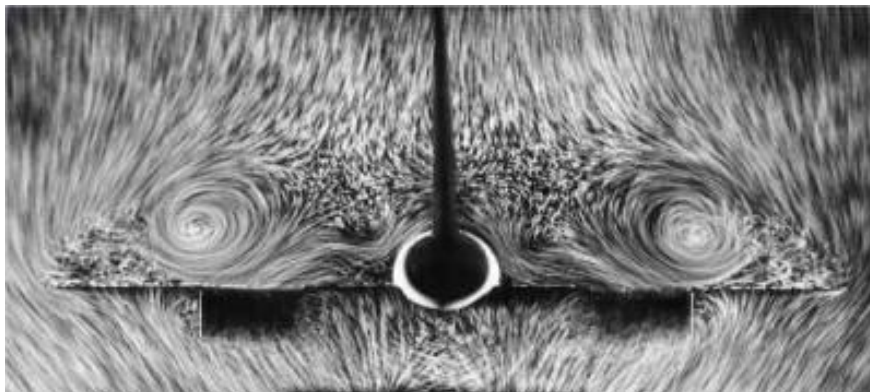
$$\frac{dx}{v_x(M, t_d)} = \frac{dy}{v_y(M, t_d)} = \frac{dz}{v_z(M, t_d)} .$$

Une ligne de courant est donc une **ligne de champ** de $\vec{v}(M, t)$.

L'ensemble des lignes de courant qui s'appuie sur un contour délimite un **tube de courant**.

On retrouve ici les caractéristiques générales d'un champ en physique (lignes de champ magnétique, tube de courant au sens électrique, etc.) ; la description correspondante est bien sûr la description eulérienne.

On peut visualiser les lignes de courant à l'aide d'une photo en mode « INSTANTANÉ » : le temps de pose doit être court pour que l'on « voie » les vecteurs vitesses instantanées :



Lignes de champ de vitesse d'un écoulement d'air autour d'une maquette d'avion (vue de l'arrière) ; visualisation grâce à des bulles qui diffusent la lumière

Ligne d'émission :

L'ensemble des positions, à un instant t_d donné, des particules qui sont passées par un point fixe A donné constitue une **ligne d'émission**.

On peut la visualiser en émettant un traceur (liquide non miscible, fumée) en A. La photo doit être prise sur un temps de pose suffisamment long pour que suffisamment de « particules de traceurs » aient été émises en A :



Tourbillon de bout d'aile visualisé par ses lignes d'émission



LIGNES D'EMISSION AUTOUR D'UN PROFIL D'AILE



LIGNES D'EMISSION AUTOUR D'UN CYLINDRE

R : D'autres photos exploitables se trouvent dans le document « Photos – Vidéos »