MF1 – Description d'un fluide en mouvement

0 – Lien avec le programme de PCSI

3.6. Statique des fluides dans un référentiel galiléen		
Forces surfaciques, forces volumiques.	Citer des exemples de forces surfaciques ou volumiques.	
Résultante de forces de pression.	Exprimer une surface élémentaire dans un système de coordonnées adaptées. Utiliser les symétries pour déterminer la direction d'une résultante de forces de pression. Évaluer une résultante de forces de pression.	Il est très important de savoir écrire les surfaces élémentaires dans les différents types de coordonnées sans oublier les éléments intégrants de ces surfaces.
Équivalent volumique des forces de pression.	Exprimer l'équivalent volumique des forces de pression à l'aide d'un gradient.	
Équation locale de la statique des fluides.	Établir l'équation locale de la statique des fluides.	
Statique dans le champ de pesanteur uniforme : relation $\frac{dP}{dz} = -\rho g$.	Citer des ordres de grandeur des champs de pression dans le cas de l'océan et de l'atmosphère. Exprimer l'évolution de la pression avec l'altitude dans le cas d'un fluide incompressible et homogène et dans le cas de l'atmosphère isotherme dans le modèle du gaz parfait. <u>Capacité numérique</u> : à l'aide d'un langage de programmation, étudier les variations de température et de pression dans l'atmosphère.	Formule à retenir avec le gradient : $\overrightarrow{grad}\, p = -\rho \vec{g}$
Poussée d'Archimède.	Expliquer l'origine de la poussée d'Archimède. Exploiter la loi d'Archimède.	À revoir dans son cours de « Sup ».
Facteur de Boltzmann.	S'appuyer sur la loi d'évolution de la densité moléculaire de l'air dans le cas de l'atmosphère isotherme pour illustrer la signification du facteur de Boltzmann. Utiliser $k_B T$ comme référence des énergies mises en jeu à l'échelle microscopique.	À revoir dans son cours de « Sup ».

4.3.1. Description d'un fluide en mouvement		
Champ eulérien des vitesses. Lignes de champ. Tubes de champ.	Définir et utiliser l'approche eulérienne.	On ne confondra pas l'approche eulérienne de l'approche classique lagrangienne.
Écoulement stationnaire.	Discuter du caractère stationnaire d'un écoulement en fonction du référentiel d'étude.	Très important dans certains exercices comme les ressauts hydrauliques…
Dérivée particulaire de la masse volumique. Écoulement incompressible.	Établir l'expression de la dérivée particulaire de la masse volumique. Utiliser l'expression de la dérivée particulaire de la masse volumique pour caractériser un écoulement incompressible.	
Débit massique. Débit volumique.	Définir le débit massique et l'écrire comme le flux du vecteur densité de courant de masse à travers une surface orientée. Définir le débit volumique et l'écrire comme le flux du champ de vitesse à travers une surface orientée.	On ne se limitera pas à utiliser les produits vitesse fois surface mais à bien définir les débits comme des flux.
Équation locale de conservation de la masse.	Établir l'équation locale de conservation de la masse dans le seul cas d'un problème	

	unidimensionnel en géométrie cartésienne. Citer et utiliser une généralisation admise en géométrie quelconque à l'aide de l'opérateur divergence et son expression fournie.	
Caractérisation d'un écoulement incompressible par la divergence du champ des vitesses.	Traduire localement, en fonction du champ de vitesses, le caractère incompressible d'un écoulement.	
Dérivée particulaire du champ de vitesse : terme local ; terme convectif.	Associer la dérivée particulaire de la vitesse à l'accélération de la particule de fluide qui passe en un point. Utiliser l'expression de l'accélération, le terme convectif étant écrit sous la forme $(\vec{v}.\overrightarrow{grad})\,\vec{v}$. Utiliser l'expression fournie de l'accélération convective en fonction de $\overrightarrow{grad}\left(\frac{v^2}{2}\right)$ *et* $\overrightarrow{rot}\,\vec{v}\wedge\vec{v}$.	

I – Le modèle continu
I-1) L'état fluide
I-2) Approximation des milieux continus
a) Echelles d'études
b) Particule de fluide
c) Approximation des milieux continus

II – Champ des vitesses
II-1) Description Eulérienne/Lagrangienne
II-2) Lignes de courant
II-3) Tube de courant
II-4) Ecoulement stationnaire
II-5) Dérivée particulaire
II-6) Accélération particulaire
II-7) Ecoulement incompressible

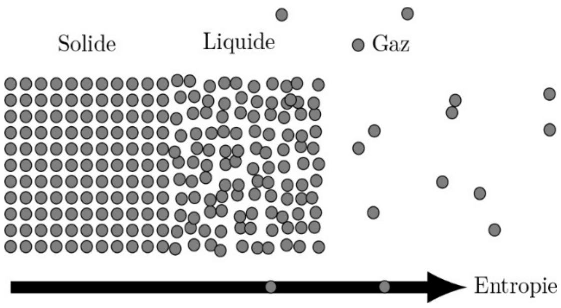
III – Equation de conservation de la masse
III-1) Débit massique
III-2) Débit volumique
III-3) Equation de conservation de la masse
III-4) Ecoulement stationnaire
III-5) Ecoulement incompressible
III-6) Signification « physique » de la divergence

IV – Conditions aux limites
IV-1) Sur un obstacle
IV-2) Deux fluides non miscibles

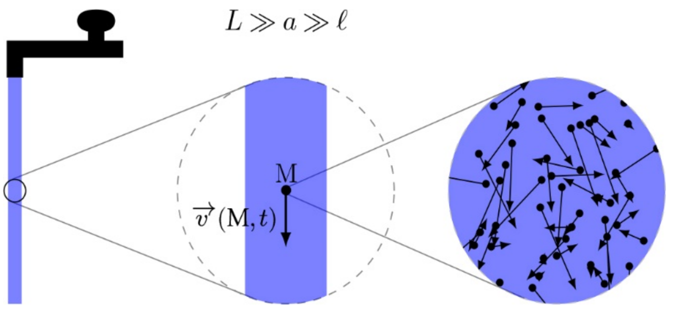
V – Ecoulement tourbillonnaire
V-1) Interprétation physique du rotationnel
V-2) Tourbillon de Rankine

VI – Ecoulement irrotationnel
VI-1) Potentiel des vitesses
VI-2) Circulation
VI-3) Ecoulement irrotationnel et incompressible

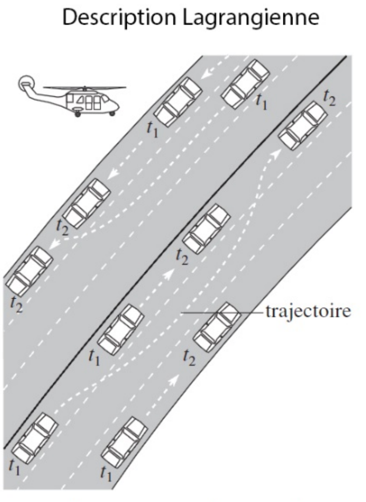
I-1) L'état fluide



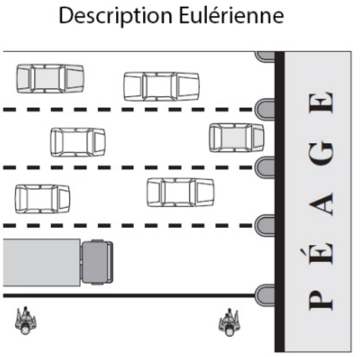
I-2) Approximation des milieux continus



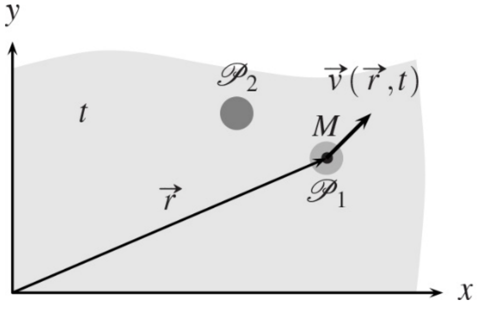
II-1) Description Eulérienne/Lagrangienne

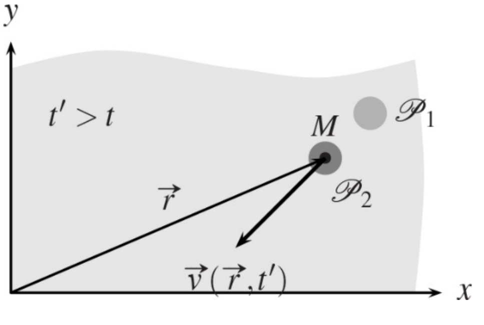


Lorsque nous observons les trajectoires des divers véhicules (entre $t = t_1$ et $t = t_2$), nous nous plaçons en formalisme lagrangien.

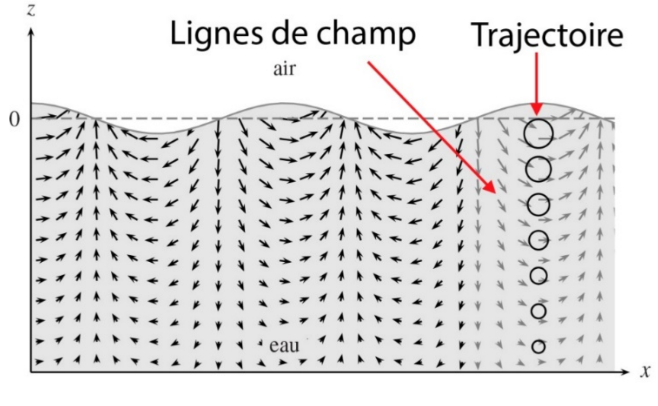


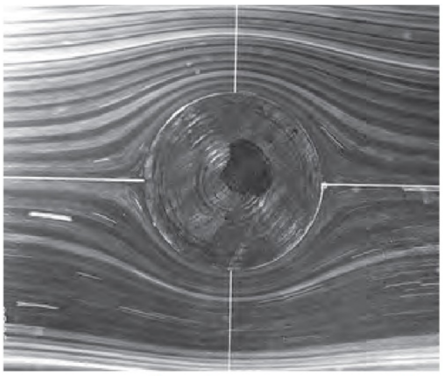
Les deux gendarmes observant les vitesses des véhicules se sont placés en formalisme eulérien pour décrire l'écoulement du trafic. À la même date t, ils n'observent pas les mêmes véhicules. Les deux gendarmes n'observent pas nécessairement la même vitesse.





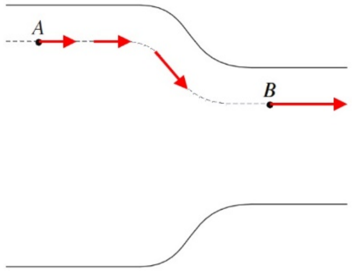
II-2) Lignes de courant





Écoulement autour d'un cylindre de faible épaisseur et à faible vitesse. Visualisation à l'aide de filets d'huile de lin dans de l'huile de vaseline.

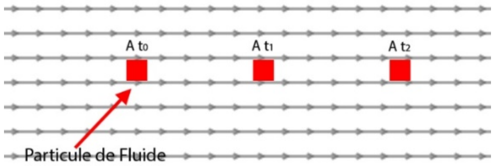
II-6) Accélération particulaire



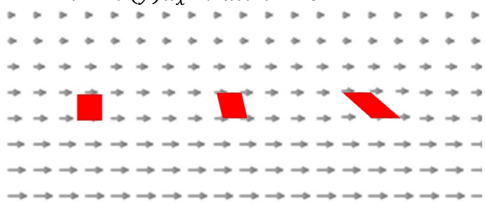
La conduite subit un rétrécissement : le fluide en régime permanent est accéléré.

III-6) Signification « physique » de la divergence

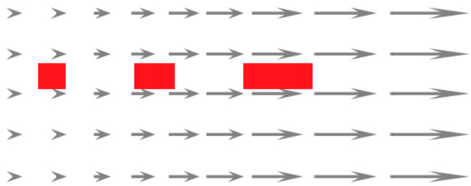
$\vec{v} = v\,\overrightarrow{u_x}$ où $v = cste \Rightarrow div\,\vec{v} = 0$



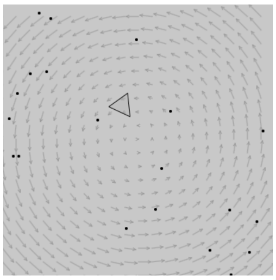
$\vec{v} = v(y)\overrightarrow{u_x} \Rightarrow div\,\vec{v} = 0$



$\vec{v} = v(x)\overrightarrow{u_x} \Rightarrow div\,\vec{v} \neq 0, si\ v(x)\ croît :\ div\,\vec{v} > 0$

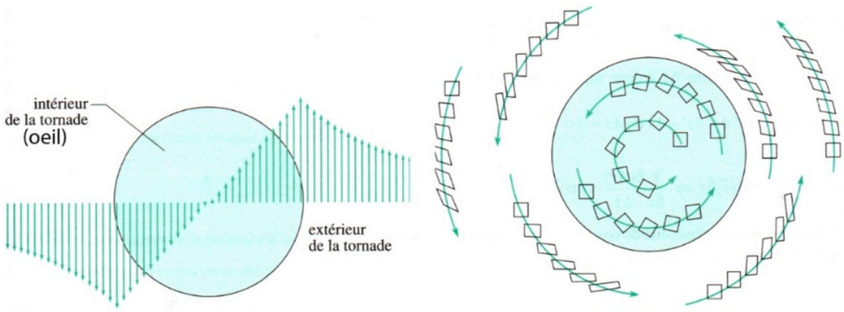


V-1) Interprétation physique du rotationnel



Lien pour l'animation : https://femto-physique.fr/mecanique_des_fluides/cinematique.php

V-2) Tourbillon de Rankine



Champ des vitesses d'un écoulement à l'intérieur et à l'extérieur d'une tornade.

Mise en évidence des transformations d'une cellule lors de cet écoulement.