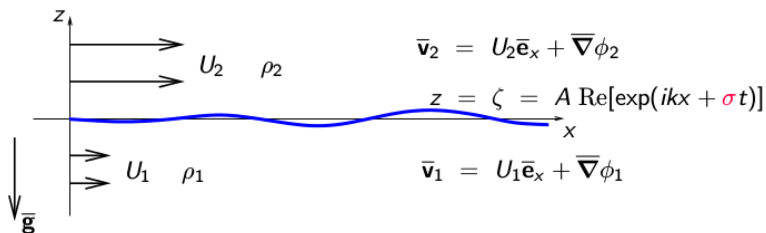


Pb 3.3 Instabilités de Kelvin-Helmholtz et Rayleigh-Taylor

Configuration avec écoulements de base, en bloc, de 2 fluides pesants

⇒ dans certains cas, certaines ondes sont **amplifiées**

⇔ configuration de base est **instable**

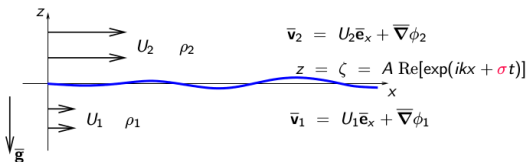


contrairement à la configuration du **cours** sans écoulements de base avec le fluide supérieur non pesant

⇒ ondes sont **neutres**

⇔ configuration de base est **marginale stable**

Pb 3.3 Instabilités de Kelvin-Helmholtz et Rayleigh-Taylor



$$a\sigma^2 + 2b\sigma + c = 0$$

Discriminant réduit

$$\Delta = \underbrace{(\rho_1 + \rho_2)(\rho_2 - \rho_1)gk}_{\text{terme de RT dést. ou stab.}} + \underbrace{\rho_1 \rho_2 k^2 (U_1 - U_2)^2}_{\text{terme de KH déstabilisant}} - \underbrace{(\rho_1 + \rho_2)\gamma k^3}_{\text{terme de tension de surface stabilisant}}$$

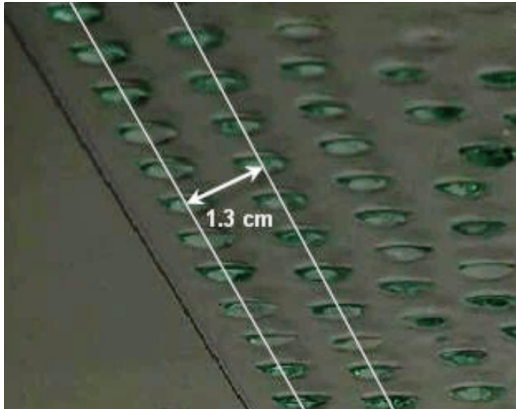
donc

$$\sigma_+ = \frac{-b + \sqrt{\Delta}}{a} = -ik \frac{\rho_1 U_1 + \rho_2 U_2}{\rho_1 + \rho_2} + \frac{\sqrt{\Delta}}{\rho_1 + \rho_2}$$

présente une **partie réelle positive**, dénotant une **instabilité**, si $\Delta > 0$.

Instabilité d'« interface » de Rayleigh-Taylor

dans une expérience élémentaire utilisant de l'huile :

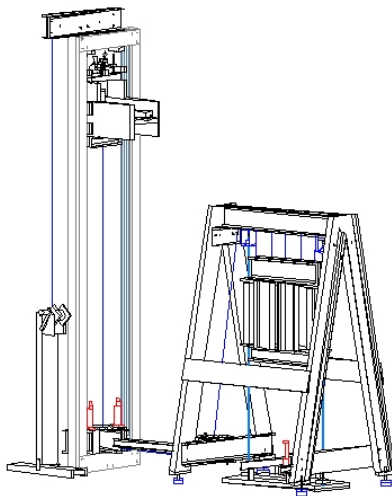


[Clanet, Fermigier & Quéré.

DVD *Multimedia Fluid Mechanics*, Homsy et al. 2004 CUP]

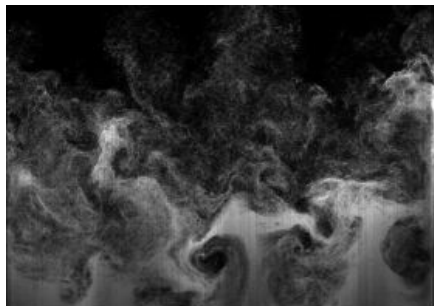
L'instabilité d'« interface » de Rayleigh-Taylor

peut conduire à de la **turbulence**, comme dans cette expérience de l'université de l'Arizona :



L'instabilité d'« interface » de Rayleigh-Taylor

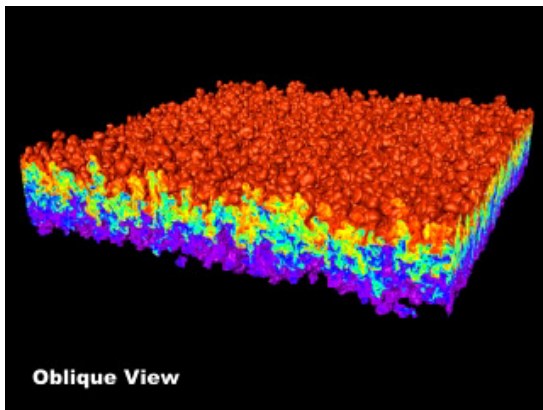
peut conduire à de la **turbulence**, comme dans cette expérience de l'université de l'Arizona :



[Experimental Fluid Mechanics & Instability Laboratory, U. Arizona]

L'instabilité d'« interface » de Rayleigh-Taylor

peut aussi exister dans un **fluide stratifié sans interface**, comme dans cette simulation numérique où la couleur désigne la densité, et qui mène aussi à de la **turbulence** :

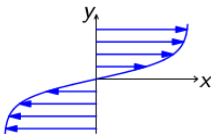


[Cook & Cabot. Lawrence Livermore Nat. Lab.

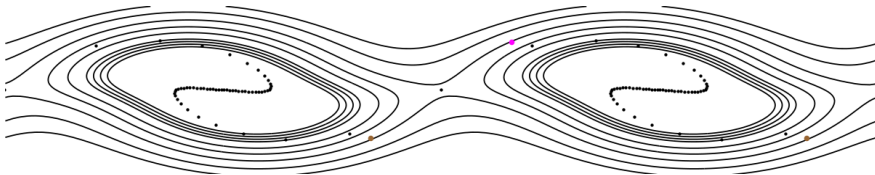
DVD *Multimedia Fluid Mechanics*, Homsy et al. 2004 CUP]

Instabilités d'« interface » de Kelvin-Helmholtz

Elles peuvent se produire (aussi) en absence d'interface matérielle, du moment que l'on a une **couche de cisaillement**, par exemple (en fluide parfait) :

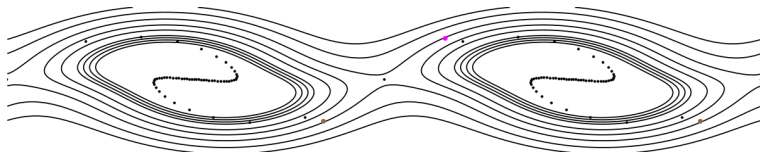


On montre par une **analyse linéaire de stabilité** (numérique) que l'instabilité conduit au développement d'une **allée de vortex** :



Instabilités d'« interface » de Kelvin-Helmholtz

Développement temporel \longleftrightarrow « enroulement » de l'« interface » (●) :



parfois visible grâce à des nuages :

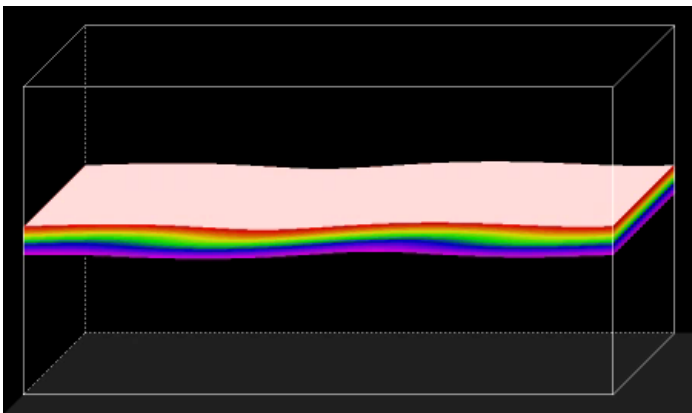


[Martner 2001]

Instabilité d'« interface » de Kelvin-Helmholtz

Simulation numérique de Smyth :

instabilité dans un fluide stratifié, couleur désigne la densité :



[Smyth. Oregon State University.

DVD *Multimedia Fluid Mechanics*, Homsy et al. 2004 CUP]

Instabilité d'« interface » de Kelvin-Helmholtz

Expérience de Brown & Roshko :

injection dans le canal supérieur d'azote à $U_2 = 10$ m/s,

dans le canal inférieur d'hélium-argon à $U_1 = 3,8$ m/s, $\rho_1 \simeq \rho_2$;

visualisations par « ombroscopie » :



[Brown & Roshko. Caltech. DVD *MFM* 2004 CUP]