Frédéric Caupin

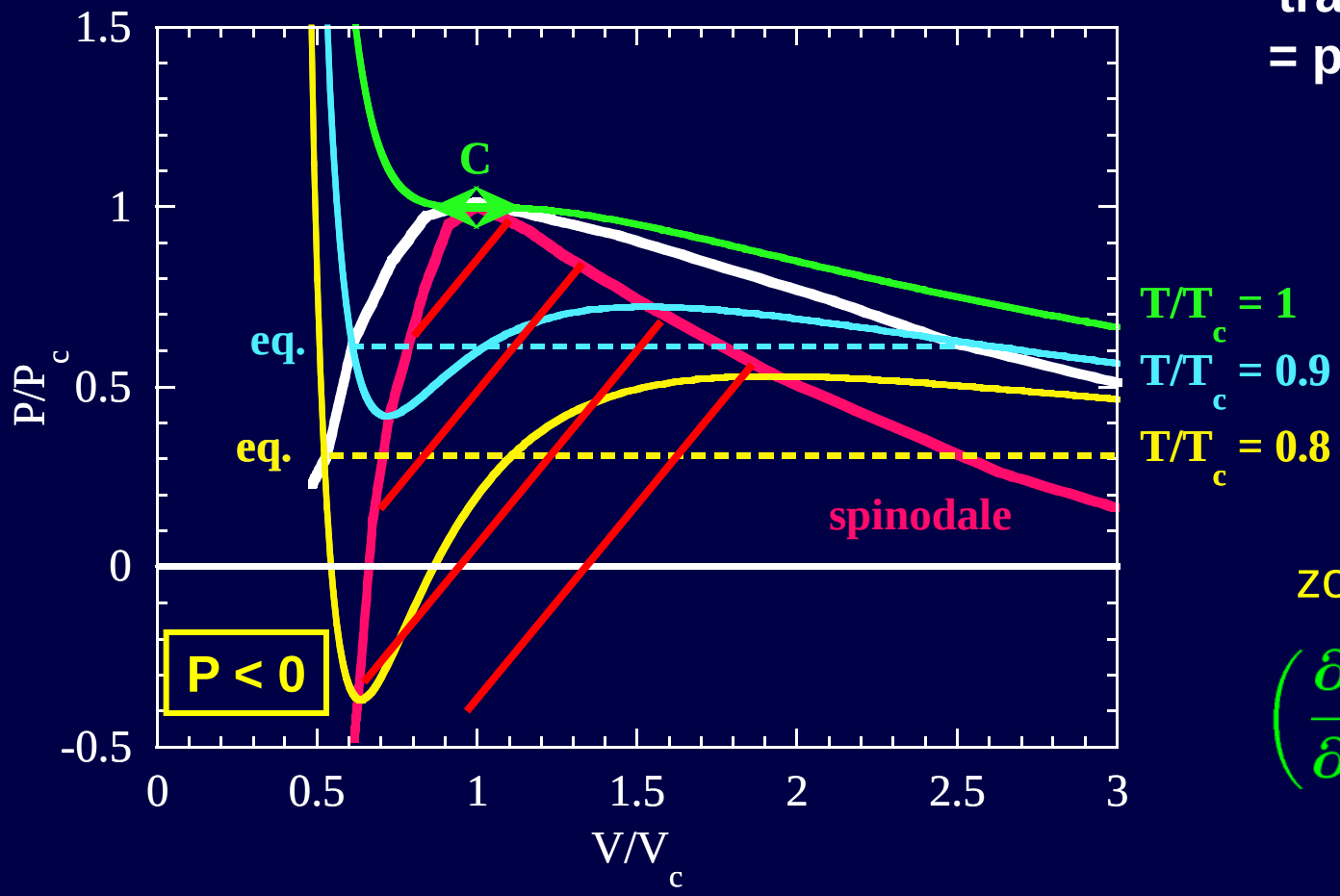
Les gaz réels

Les pressions négatives

ex : équation de Van der Waals

$$\left[\frac{P}{P_c} + \frac{3}{(V/V_c)^2}\right]\left(\frac{V}{V_c} - 1\right) = 8\,\frac{T}{T_c}$$

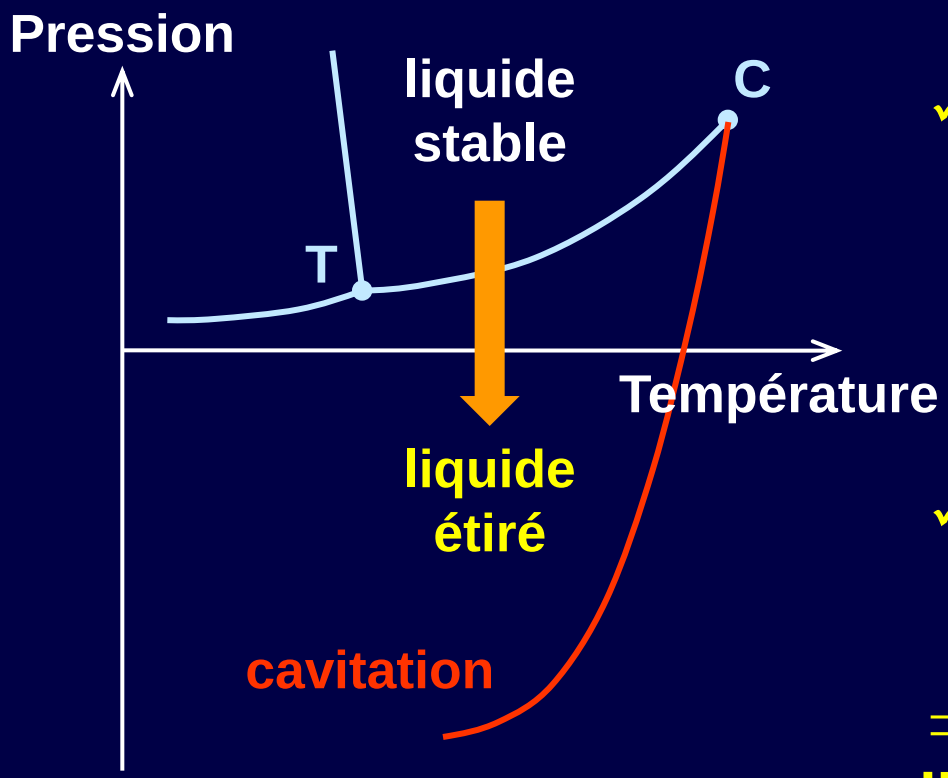
cohésion de la matière :
forces d'attraction entre les molécules
⇒ permet la traction mécanique
= pression négative dans un liquide



zone instable

$$\left(\frac{\partial P}{\partial V}\right)_T > 0$$

Tirer sur l'eau



✓ **transitions du premier ordre**

⇒ phases séparées par une barrière d'énergie

⇒ metastabilité
liquide étiré à P<0

✓ **cavitation: nucléation de bulles**

⇒ information sur l'équation d'état et la structure du liquide

liquide moins dense = plus de liaisons hydrogène?

possibilité d'un point critique à pression négative

eau pure Brovchenko *et al*. JCP 2005
eau salée Corradini *et al.* JCP 2010

Expérience de Huygens 1661

Kell *Am. J. Phys.* 1983

- **1643 : Torricelli invente le baromètre**
- **1648 : Pascal fait vérifier par son beau-frère, Florent Perrier, la chute de pression lors de l'ascension du Puy-de-Dôme**
- **années 1650 : von Guericke et Boyle construisent les premières pompes à vide**
- **1661 : Christiaan Huygens observe l'eau étirée**

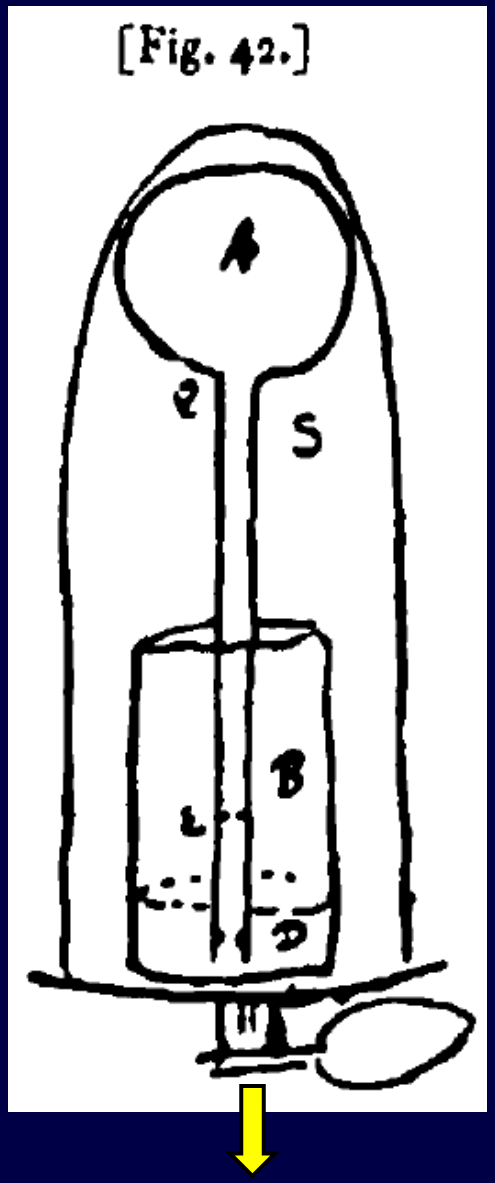
Expérience de Huygens 1661

Kell *Am. J. Phys.* 1983

hydrostatique : $\Delta P = \rho\, g\, h$
pression atmosphérique
= 0.76 m de mercure
= 10.33 m d'eau

Le récipient A est rempli d'eau et retourné sur le bain D : quand l'extérieur est à pression atmosphérique, l'eau reste dans A

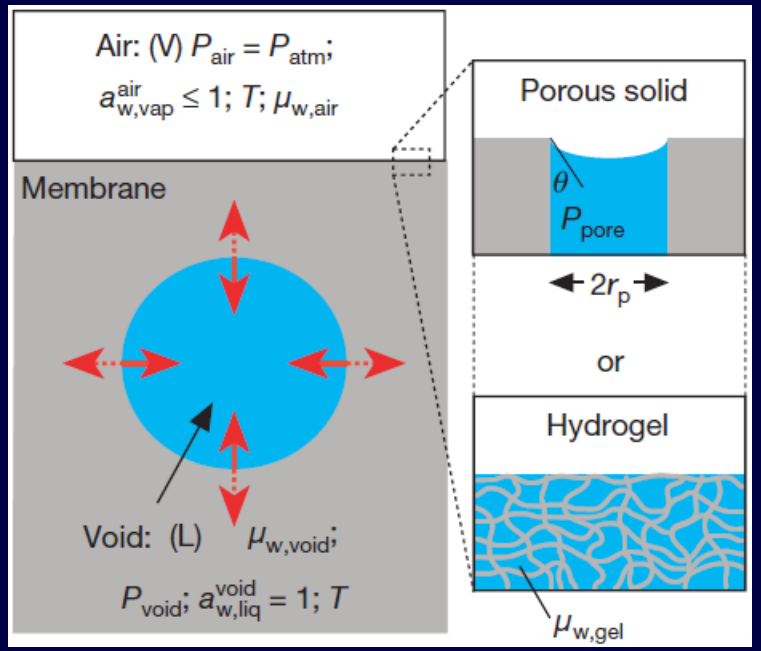
On fait le vide sous la cloche : la pression à l'interface D descend à Psat = 23.4 mbar à 20°C, mais l'eau reste dans A ! En haut de A, h>0.24 m d'eau $\Rightarrow$ P<0



La sève des arbres

sequoias : 115,6 m
= -11,3 bar en hydrostatique
autres facteurs (sécheresse…)
jusqu'à – 50 bar !
l'eau monte par évapo-transpiration

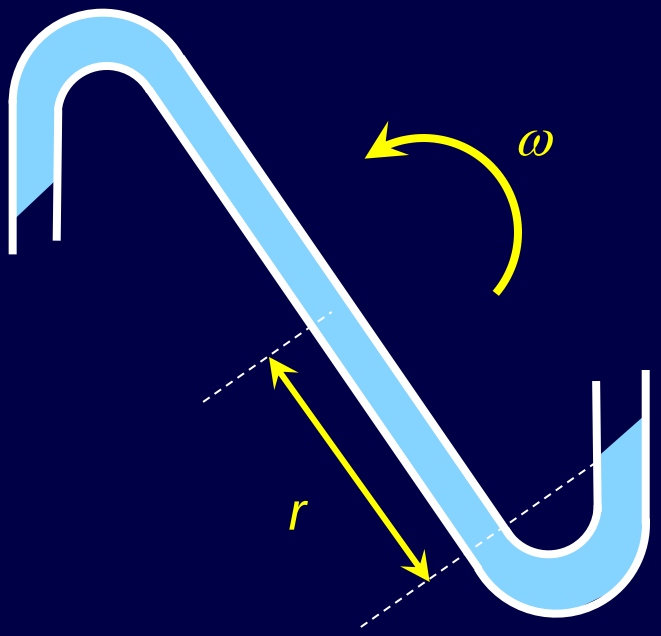
arbre artificiel
Wheeler et Stroock *Nature* 2008



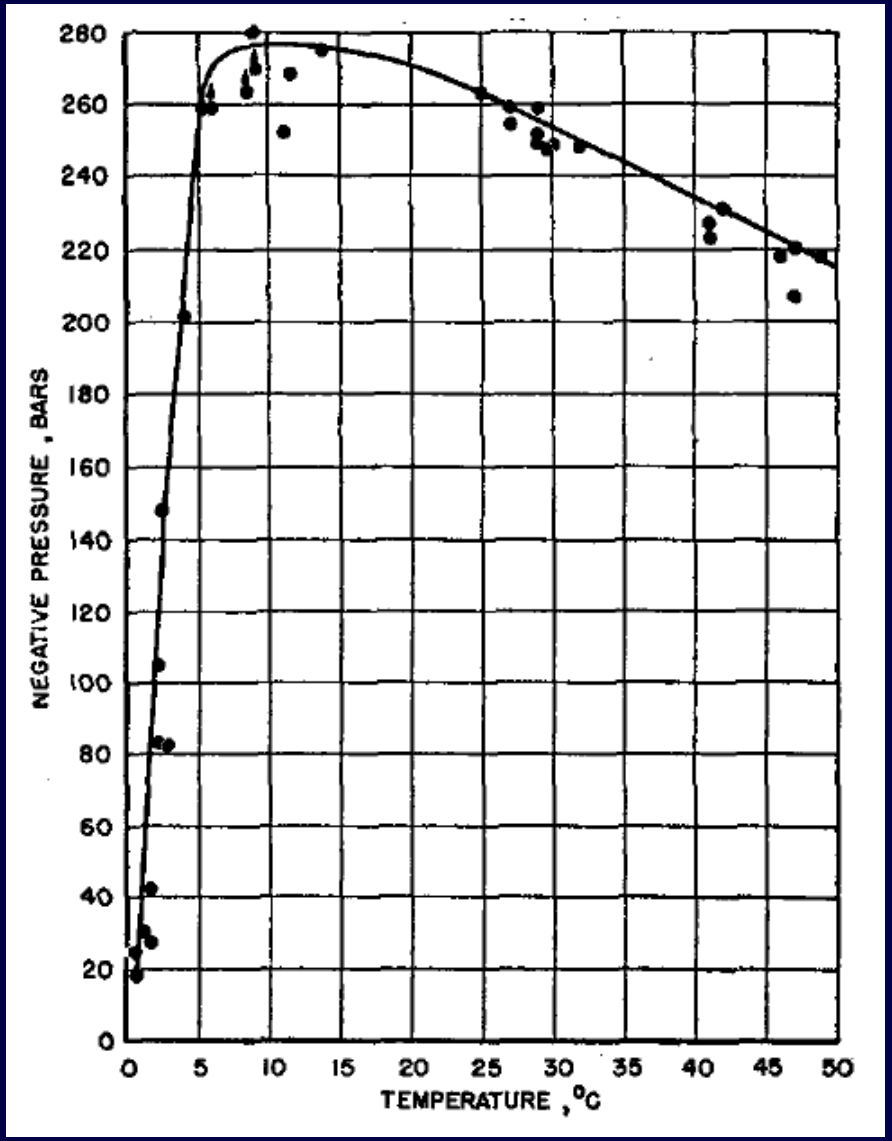
Centrifugation

Osborne Reynolds 1886, cited in Worthington *Phil. Trans. A.* 1892

Briggs, *J. Appl. Phys.* 1950



$$P_{centre} = P_{ext} - \tfrac{1}{2} \rho \omega^2 r^2$$



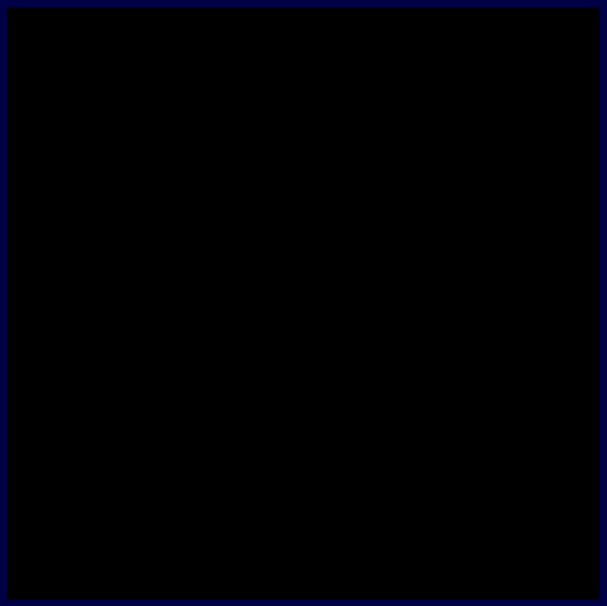
Cavitation acoustique : notre méthode

transducteur piezoélectrique hémispherique

focalise quelques cycles à 1MHz

Herbert, Balibar, Caupin *PRE* 2006

cavitation ⇒ écho cohérent avec d'autres méthodes de détection (Schlieren et son audible)

- petit volume
- courte durée
- loin des parois

taux de nucléation : 10^{11} mm^{-3} s^{-1}