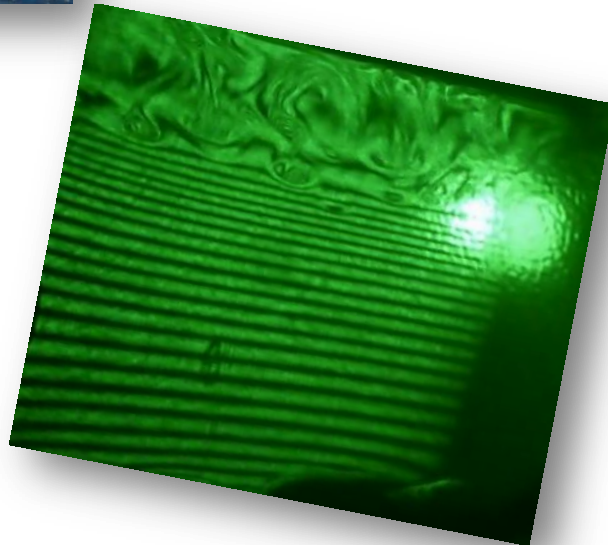
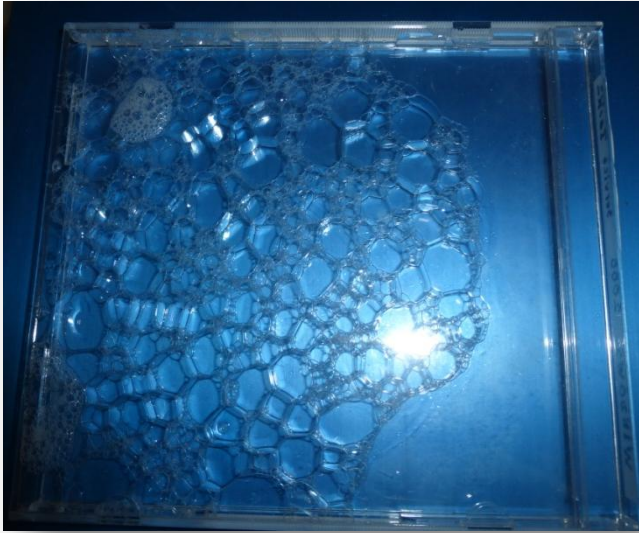


## Stabilité des mousses liquides



# Plan

## Problématique:

Quels sont les phénomènes qui affectent la stabilité des mousses liquides ?  
Comment prolonger leur durée de vie ?

### I- La force de surtension:

- a) *Les tensioactifs*
- b) *Détermination de la composition idéale*

### II-Le drainage:

- a) *A l'échelle de la bulle*
- b) *A l'échelle de la mousse*

### III-Mûrissement et coalescence:

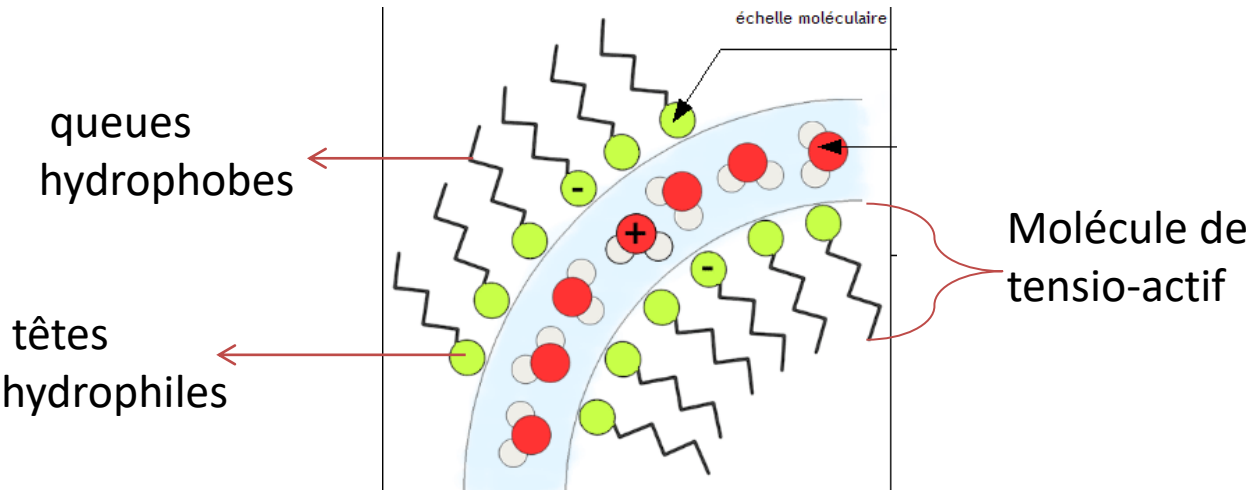
- a) *Etude des mousses 2D*
- b) *Loi de pression de Laplace*

### IV-Proposition d'une méthode pour ralentir le drainage:

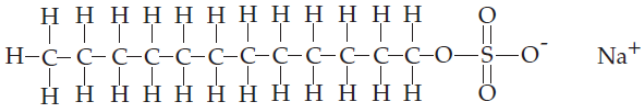
- a) *influence d'un champ magnétique*

a) Les tensioactifs

Paroi d'une bulle de savon



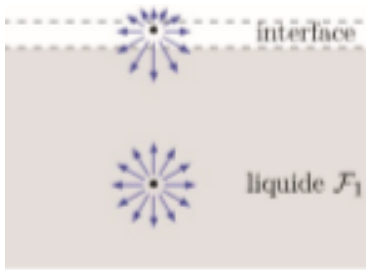
Molécule de dodécyle sulfate de sodium



Force de tension superficielle:

$$\overrightarrow{df} = -\gamma d\vec{l}\vec{n}$$

Interface liquide-air



*b) Détermination de la composition idéale de la solution savonneuse*

Mesure de la tension superficielle  
avec la méthode de Noüy

Composition de la mousse



Taux de glycérine	6%	10%	15%
Tension superficielle	32.0	31.5	29.5
Durée de la bulle	11,2±0,1s	27,5±0,1s	58,3±0,2s

➔ Plus le taux de glycérine est important plus la force de surtension est grande et plus durée de vie de la bulle est grande

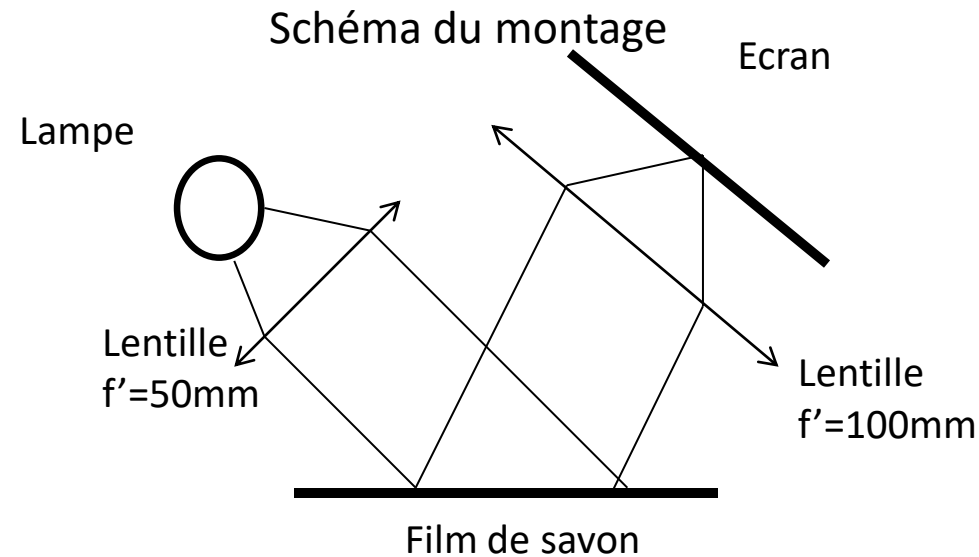
# I-Force de surtension

# II-Le drainage

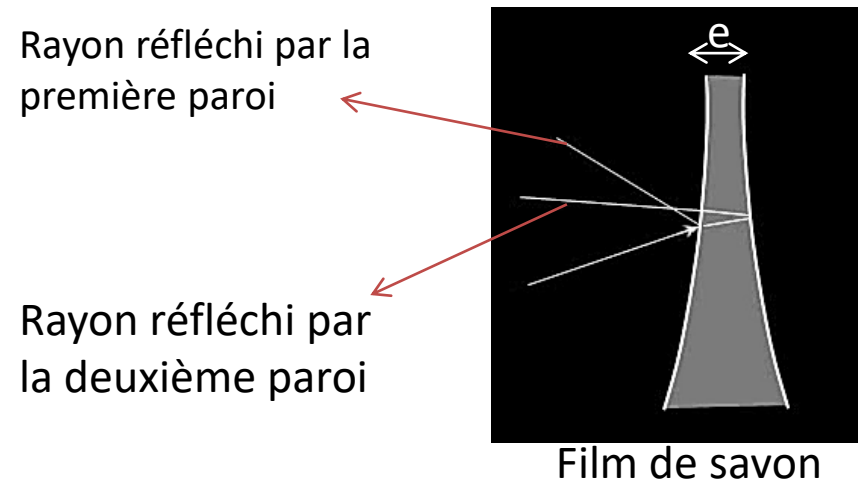
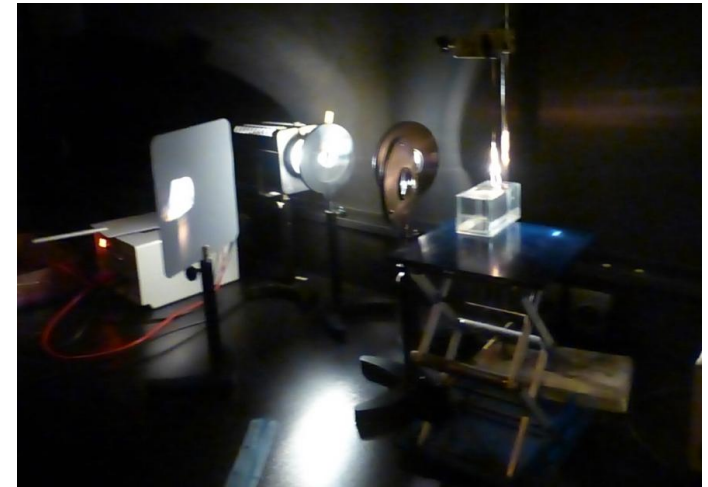
# III- Mûrissement et pression de Laplace

# IV-Comment ralentir le drainage?

## a) A l'échelle de la bulle



## Montage en réflexion

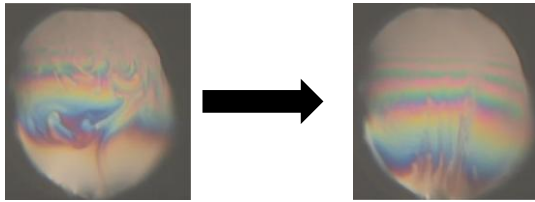


D'où la différence de marche:

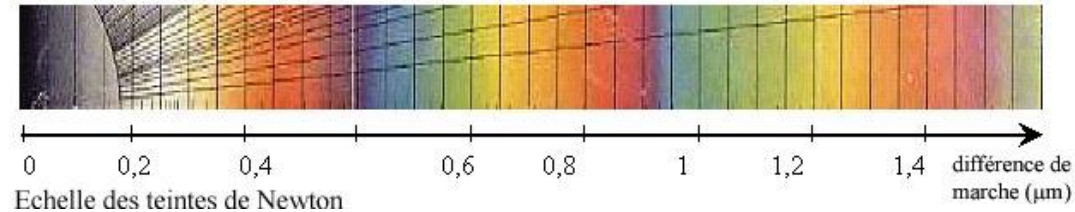
$$\delta = 2ne + \frac{\lambda}{2}$$

$n$ : indice à l'intérieur du film de savon

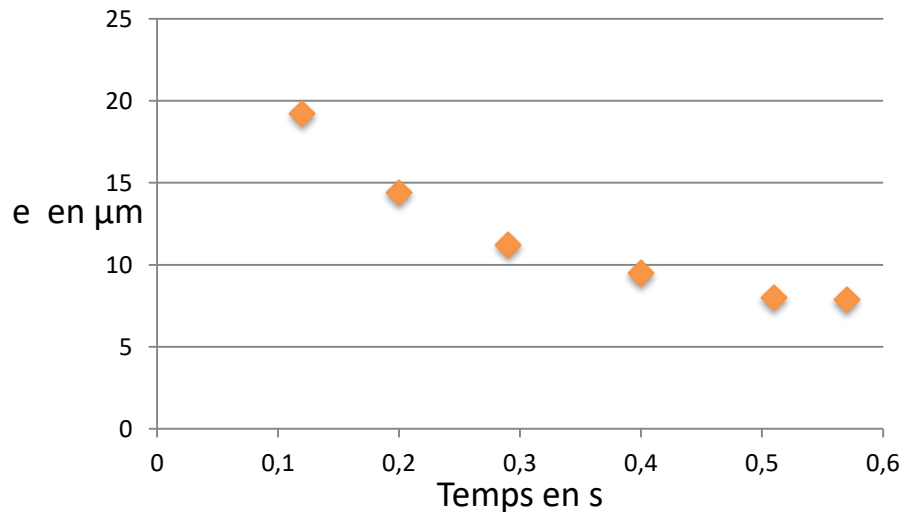
a) A l'échelle de la bulle



Echelle des teintes de Newton



Evolution de l'épaisseur d'un film de savon en fonction du temps



Au niveau d'une frange constructive:

$$e = \frac{2k - 1}{4n}$$

k: ordre d'interférences  
n: indice du milieu

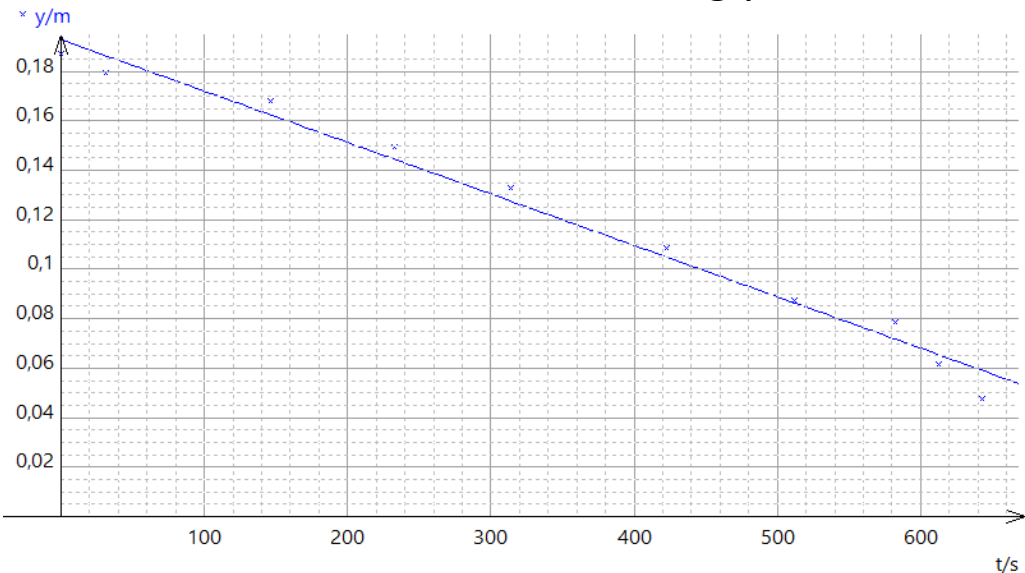
➔ Le drainage se manifeste donc par une diminution de l'épaisseur du film de savon

b) A l'échelle de la mousse

Montage:



Détermination de la vitesse de drainage pour  
une solution avec 10% de glycérine:



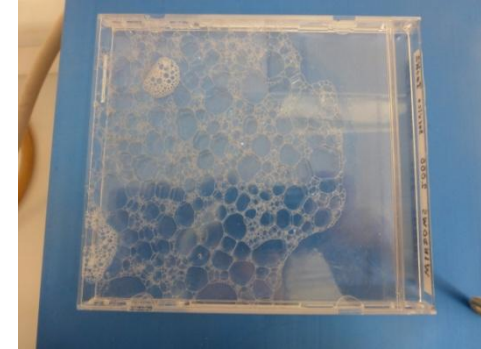
Vitesse du drainage en fonction du taux de glycérine

Taux de glycérine	6%	10%	15%
Tension superficielle	32.0mN/m	31,5mN/m	29,5mN/m
Vitesse de drainage	(2,44±0.02) mm/s	(2.08±0.02)mm/s	(1.26±0.02)mm/s



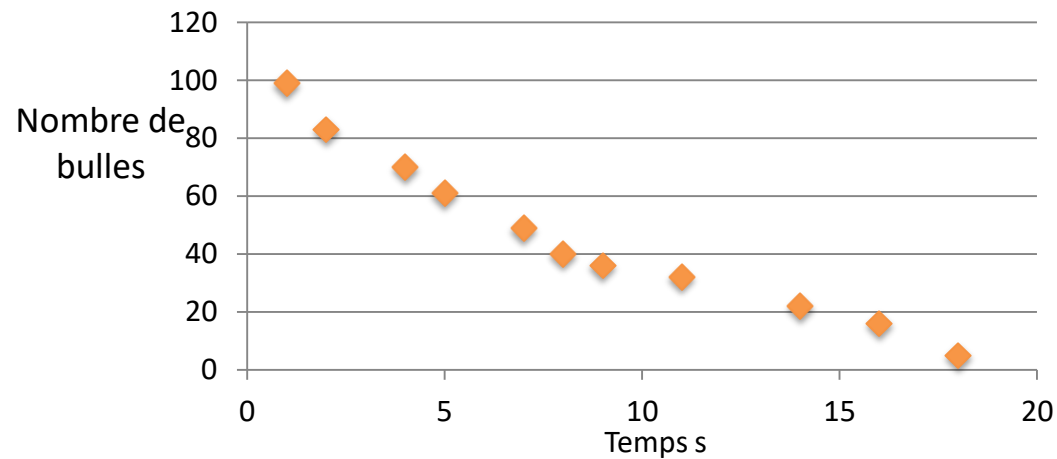
*b) A l'échelle de la mousse*

Cellule de Hele-Shaw



Cellule de Hele-Shaw miniature

Evolution du nombre de bulles en fonction du temps



## ➡ Observation :

la taille des bulles augmente en fonction du temps, tout se passe comme si il y avait un transfert d'air des petites bulles vers les plus grandes.



*b) Loi de pression de Laplace*

Photo prise au début de  
l'expérience



Photo prise en fin  
d'expérience

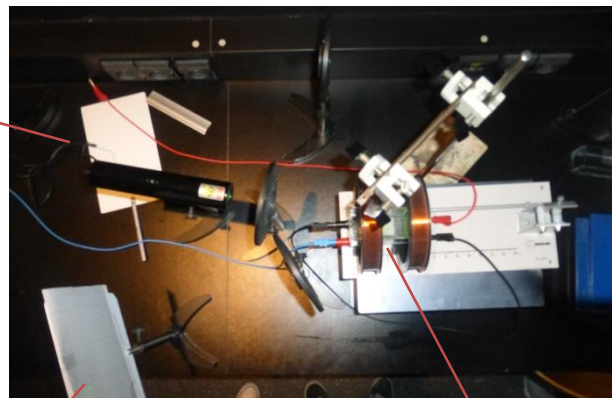
Pression de Laplace pour une bulle de savon:

$$\Delta P = P_i - P_e = \frac{4\gamma}{R}$$

- ➔ Plus le rayon de la bulle est petit plus  $\Delta P$  est important, ce qui explique l'augmentation de la taille de la bulle la plus grande et la diminution de la bulle la plus petite

*Le champ magnétique pour lutter contre le champ gravitationnel*

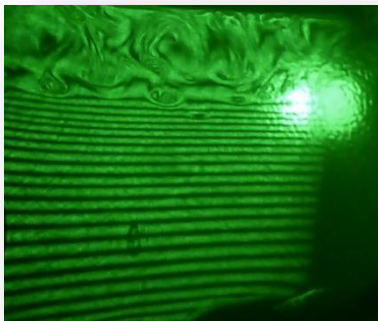
Montage:



Laser

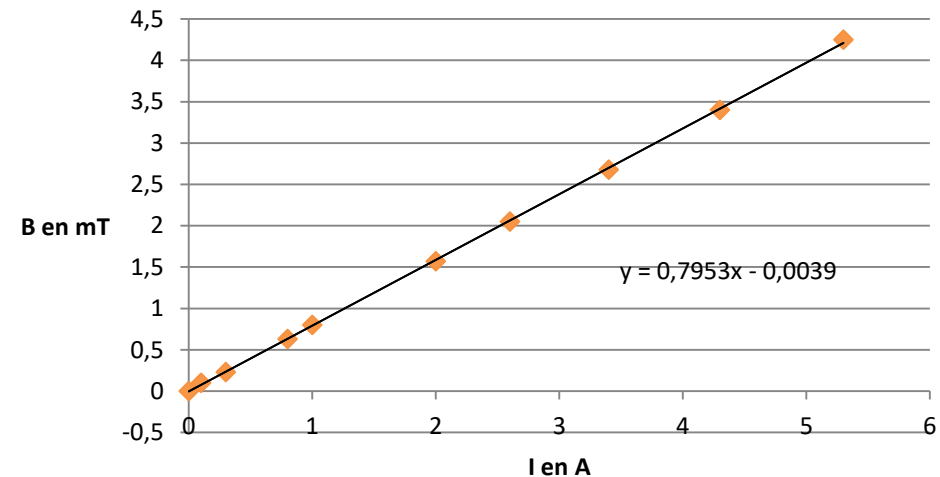
Ecran

Bobines de  
Helmoltz



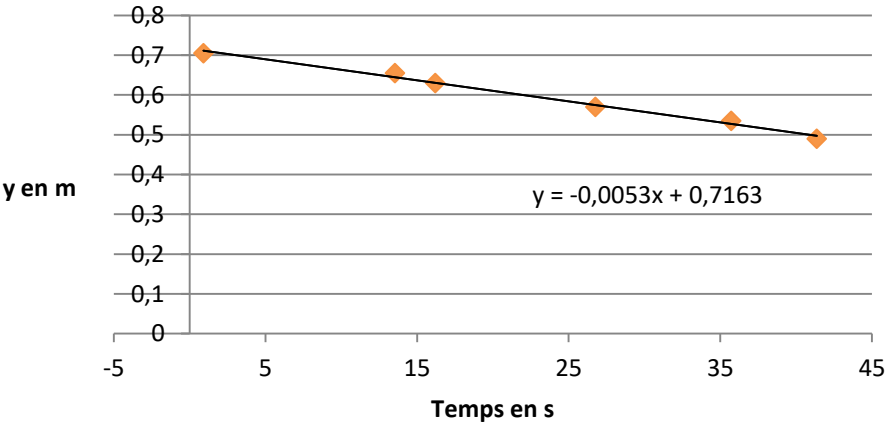
Courbe d'étalonnage  $B=f(I)$

Evolution de la position d'une frange en fonction du temps  
en absence de champ magnétique

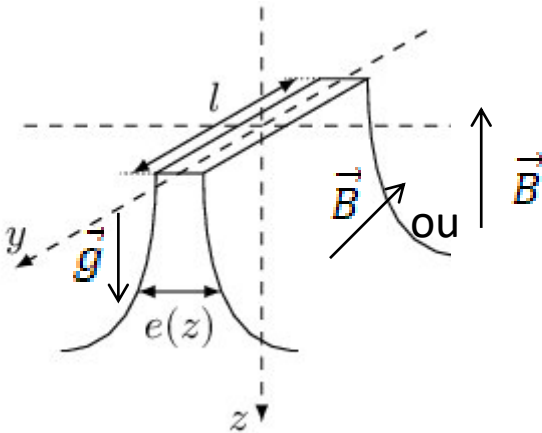


### Détermination de la vitesse du drainage sans ferrofluide

Evolution de la position d'une frange en fonction du temps en absence de champ magnétique



### Courbe d'étalonnage $B=f(l)$

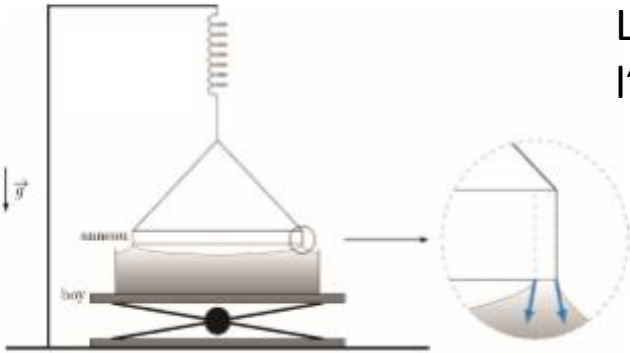


Vitesse de drainage d'un film de savon soumis à un champs magnétique (en m/s)

	Champ horizontal	Champ vertical
1.8mT	$(2.77\pm0.02)\times10^{-3}$	$(2.11\pm0.03)\times10^{-3}$
3,5mT	$(3.51\pm0.03)\times10^{-3}$	$(1.94\pm0.02)\times10^{-3}$
4,9mT	$(4.23\pm0.02)\times10^{-3}$	$(1.82\pm0.02)\times10^{-3}$

➡ La présence d'un champ vertical permet de ralentir le drainage alors que la présence d'un champs horizontal l'accélère

## Annexe 1: méthode d'arrachement de Lecompte du Noüy



La force de tension superficielle au niveau de l'anneau s'exprime:

$$F_{max} = \gamma(2\pi R_1 + 2\pi R_2)$$

En négligeant l'épaisseur de l'anneau on obtient:

$$F_{max} = 4\pi\gamma R$$

En appliquant le théorème de l'énergie cinétique:

$$\delta W_{op} = dE_c + dE_p$$

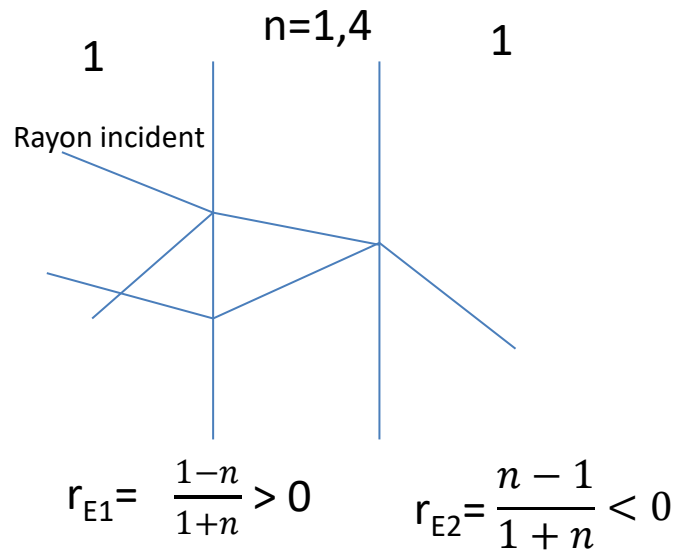
Donc:  $F_{op} dz = dE_c + mg dz + F_{superficielle} dz$

Or  $dE_c = 0$  car l'opérateur est quasi statique

D'où 
$$\gamma = \frac{F_{op} - mg}{4\pi R}$$

## Annexe2: Interférences dans une bulle de savon

Film de savon



Donc:  $\delta = 2ne + \frac{\lambda}{2}$

Par ailleurs:

$$I = \langle (s1 + s2)^2 \rangle = I1 + I2 + 2\sqrt{I1I2} \cos(\Delta\varphi)$$

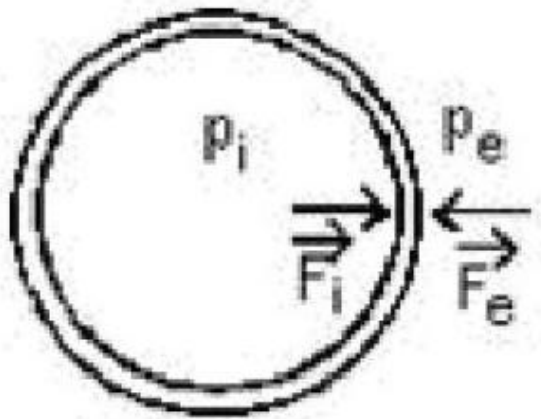
Au niveau d'une frange constructive:

$$\Delta\varphi = \frac{2\pi}{\lambda} \delta = 2k\pi$$

D'où :

$$e = \frac{(2k - 1)\lambda}{4n}$$

### Annexe 3: Démonstration de la Loi de Laplace



Bulle de savon

Au niveau d'une des parois du film:

$$\partial W = Fdr + 4\pi r^2 dr(P_e - P_i) = \gamma 2\pi r dr + 4\pi r^2 dr(P_e - P_i)$$

A l'équilibre:

$$\gamma 2\pi r dr + 4\pi r^2 dr(P_e - P_i) = 0$$

D'où la loi de Laplace:

$$P_i - P_e = \frac{2\gamma}{R}$$

Comme un film de savon comporte deux parois, la loi de Laplace devient:

$$P_i - P_e = \frac{4\gamma}{R}$$

## Annexe 4: Vitesse de l'écoulement du liquide dans un film de savon

Equation de Navier-Stokes:

$$\rho \left( \frac{d\vec{v}}{dt} + \vec{v} \overrightarrow{\text{grad}} \vec{v} \right) = \eta \frac{d^2 \vec{v}}{dx^2} + \rho \vec{g} - \overrightarrow{\text{grad}} P$$

On suppose l'écoulement stationnaire, incompressible  
et  $\overrightarrow{\text{grad}} P = \vec{0}$

D'où sur Oz:

$$\frac{d^2 v}{dx^2} = -\frac{\rho g}{\eta}$$

D'où:

$$v = -\frac{\rho g}{2\eta} x^2 + C_1 x + C_2$$

En appliquant les conditions aux limites:  $v(0)=0$  et  $v(L)=0$

$$v = \frac{\rho g}{2\eta} x(L - x)$$

