

TP Mécanique des Fluides Expériences de Poiseuille / Couette

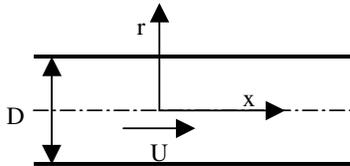
Objectifs :

- Comprendre le rôle des composants d'une installation hydraulique simple
- Découvrir différents mécanismes d'instabilités et de transition vers la turbulence
- Quantifier à l'aide de nombres adimensionnels la transition laminaire-turbulent

Organisation du TP : deux parties de 1h45 chacune

- l'expérience de Poiseuille
- l'expérience de Couette

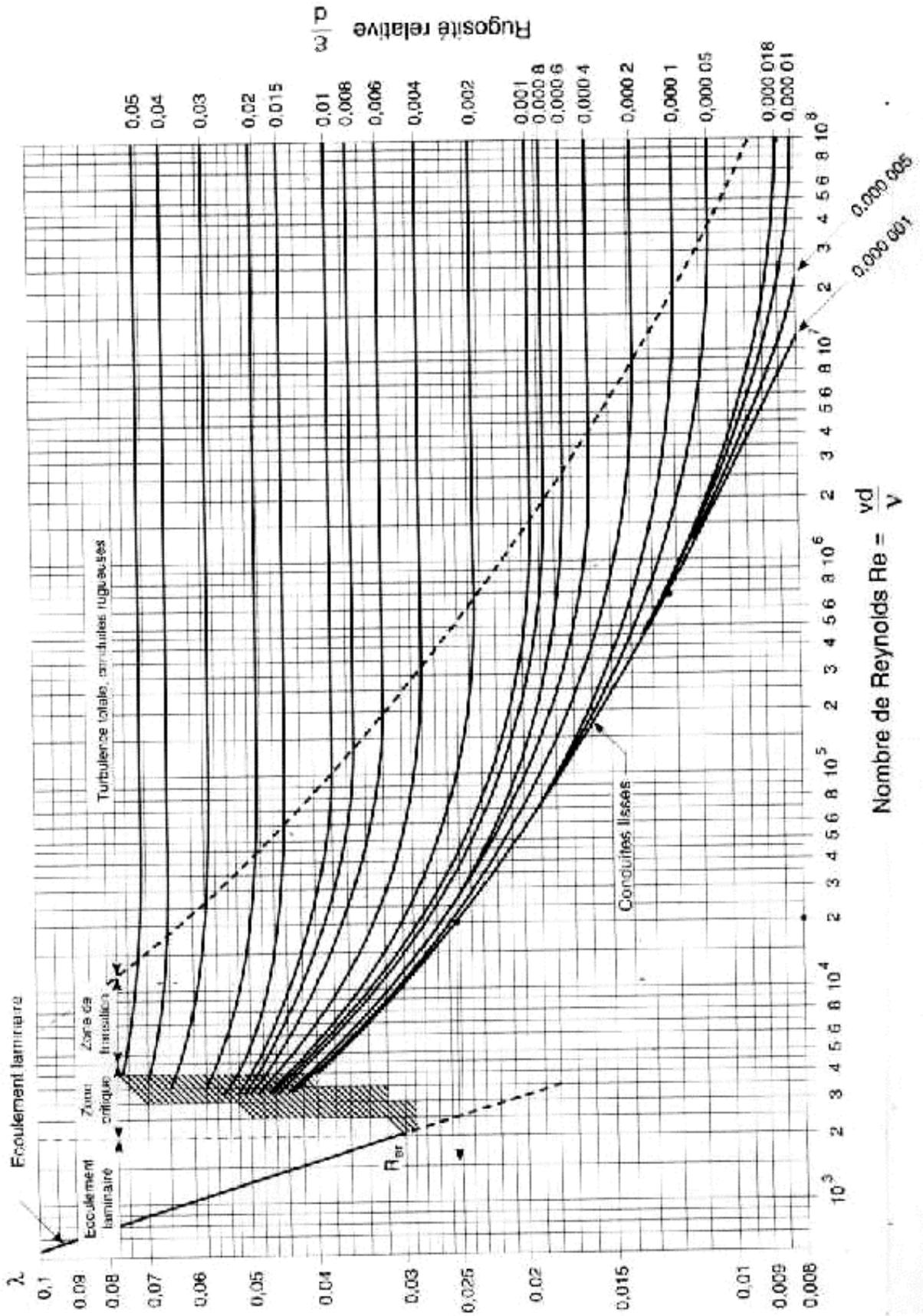
Expérience de Poiseuille

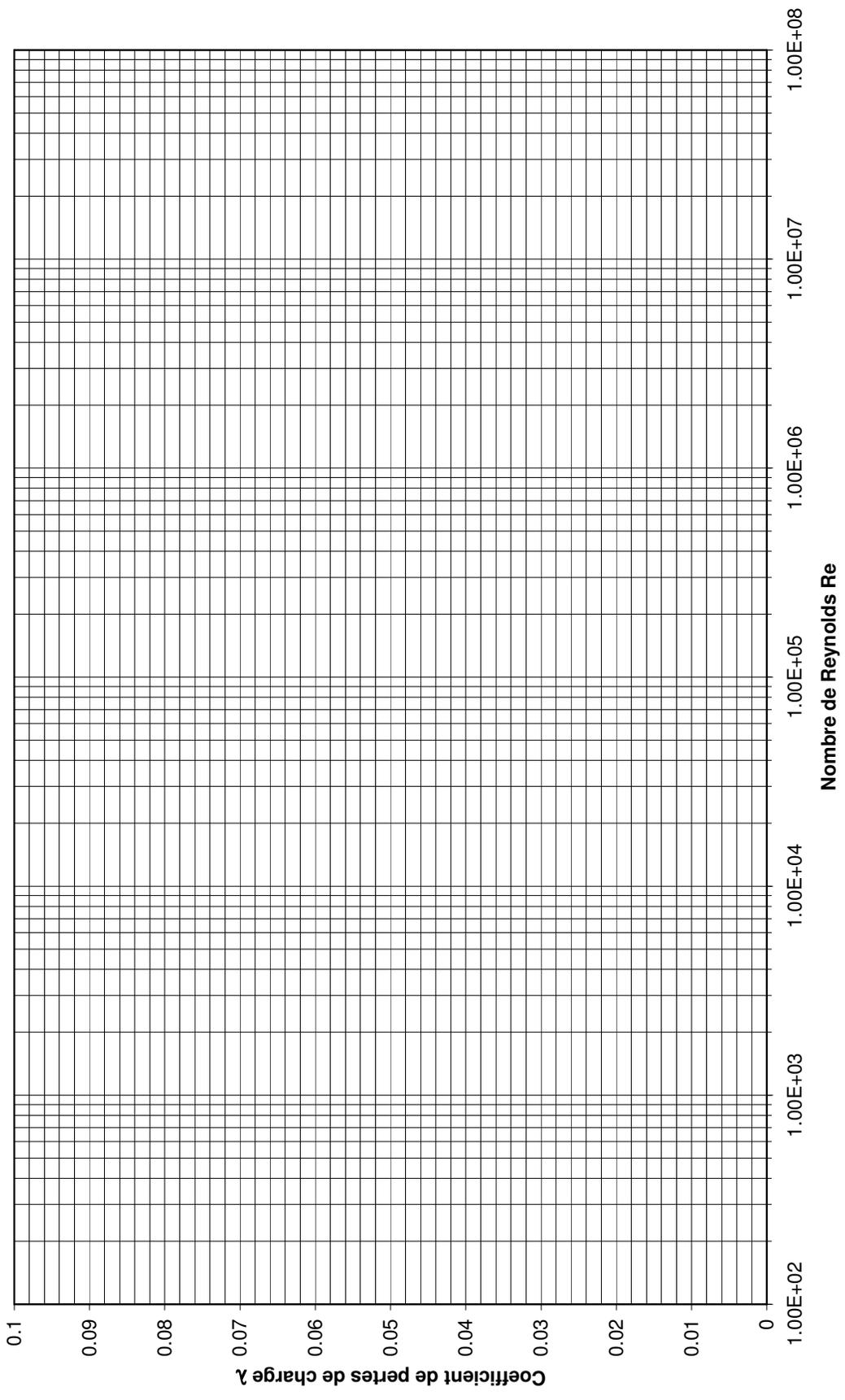


Les diamètres intérieurs des 3 tubes sont $D_1=5.5\text{mm}$, $D_2=10\text{mm}$, $D_3=23.5\text{mm}$. La longueur du tube entre les prises de pression est $l=1.8\text{m}$. Le fluide étudié est de l'eau, la viscosité dynamique de l'eau est $\mu=10^{-3}\text{Pa}\cdot\text{s}^{-1}$.

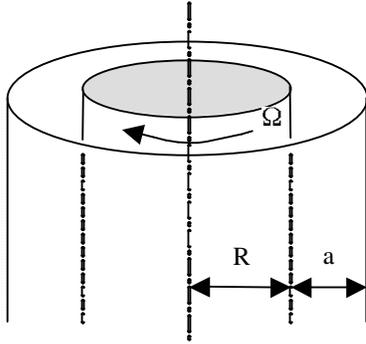
1. Donner un exemple d'application industrielle de ce type d'écoulement / d'installation.
2. Décrire brièvement l'installation et donner le rôle de chacun des composants. Quelles mesures peuvent être effectuées pour ce type d'écoulement ? Proposer d'autre part un type de visualisation pour cet écoulement.
3. Quelles sont les grandeurs caractéristiques de l'écoulement ? Quels nombres adimensionnels peut-on en déduire ? Quelles sont les hypothèses simplificatrices qui peuvent être faites pour déterminer la solution de ce problème en régime laminaire ?
4. Quel profil aurait le champ de vitesse dans le cas laminaire ? Turbulent ? Faire un schéma dans chacun des cas.
5. Réaliser des expériences permettant de décrire le passage d'un écoulement laminaire à un écoulement turbulent à l'aide des réponses obtenues précédemment. Décrivez ce passage, quelles sont les conditions pour lesquelles il y a transition ? Quel caractère macroscopique de la turbulence mettez-vous en évidence dans l'écoulement de Poiseuille ? Le changement de nature de l'écoulement est-il réversible ?
6. Déterminer expérimentalement la valeur critique du nombre de Reynolds Re_c pour que l'écoulement devienne turbulent. Ici, Re est défini par $Re = \rho \langle U \rangle D / \mu$ où D est le diamètre du tube, ρ la masse volumique de l'eau et $\langle U \rangle$ la vitesse débitante. Obtiendrait-on le même Re_c ? débit critique ? en changeant le diamètre du tube ?

Diagramme de Moody : $\lambda = \lambda(Re)$





Expérience de Taylor



L'installation comprend deux cylindres coaxiaux transparents. Le cylindre extérieur est fixe tandis que le cylindre intérieur peut se mettre en rotation, la vitesse de rotation étant variable et mesurable. Deux fluides homogènes sont disponibles : de la glycérine à 60% et 80% en masse. Les viscosités des liquides sont données en annexe.

Le rayon du cylindre intérieur est $R=25\text{mm}$ et la distance entre les deux cylindres est $a=15\text{mm}$.

1. Proposez une manière simple pour visualiser l'écoulement.
2. Quelles sont les hypothèses simplificatrices qui peuvent être faites pour déterminer la solution de ce problème en régime laminaire ?
3. Réalisez l'expérience avec l'autre fluide. Observez-vous des différences par rapport au fluide précédent ?
4. Pour ce type d'écoulement on introduit le nombre adimensionnel appelé nombre de Taylor (dans le cas où $R \gg a$) :

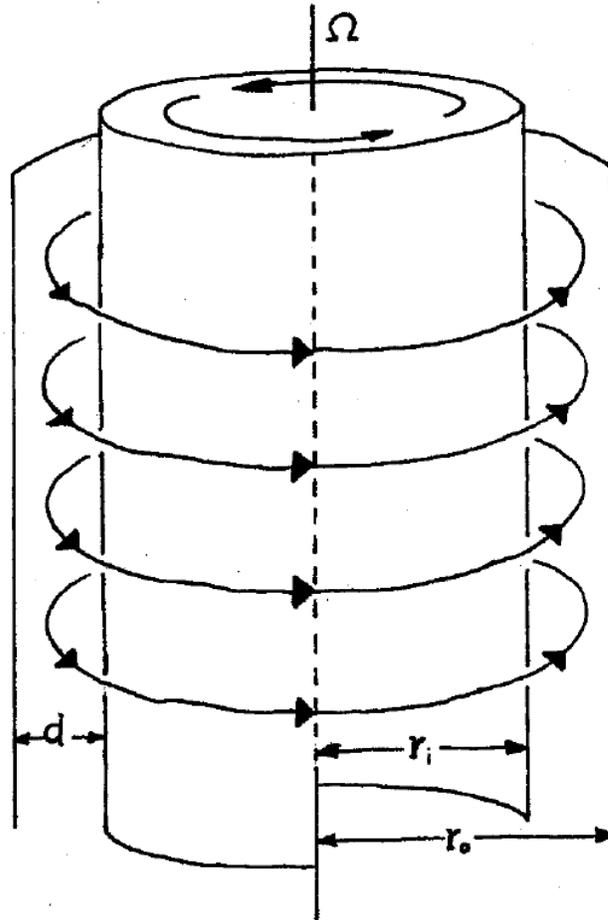
$$Ta = \frac{\Omega^2 a^3 R}{\nu^2}$$

- D'après vos mesures, quelle est l'utilité de ce nombre ?
5. Comparez les valeurs de transition du nombre de Taylor entre les deux expériences. Expliquez d'où pourraient provenir, selon vous, les éventuelles différences observées.
 6. Selon vous, quand l'écoulement est-il turbulent ?

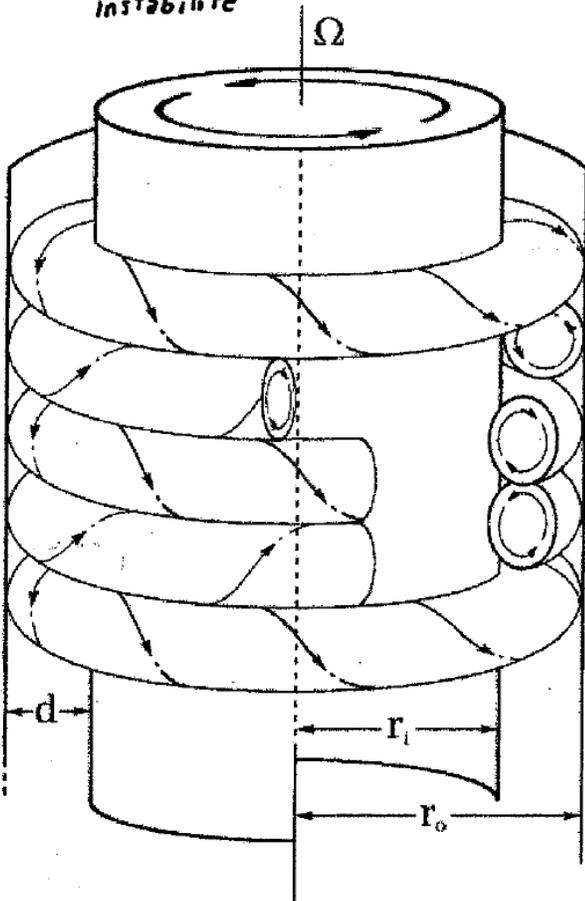
Conclusions

1. Quelles sont, selon vous, les caractéristiques d'un écoulement turbulent ?
2. Quelles différences observez-vous en termes de transition vers la turbulence (mécanismes) ?

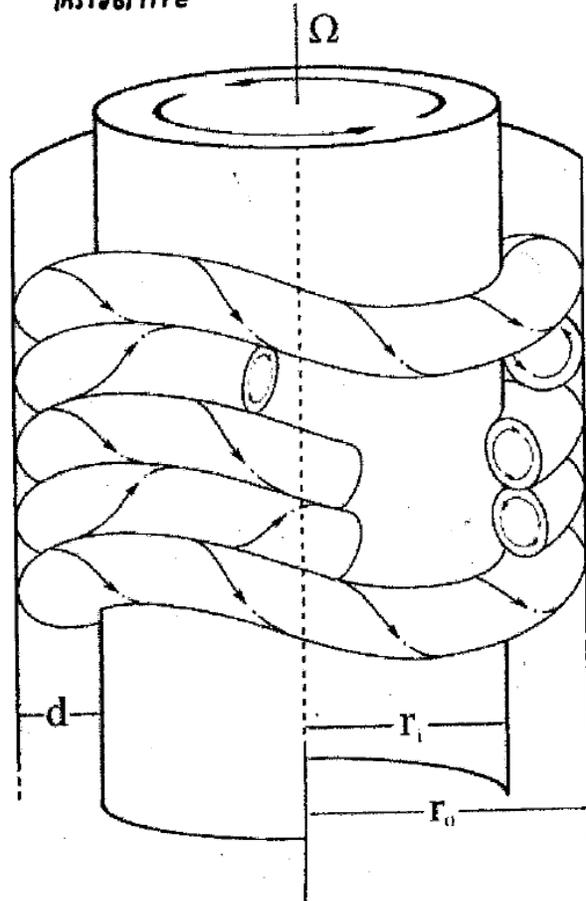
Écoulement laminaire



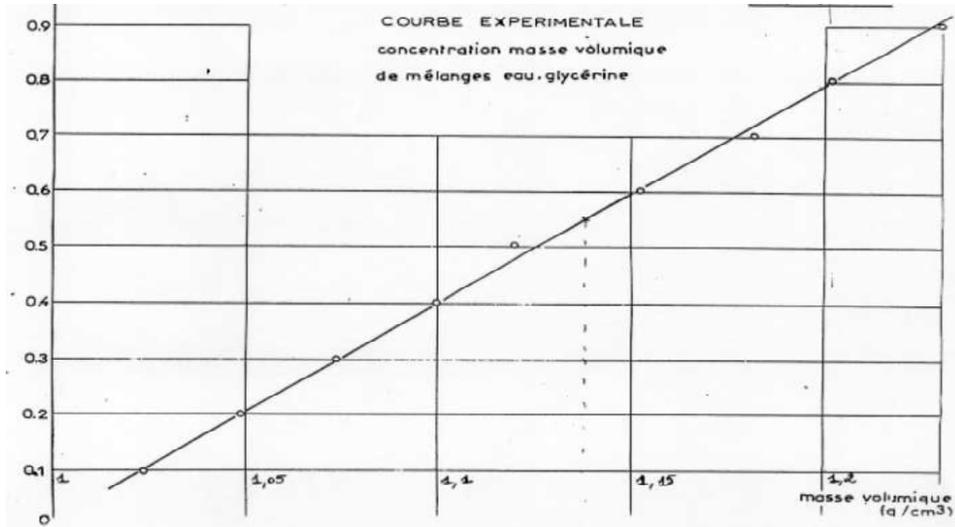
Première instabilité



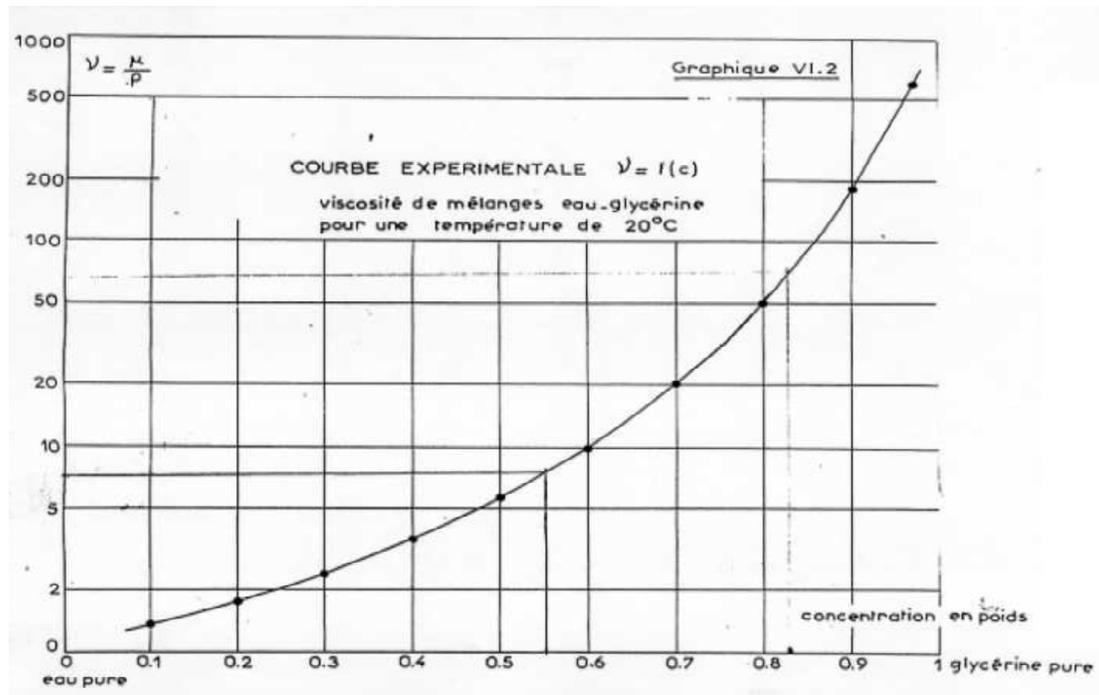
Deuxième instabilité



Annexe I : $\rho = \rho(C)$

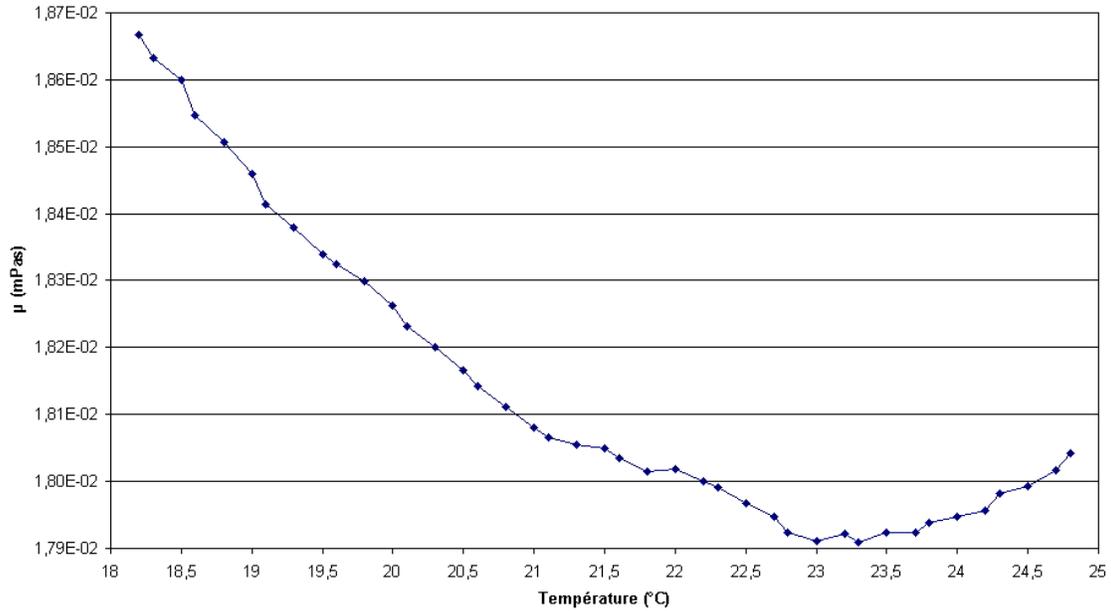


Annexe II : $\nu = \nu(C)$



Annexe III : Evolution de la viscosité en fonction de la température pour le fluide 1 (~66% de glycérine)

GLYCERINE 66%



Annexe IV : Evolution de la viscosité en fonction de la température pour le fluide 1 (~66% de glycérine)

GLYCERINE 77%

