

# Projet expérimental d'initiative et d'autonomie : point de fonctionnement de la maquette orifices et ajutages

O. Thual, J. Albagnac et L. Cassan  
Toulouse - INP ENSEEIHT, Département MFEE

## 1 Installation expérimentale

### 1.1 Description générale de la maquette

La maquette “orifices et ajutages” (figure 1) a été conçue dans le cadre d'une collaboration entre Toulouse INP - ENSEEIHT et le centre de formation d'EDF, en tant qu'expérience de travaux pratiques, parmi d'autres, d'un stage intitulé “Hydraulique fondamentale”. De dimensions ( $X = 2\text{m}$ ,  $Y = 3\text{m}$ ,  $Z = 3\text{m}$ ) environ, le système fonctionne en circuit fermé avec environ  $4\text{ m}^3$  d'eau circulant à un débit pouvant atteindre environ  $16\text{ l/s}$  ([1]).

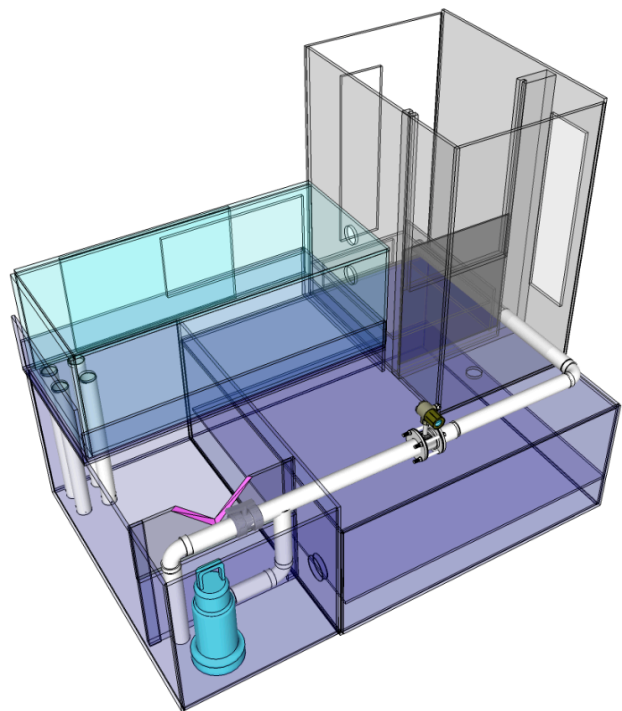


FIGURE 1 – Maquette orifices et ajutage dans les locaux de l'IMFT

Cette maquette permet d'explorer plusieurs lois physique de l'hydraulique :

- Le débit à travers un orifice ;
- Le débit à travers un seuil en V ;
- Le point de fonctionnement d'un réseau alimenté par une pompe.

## 1.2 Débit à travers des orifices

Le débit  $Q$  à travers un orifice ou un ajutage de section terminale  $A$ , dépend de la hauteur d'eau  $h$ , entre son centre la surface libre de la cuve, à travers la formule  $Q = \mu A \sqrt{2gh}$  où  $\mu$  est un paramètre qui dépend de la forme de l'orifice. La valeur théorique pour un orifice circulaire est  $\mu_{circ} = 0,59$ . Une jeu d'orifices et d'ajutages est disponible (figure 3).

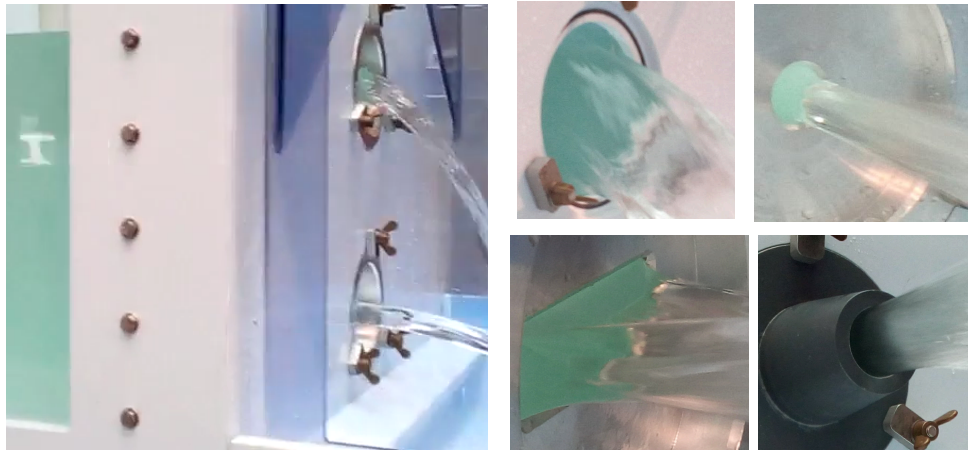


FIGURE 2 – Débit à travers un orifice ou un ajutage dans une cuve à surface libre.

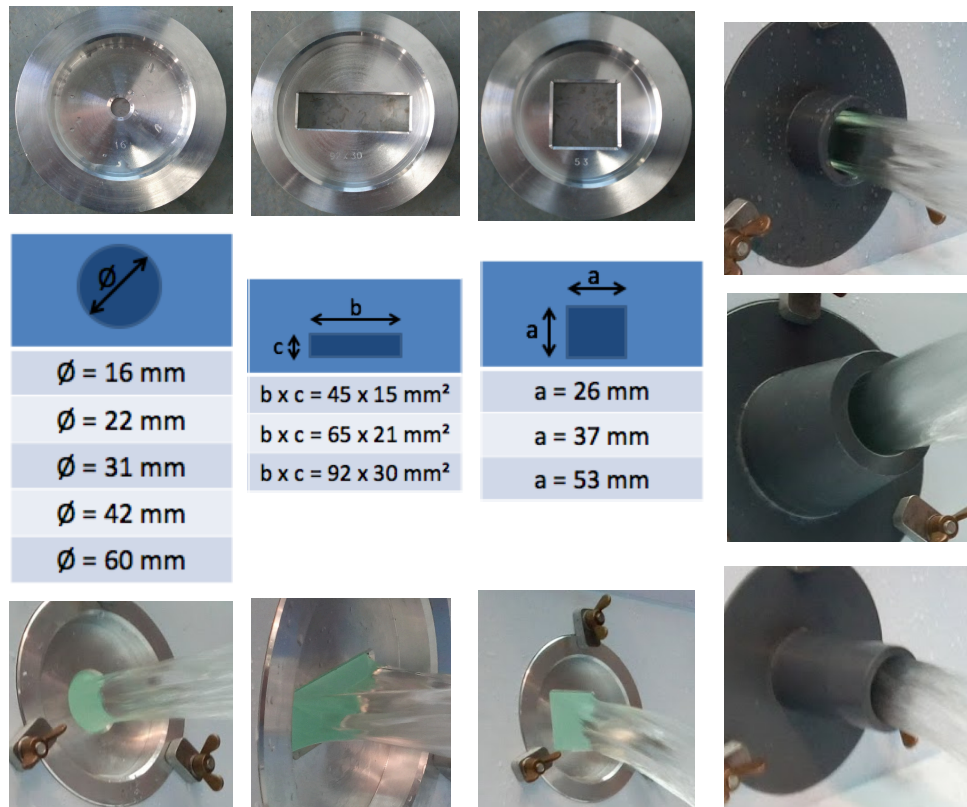


FIGURE 3 – Jeu d'orifices et d'ajutages disponible.

### 1.3 Débit à travers des seuils en V

Le débit  $Q$  à travers un seuil en V de demi-angle au sommet  $\alpha$  dépend du tirant d'eau  $H_t$  à travers la formule  $Q = \mu_{tria} \frac{8}{15} \tan \alpha \sqrt{2g} H_t^{5/2}$  où  $\mu_{tria} \sim 0,59$  est la valeur théorique pour un réservoir suffisamment large et profond. En pratique, pour un réservoir de dimensions réduite comme pour la maquette, un étalonnage est nécessaire pour déterminer le coefficient  $\mu_{tria}$ .

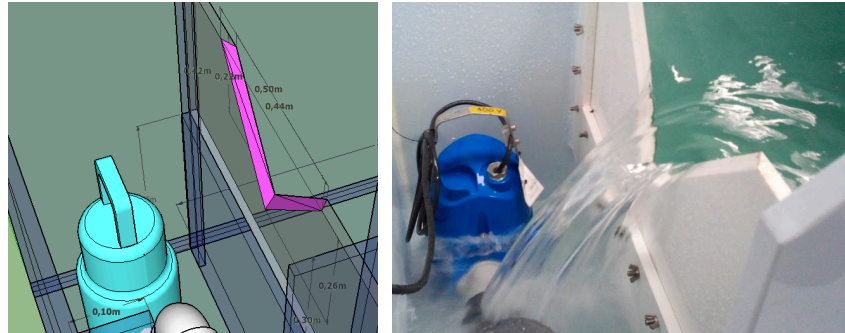


FIGURE 4 – *Seuil en V pour une mesure du débit.*

La maquette dispose de trois types de seuils en V dont les demi-angles au sommets sont tels que  $\tan \alpha \in \{1, 1/2, 1/4\}$ . Un étalonnage approfondi ([3]) a permis d'établir les abaques des figures (8 à 10) et a conduit aux valeurs respectives  $\mu_{tria} \in \{0,59; 0,62; 0,70\}$ .

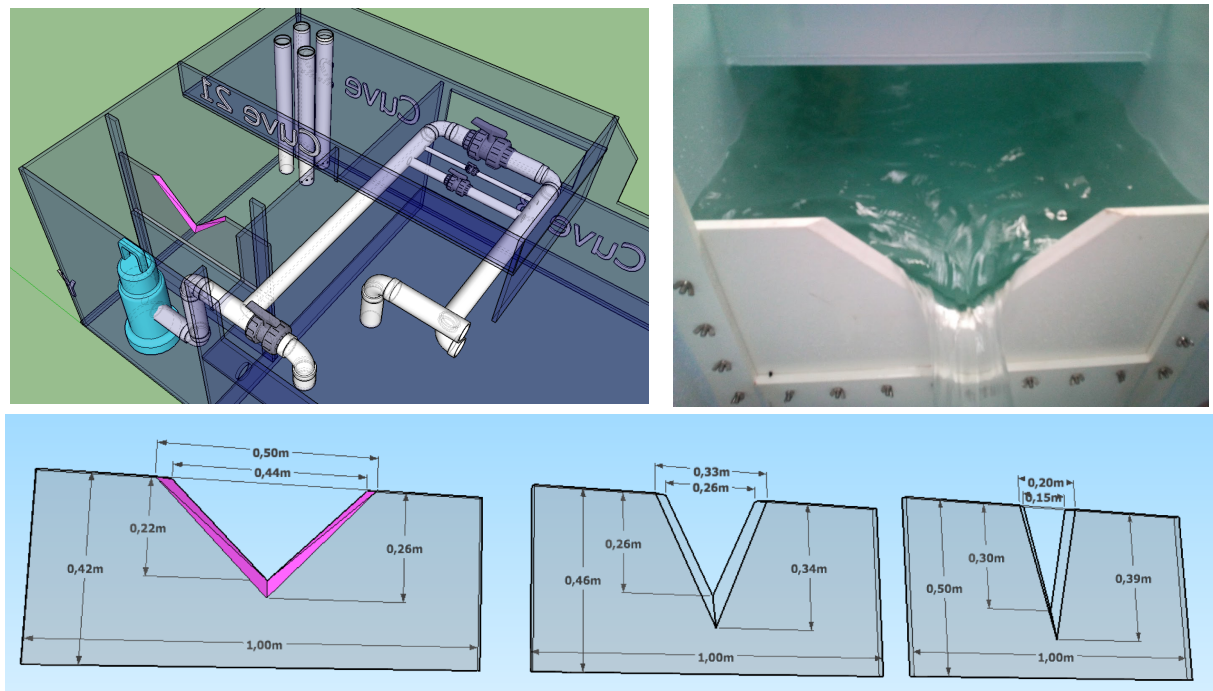


FIGURE 5 – *Trois types de seuils en V avec  $\tan \alpha \in \{1, 1/2, 1/4\}$ .*

Une méthode permettant d'étalonner les seuils en V de cette maquette consiste à disposer des orifices circulaires pour lesquels la valeur théorique de  $\mu_{circ} = 0,59$  est fiable. Une fois étalonnés, les seuils en V permettront de déterminer expérimentalement les valeurs  $\mu$  des autres orifices ou ajutages. Ces mesures de débit sont préférables à celles du débitmètre, qui affiche des variations de débit de l'ordre de 5%, inévitables en présence d'une pompe proche de la cavitation.

#### 1.4 Point de fonctionnement de la maquette

Le débit de fonctionnement  $Q_f$  d'un réseau hydraulique alimenté par une pompe est donné en résolvant l'équation  $\Delta H_{pomp}(Q_f) = \Delta H_{reso}(Q_f)$ , où  $\Delta H_{reso}(Q)$  est la courbe caractéristique du réseau et  $\Delta H_{pomp}(Q)$  celle de la pompe.

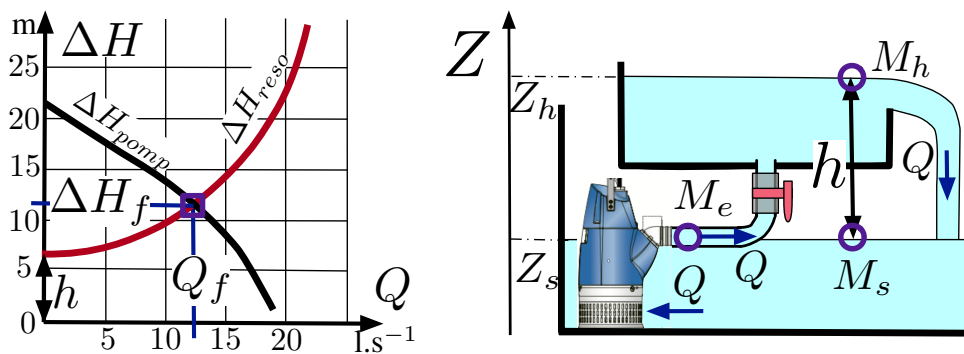


FIGURE 6 – Détermination du point de fonctionnement de la maquette.

L'exercice 7.1 de l'ouvrage [2] décrit le calcul des points de fonctionnement en tenant compte du by-pass en sortie de pompe (figure 7).

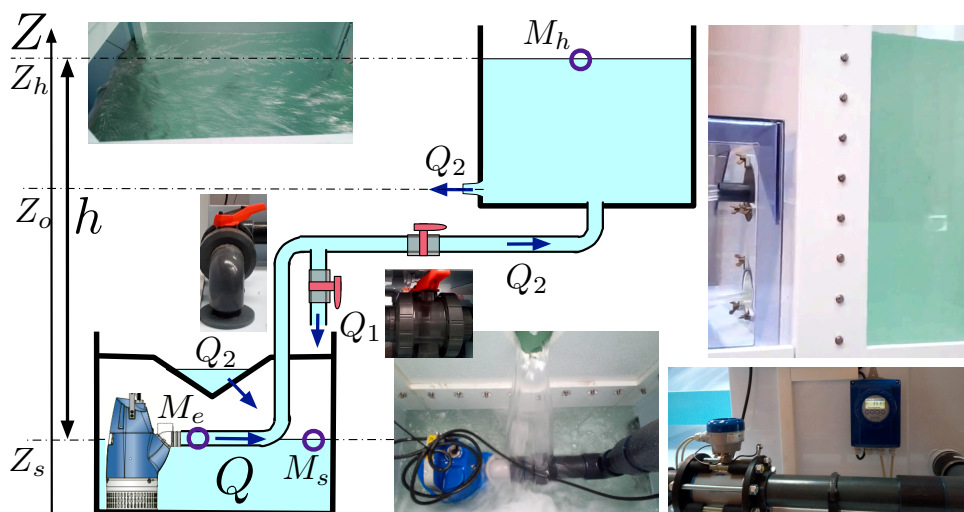


FIGURE 7 – Description schématique du réseau hydraulique de la maquette "orifices et ajutages" alimentée par une pompe immergée.

## 2 Instructions pour le projet expérimental

### 2.1 Cahier des charges

Un projet expérimental original est porté par chaque groupe d'étudiants. Il s'agit de concevoir et de mettre en oeuvre des expériences permettant d'aborder les trois thèmes suivants :

- Détermination des coefficients  $\mu$  de plusieurs types d'orifices ou ajutages ;
- Détermination des abaques et coefficients  $\mu_{tria}$  d'un ou plusieurs seuils en V ;
- Détermination de la courbe caractéristique du réseau hydraulique pour certaines configurations de la maquette à partir de la mesure de plusieurs débits de fonctionnement.

Ce projet, qui laisse la place à un grand nombre d'initiatives et développe l'autonomie du groupe, débouche sur la production d'un rapport d'expériences et de jeux de données permettant d'enrichir un futur jumeau numérique de la maquette. La production de modèles numériques codés en Python pour décrire certains aspects de l'expérience est un livrable supplémentaire qui sera apprécié dans l'évaluation du rapport.

### 2.2 Un projet expérimental en autonomie

Les séances de travaux pratiques permettent aux étudiants de découvrir la mise en place d'un protocole expérimental et de conduire leurs expériences. L'enseignant est là pour accompagner la démarche de découverte de l'outil expérimental sans entrer dans les explications théoriques avancées. Il appartient aux étudiants de mener cette réflexion, l'enseignant pouvant lancer des pistes de réflexion, susciter des questions, etc.

Les questions suivantes seront abordées :

- Comment rédiger un rapport de TP ?
- Quelles sont les différentes parties qui doivent y figurer ?
- Comment décrire une figure résultant d'une mesure expérimentale ?
- Comment discuter les éléments de conclusion auxquels elle peut mener et ouvrir vers d'autres perspectives ?

Les séances en autonomie permettent aux étudiants d'interagir pour répondre à ces questions et réfléchir collectivement aux expériences qu'ils construisent et au rapport qu'ils vont fournir. Il s'agit de se répartir les tâches et de trouver des moyens de mettre en commun les activités et recherches des uns et des autres pour que le rendu soit unifié et consenti par tous.

### 2.3 Attendus du rapport

Chaque équipe remettra, sur la plateforme Moodle, un unique rapport co-signé par l'ensemble de ses membres, au plus tard, deux semaines après la dernière séance en autonomie.

Le rapport doit être un vrai rapport scientifique de qualité et répondre aux attendus suivants :

- On y comprend clairement les objectifs ;
- À la lecture, on en conclut avec eux que les moyens expérimentaux, la métrologie et les protocoles de mesures peuvent permettre de répondre aux objectifs ;
- Toute la partie technique est clairement explicitée de sorte qu'un lecteur pourrait refaire l'expérience à l'identique s'il le souhaitait ;
- Les figures présentées sont représentatives des expériences effectuées et répondent aux objectifs du TP ;
- Le rapport décrit ce qu'on lit sur les figures, il fait ressortir les éléments de réponses qu'elles apportent et explicite les nouvelles perspectives / les nouvelles questions qu'elles suscitent ;
- Le rapport présente les conclusions générales et des perspectives, des points en suspens qui permettraient de comprendre le phénomène étudié dans son intégralité.

### 3 Conclusion

Le projet expérimental d'initiative et d'autonomie qui a été décrit s'appuie sur les possibilités offertes par la maquette orifices et ajutages installée dans les locaux de l'IMFT. Cette maquette permet de déterminer les coefficients de débit à travers des orifices et des ajutages ou des seuils en V. Il permet également de mesurer des courbes caractéristiques de perte de charge en connaissant la courbe caractéristique de la pompe.

Ce projet peut s'insérer dans le cadre de plusieurs formations, pour La Prépa des INP, le département MFEE ou encore le stage "Hydraulique Fondamentale" organisé par l'EN-SEEIHT et EDF.

### Références

- [1] O. THUAL et Ph. FERNANDEZ, description des maquettes "orifices et ajutage", 2018. URL : <http://mooc.inp-toulouse.fr/course/view.php?id=35>
- [2] O. THUAL, Hydraulique pour l'ingénieur généraliste, Cépaduès Éditions, 2018.
- [3] H. DIVEL, Calibration d'installations expérimentales en hydraulique, Rapport de stage, 2019.

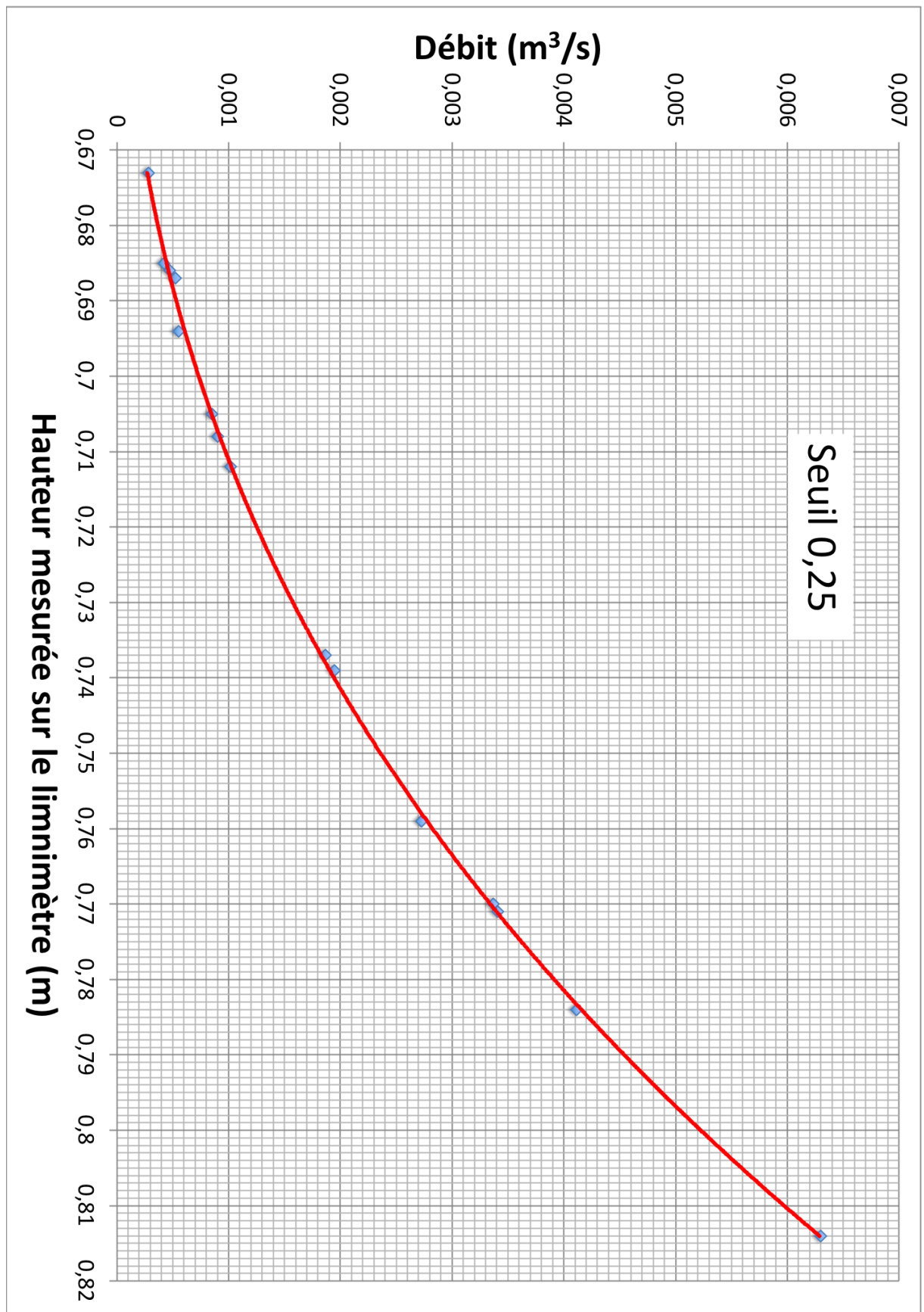


FIGURE 8 – Abaque pour la détermination du débit du seuil en V de forme  $\tan \alpha = 0,25$ .

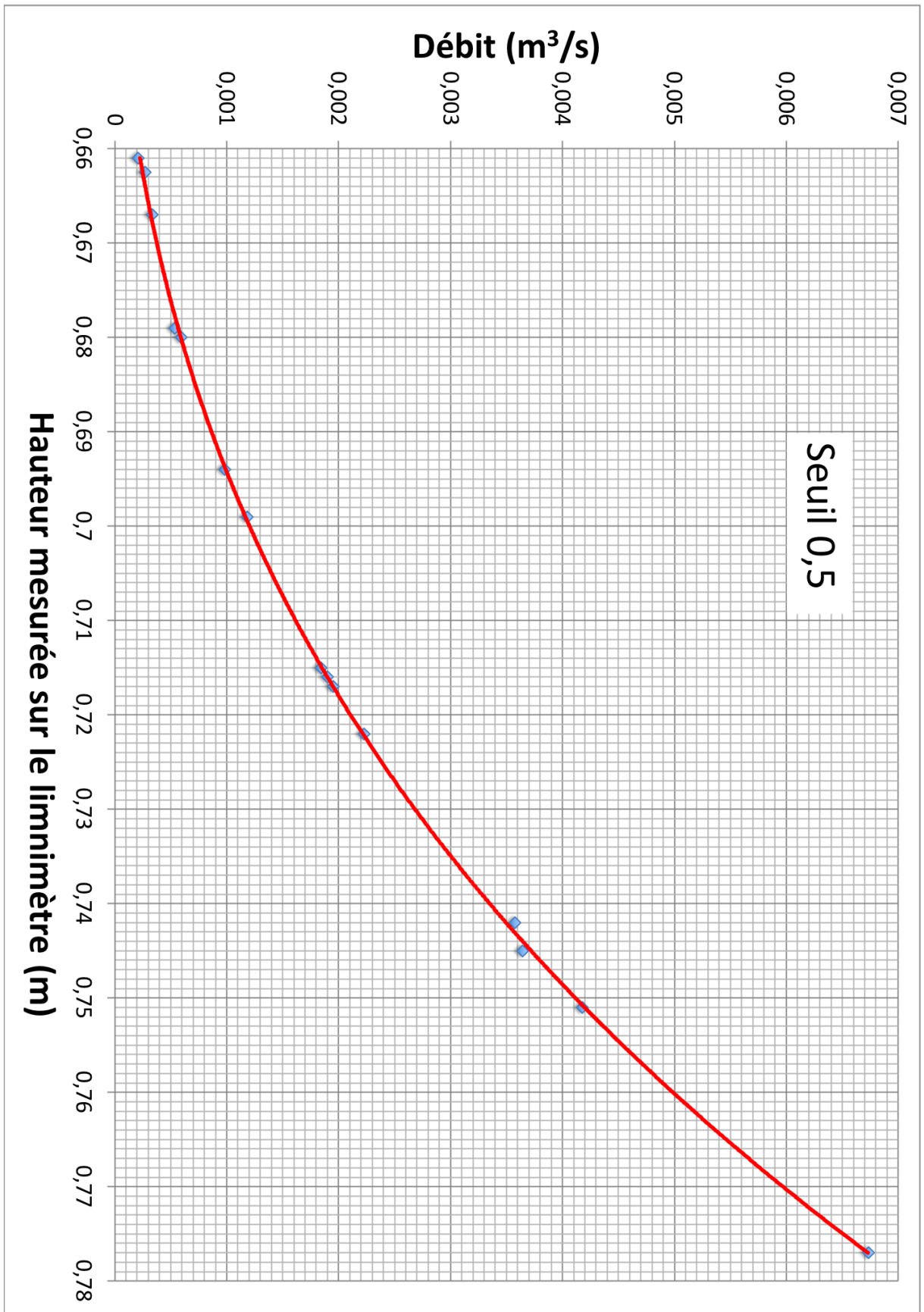


FIGURE 9 – Abaque pour la détermination du débit du seuil en V de forme  $\tan \alpha = 0,5$ .

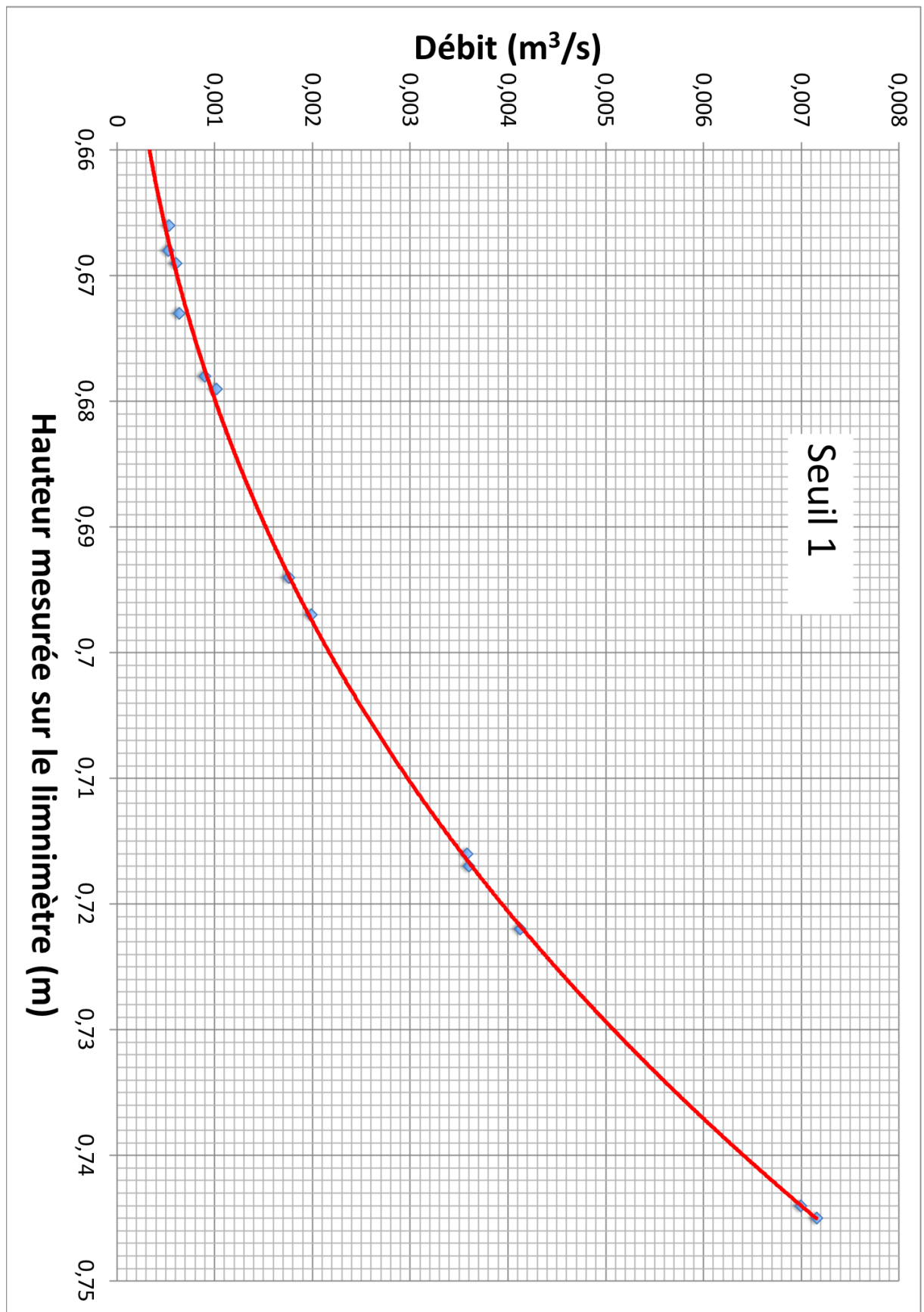


FIGURE 10 – Abaque pour la détermination du débit du seuil en V de forme  $\tan \alpha = 1$ .