

Mon objectif est d'étudier l'influence de l'inclinaison et du nombre de filets sur le rendement de la vis hydrodynamique après avoir élaboré un modèle et construit des vis avec mon binôme. Il ne semble pas pertinent de distinguer dans les objectifs la partie théorique de l'étude de l'influence de l'inclinaison entre les deux membres du groupe puisque l'étude portant sur le nombre de filets mène au même raisonnement.

Pour répondre à mon objectif, j'ai construit deux vis avec les mêmes paramètres géométriques mais l'une ayant un filet (figure 1) et l'autre deux (figure 2) ainsi qu'une structure modélisant une centrale hydroélectrique (figure 3). Grâce à cette expérience, nous avons pu élaborer une plus grande vis, elle permettra aux deux membres du groupe de pouvoir faire des expériences séparément. Ensuite, j'ai conçu un modèle s'appuyant sur ceux existant en adéquation avec nos connaissances et le problème posé. Finalement, j'ai étudié de manière théorique et expérimentale l'influence de l'inclinaison et du nombre de filets sur le rendement.

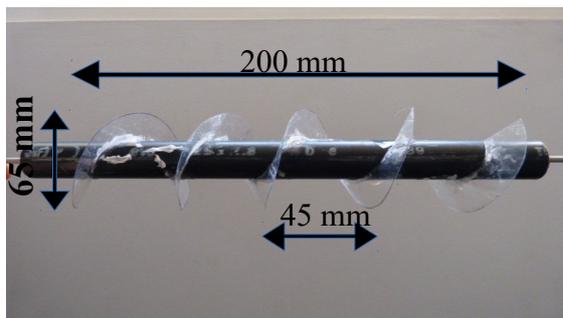


Figure 1: Vis à un filet (individuelle)

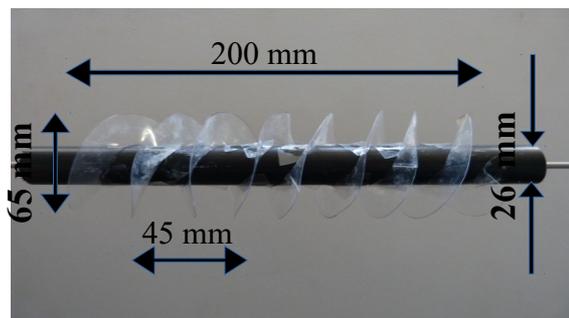


Figure 2: Vis à deux filets (individuelle)

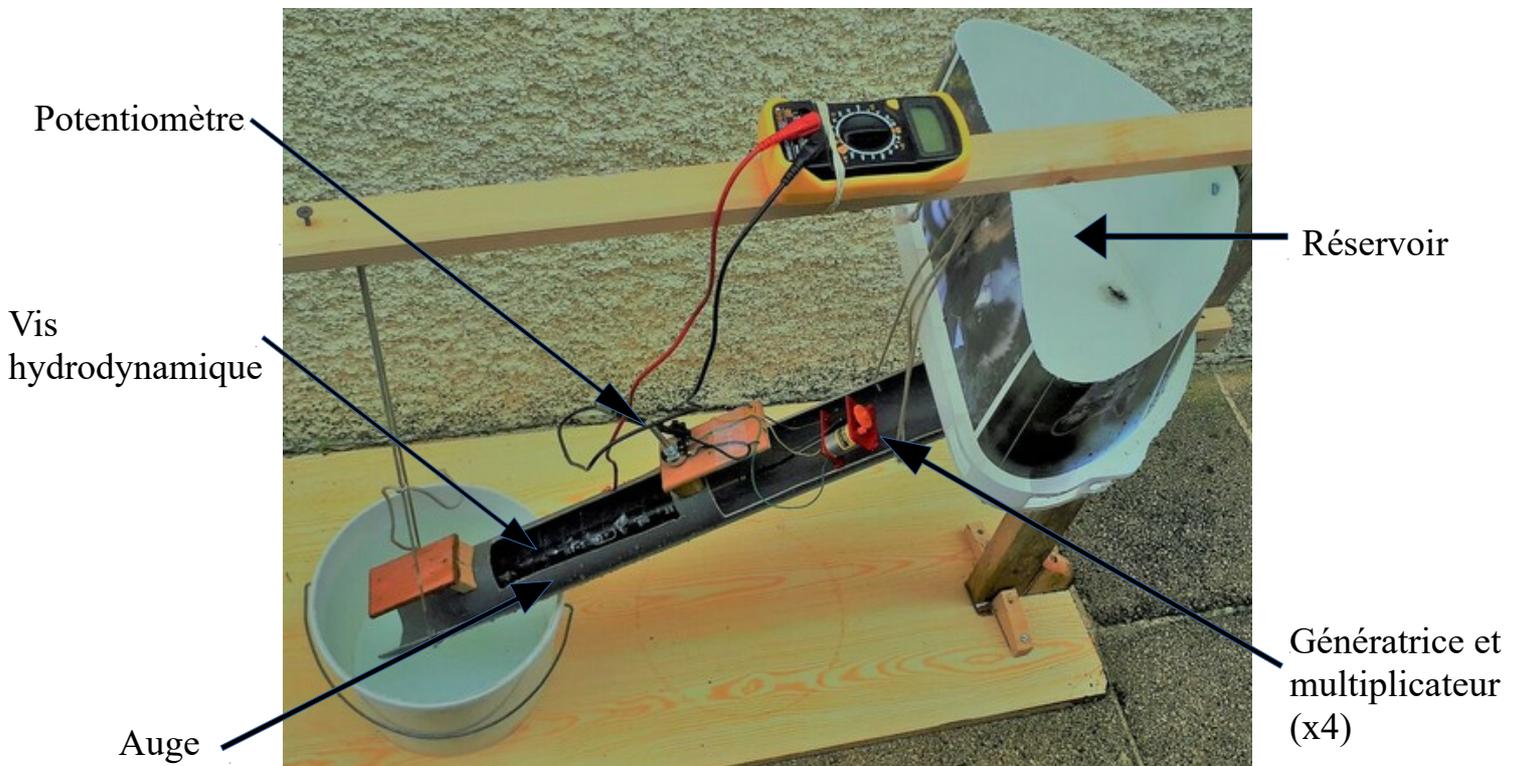


Figure 3: Maquette de centrale hydroélectrique (individuelle)

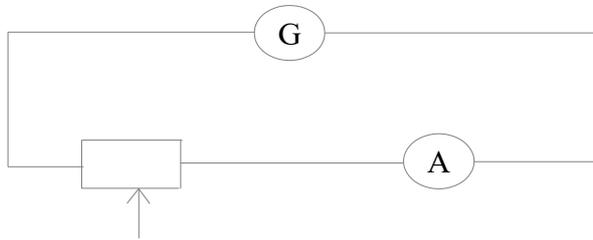
Le modèle retenu est celui d'une canalisation dans l'approximation unidimensionnelle, le régime est considéré comme stationnaire et l'eau comme un fluide parfait, incompressible et

homogène. Pour répondre à mes objectifs, j'ai commencé par mesurer la vitesse de rotation de la vis pour différentes inclinaisons correspondantes à la plage usuelle d'utilisation : [20°, 35°]. Cela permet de connaître la vitesse en sortie de la turbine. La vitesse d'entrée étant connue en appliquant la formule de Torricelli, on peut ainsi appliquer le théorème de Bernoulli à la canalisation avec les hypothèses du modèle évoquées précédemment.

Mon expérience consiste à verser 7 L d'eau dans le réservoir et ensuite obtenir la moyenne de la puissance fournie par mesure de l'intensité produite par la génératrice. Cependant sur ces 7 L nous ne considérerons que 6,5 L utiles puisque environ 0,5 L s'écoule au début et à la fin de l'expérience sans travailler.

De plus, nous devons prendre en compte le débit de fuite : débit d'eau passant sous la vis sans travailler du fait de l'espacement (noté s) entre la vis et l'auge. En notant D le diamètre de la vis, le débit de fuite (noté Q_{fuite}) est donné par une formule empirique: $Q_{\text{fuite}} = 2,5 * s * D^{3/2}$. Il représente alors environ 31% du débit total (avec $s = 2$ mm, $D = 65$ mm et le débit total étant de 0,27 L/s), ce paramètre est donc fondamental dans l'optimisation.

Pour mesurer la puissance produite par la vis on mesure l'intensité en sortie de la génératrice avec le montage ci-dessous :



Afin d'obtenir la puissance maximale on règle le potentiomètre de façon à maximiser RI^2 on trouve alors une résistance équivalente d'environ 37Ω pour les deux vis.

Finalement, on introduit la puissance hydraulique (notée $P_{\text{hydraulique}}$). On a alors : en notant μ la masse volumique de l'eau, g l'accélération de pesanteur à la surface de la Terre, Q le débit total, et H la hauteur de chute : $P_{\text{hydraulique}} = \mu * g * Q * H$. On peut alors définir le rendement comme le rapport de la puissance sur la puissance hydraulique.

Les résultats obtenus par ce qui est expliqué ci-dessus sont restitués sous la forme de tableaux :

Inclinaison de la vis (°)	Vitesse de rotation de la vis à un filet (tours/min)	Vitesse de rotation de la vis à deux filets (tours/min)
20,0 ± 0,5	61	67
25,0 ± 0,5	65	81
30,0 ± 0,5	69	90
35,0 ± 0,5	74	97

Inclinaison de la vis (°)	Puissance hydraulique (W)
20,0 ± 0,5	1,0
25,0 ± 0,5	1,1
30,0 ± 0,5	1,2
35,0 ± 0,5	1,3

Les résultats du tableau suivant étant les mêmes pour les deux vis aux arrondis près on les regroupe dans une même colonne.

Inclinaison de la vis (°)	Rendement théorique de la vis à un ou deux filets (%)
20,0 ± 0,5	71
25,0 ± 0,5	70
30,0 ± 0,5	70
35,0 ± 0,5	69

Inclinaison de la vis (°)	Rendement expérimental pour l'ensemble : {vis à un filet ; multiplicateur ; génératrice} (%)	Rendement expérimental pour l'ensemble: {vis à deux filets ; multiplicateur ; génératrice} (%)
20,0 ± 0,5	1,5	1,9
25,0 ± 0,5	1,8	2,0
30,0 ± 0,5	1,9	2,1
35,0 ± 0,5	2,5	2,0

Ainsi, l'étude théorique suggère en premier lieu de minimiser le débit de fuite : à lui seul, il réduit le rendement d'environ 30 %. Deuxièmement, cette analyse incite à minimiser l'inclinaison. Enfin, grâce au théorème de Bernoulli on déduit l'importance de minimiser la vitesse de sortie et donc la vitesse de rotation de la vis bien que cela soit négligeable d'après les résultats obtenus. D'autre part, l'étude expérimentale souligne l'importance du multiplicateur (multipliant le rendement par 15 avec un rapport multiplicateur de 4) qui permet de réduire la vitesse de rotation de la vis tout en l'augmentant au niveau de la génératrice. À l'inverse de la théorie, l'expérience suggère une inclinaison aux alentours de 30° ainsi qu'une vis à deux filets (en négligeant les résultats obtenus à 35° car cette inclinaison extrême n'est pas utilisée).

De ce fait, pour optimiser la production d'électricité, il faut préférer : un multiplicateur ainsi qu'une vis ayant un diamètre extérieur élevé afin de minimiser la vitesse de rotation, une inclinaison entre 25° et 30° et une auge minimisant le débit de fuite.

Les rendements théoriques obtenus étant très faibles au vu de la théorie : la principale raison est l'éloignement avec la vitesse nominale de la génératrice, et avec une importance mineure : la viscosité de l'eau, les turbulences ainsi que les frottements.

Pour conclure, l'influence du débit de fuite sur le rendement est majeure: ce dernier induit ici une perte de 31% du débit utile et fait chuter le rendement théorique à 70%. D'autre part, l'inclinaison doit être dans l'intervalle [25°, 30°] et la vitesse de rotation de la vis minimale. Finalement, bien que souvent négligée dans les théories sur le sujet, notre étude soulève l'importance du nombre de filets de la vis sur le rendement.

[1] Vermelle, Directeur général, NSC environnement, Mars 2017