

Les barrages hydroélectriques

Qu'elles sont les paramètres liés au conduit à modifier pour obtenir la meilleure production en électricité dans une centrale hydroélectrique ?

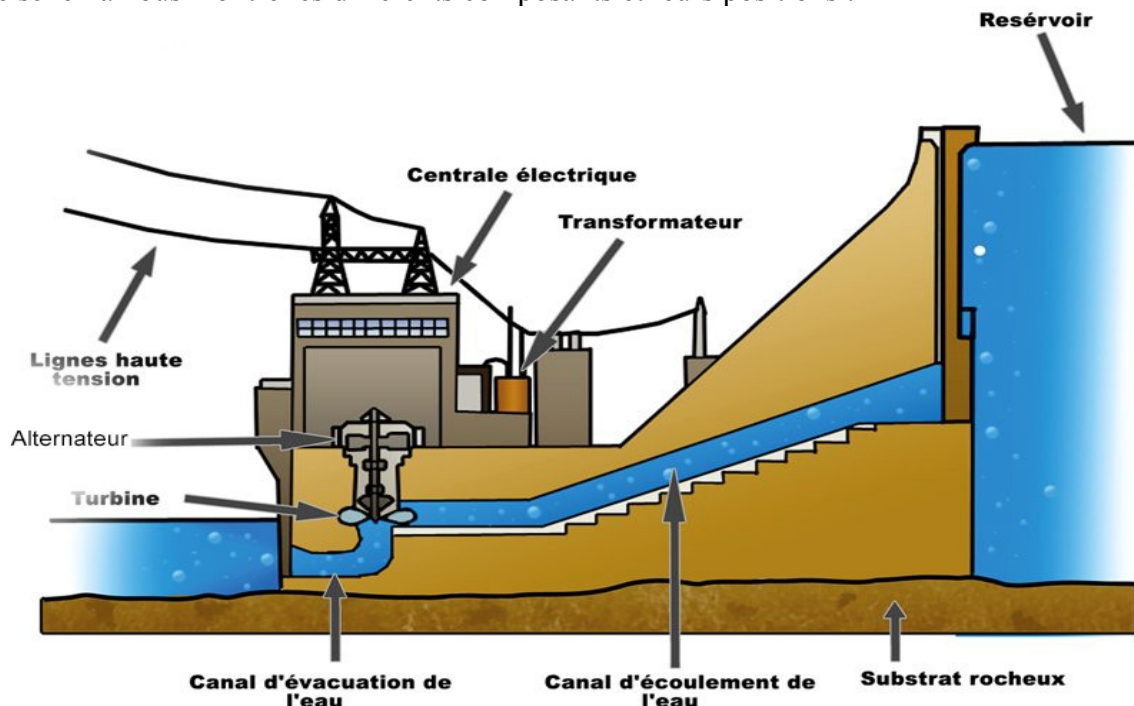
Introduction :

L'hydroélectricité est une source d'énergie renouvelable, c'est-à-dire qui ne consomme pas de ressource à échelle humaine, cela représente 16,3% de la production électrique dans le monde ce qui n'est donc pas négligable. Les avantages de cette source d'énergie sont : le faible coût de production, le peu d'émission de CO₂ et la possibilité de stocker et de délivrer de l'électricité à volonté. Une centrale hydroélectrique est composée essentiellement de :

- une vanne de contrôle : permet de laisser plus ou moins écouler l'eau
- un conduit : guide l'eau vers la turbine
- une turbine hydraulique : dispositif qui utilise l'énergie cinétique de l'eau (vitesse d'écoulement) pour faire tourner ses pales dans le but de convertir celle-ci en énergie mécanique
- un alternateur : machine constituée d'un stator (partie fixe) et d'un rotor (partie tournante) le mouvement de celui-ci autour du stator produit un champ magnétique et ainsi une tension électrique (phénomène d'induction électromagnétique)
- un transformateur : machine permettant d'élever une tension

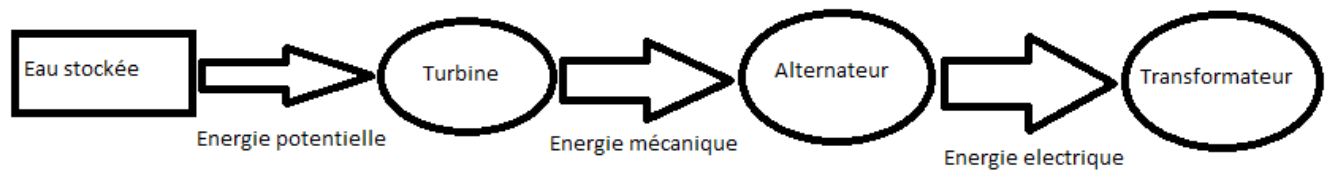
Le tout est relié au réseau électrique.

Ce schéma nous montre les différents composants et leurs positions :



Les barrages hydroélectriques se basent sur les principes de l'hydroélectricité : l'énergie cinétique de l'eau dû à sa chute et transformée en énergie mécanique grâce à une turbine

reliée à un alternateur qui va transformer celle-ci en énergie électrique comme nous le montre cette chaîne énergétique :



Nous nous sommes demandé qu'elles étaient les paramètres à faire varier pour obtenir une production en puissance électrique maximal, puis nous avons décidé de nous intéresser plus particulièrement aux paramètres liés au conduit. Nous allons donc étudier dans un premier temps la hauteur de chute de l'eau, le débit à laquelle l'eau est lâchée et la hauteur d'eau dans le réservoir puis à d'autres paramètres que nous n'avons pas expérimenté mais qui reste indispensable à une telle installation.

I La hauteur de chute de l'eau :

La hauteur de chute de l'eau est un élément important dans une centrale, en effet, on peut classer les centrales en trois types de classement :

1. Les hautes chutes (supérieur à 200 mètres)
2. Les chutes moyennes (entre 50 et 200 mètres)
3. Les chutes basses (50 mètres)

La hauteur de chute permet de déterminer la turbine la plus adaptés aux conditions de la central avec les meilleurs rendements, par exemple :

La turbine Pelton pour les hautes chutes (avec un rendement de 90%)

La turbine Francis pour les chutes moyennes (avec un rendement entre 80 et 95%)

La turbine Kaplan pour les chutes basses (avec un rendement de 90% à 95%)

Ce qui différencie ces différentes turbines, c'est leurs diamètres, vitesses de rotation et la forme des pales.

En théorie, plus la hauteur de chute de l'eau est importante, plus la puissance produite est importante. Nous avons voulu vérifier expérimentalement cette affirmation, pour cela, nous avons reproduit le fonctionnement d'une centrale hydroélectrique à notre échelle.

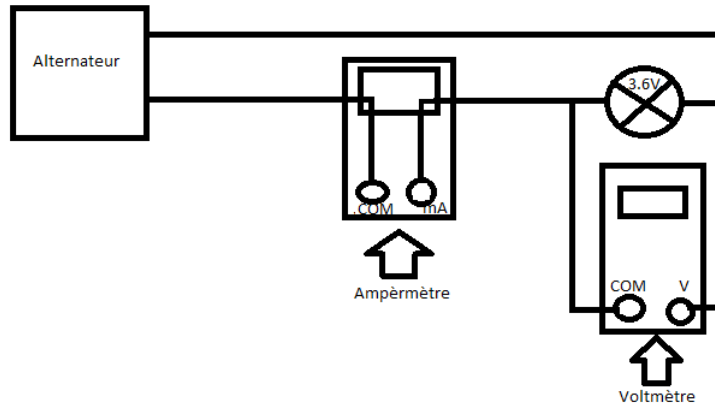
Pour ce faire nous avons utilisé une cuve avec un indicateur de niveau pouvant contenir environs 64cm d'eau, pour l'entrée de l'eau , nous avons assemblé deux tuyau entre eux afin de pouvoir augmenter plus ou moins la hauteur sans être gêné, en ce qui concerne la sortie d'eau on a fabriqué un « squelette » en forme d'angle droit pour notre tuyau qui était flexible afin que l'eau puisse arriver verticalement par rapport à la turbine.

Comme nous l'avons dit précédemment, notre objectif est de voir la variation de production de puissance électrique en fonction de la hauteur de la chute d'eau, nous avons donc eu à faire deux types de mesures :

la première est la hauteur en la sortie de l'eau du conduit et le point d'impact avec la première pale de la turbine nous réalisons cette mesure à l'aide d'un mètre ruban.

La deuxième mesure est celle de la puissance, à nos débuts, nous utilisions un wattmètre, cependant celui-ci n'était pas assez précis, nous avons donc décidé de mettre en œuvre la relation $P=U \cdot I$ (où P est la puissance en W, U est la tension en V et

I est l'intensité en A) pour cela il était donc indispensable de mesurer la tension à l'aide d'un voltmètre et l'intensité à l'aide d'un ampèremètre.
Nous avons donc réalisé ce montage :

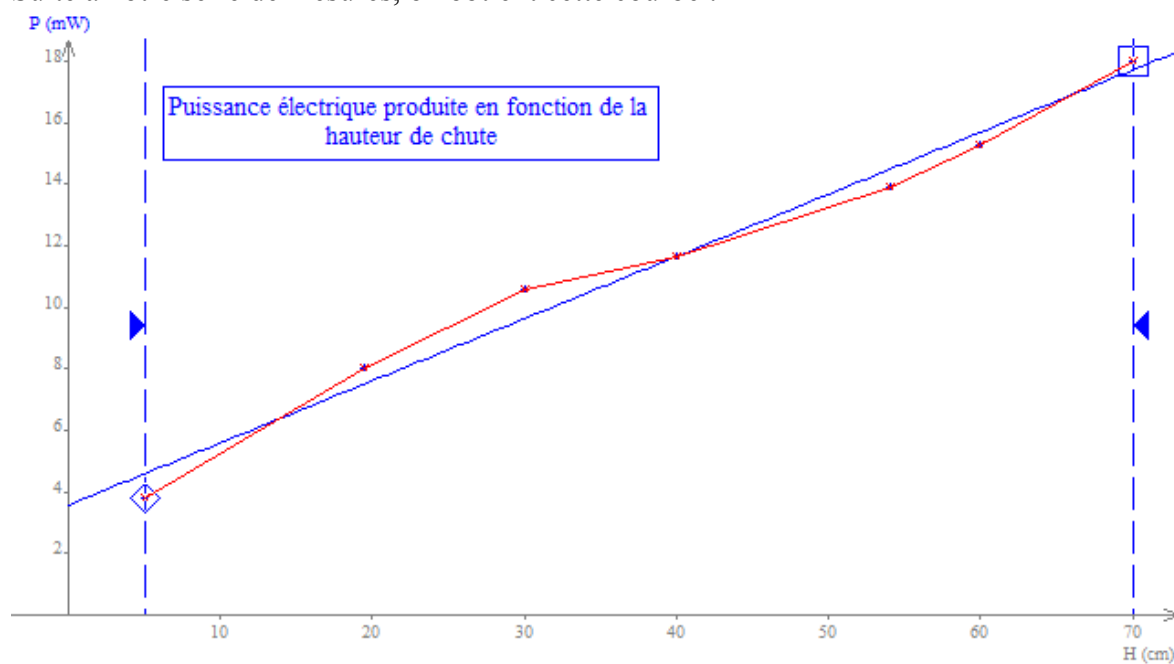


Nous avons utilisé une ampoule pour faire un circuit fermé et pouvoir ainsi mettre le voltmètre en dérivation. Pour faire varier la hauteur de chute nous avons surélevé la cuve sur des supports élévateurs, nos mesures ont été faites de 5cm de chute à 70cm tout en gardant un

débit constant de 4.8L/min. Ci-dessous une photo récapitulative de notre montage :



Suite à notre série de mesures, on obtient cette courbe :



La courbe rouge est modélisée sur un modèle affine et la courbe bleu relie simplement les points mesurés.

On étudiera la courbe modélisée, celle si ne passe pas par l'origine, cependant il est impossible d'un point de vue pratique de produire de l'électricité quand la sortie d'eau est au contact de la turbine car celle-ci serait bloqué, c'est pour cela que nous avons commencé nos mesures à partir de laquelle la sortie d'eau n'est pas en contact avec les pales de la turbine soit à une hauteur de 5cm.

On observe que plus la hauteur de chute est grande, plus la puissance produite est importante ce qui confirme donc l'hypothèse de départ, les barrages à haute chute sont donc les plus intéressent en terme de production électrique. On remarque que la courbe, même sans modélisation à une allure de droite en déduit que la puissance électrique est proportionnel à la hauteur de chute, grâce à notre logiciel de mesures nous avons pu établir la relation suivante : $P=20.2 \cdot H+4$ cette relation s'applique pour notre maquette mais pas obligatoirement à tous les barrages.

On obtient un écart type de 4,8% d'écart type sur cette expérience, ce qui raisonnable étant donné les multiples problèmes auxquels nous fusse confronté : les fuites de notre cuve, l'instabilité des valeurs affichés de l'ampèremètre, la turbine qui n'était pas droite mais surtout la régulation du débit en effet nous devons faire de tels sorte que le débit reste constant de manière manuelle.

II Hauteur de l'eau dans la cuve et débit :

Dans une centrale hydroélectrique il est possible de modifier la hauteur d'eau stockée dans la cuve et le débit d'écoulement (on admet pour l'instant que la hauteur dans la cuve et le débit son liés, nous tenterons de le démontrer expérimentalement) en ouvrant plus ou moins la vanne. C'est un élément important de la central car ce système d'ouverture de la vanne permet d'obtenir une production d'électricité plus ou moins grande selon la demande du consommateur (on produira plus d'électricité durant les heures de pointes pour les particuliers par exemple).

Suite à nos recherche nous nous pouvons affirmer que la hauteur d'eau dans la cuve est lié avec le débit d'écoulement en effet nous avons trouvé une équation mettant en relation ces deux paramètres : $P=g \cdot Q \cdot H$ (où P est la puissance de l'eau en W, g le champ de pesanteur soit 9.81m/s , Q le débit de l'eau en m^3/s et H la hauteur en m) et avons émis l'hypothèse que l'évolution du débit est proportionnelle avec la production d'énergie électrique, nous allons donc tester cette hypothèses expérimentalement.

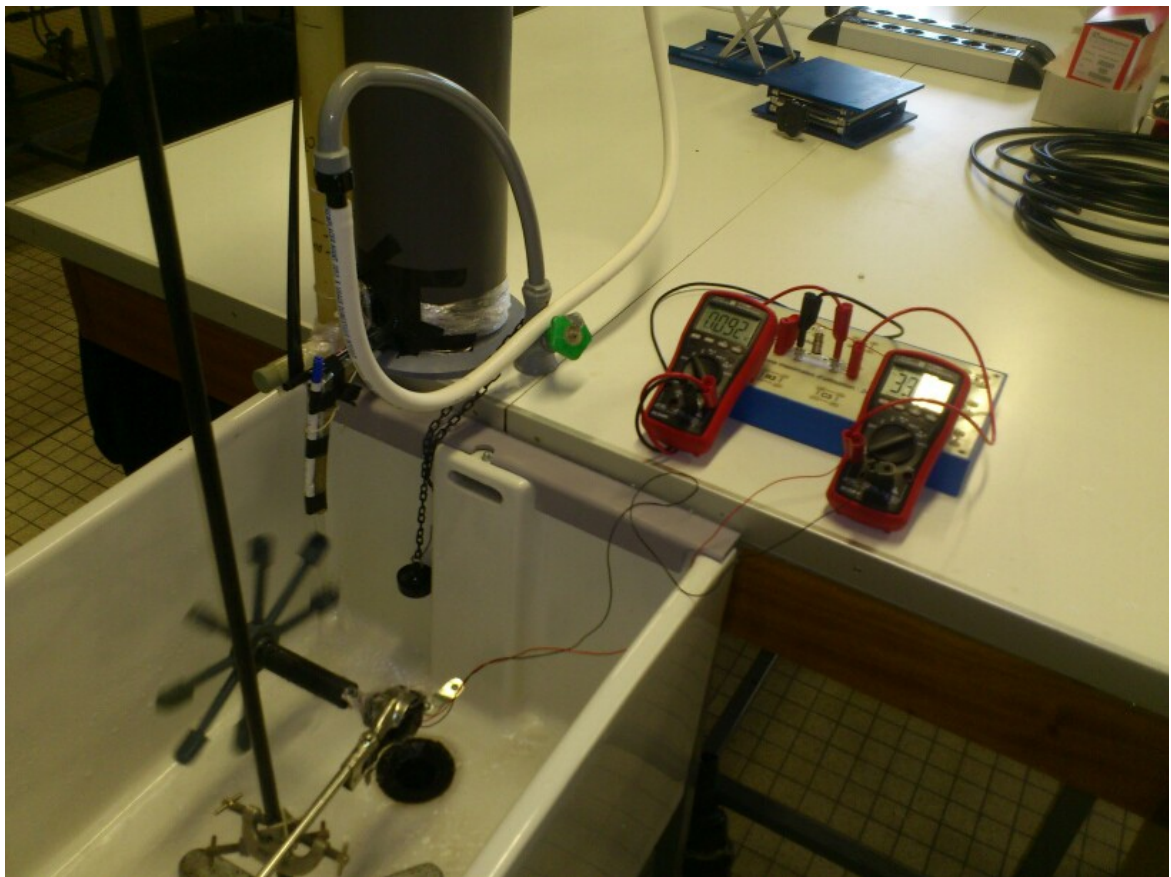
Le but de notre expérience est de mesurer la puissance électrique produite en fonction de la hauteur d'eau dans la cuve et du débit de l'eau. Pour ce faire nous avons utilisé le même montage que lors de l'expérience précédente à peu de chose près, en effet exit les supports élévateurs (on garde la hauteur de chute constante) on utilise aussi un récipient et une éprouvette gradué en plus du matériel de la première expérience. Les mesures que nous devons faire lors de cette manipulation étaient :

la hauteur d'eau dans la cuve, nous avons mesuré ceci en graduant l'indicateur de niveau (une graduation tous les centimètres)

le débit de l'eau, on mesure ceci en laissant couler l'eau dans notre récipient pendant 30 secondes puis on transvase le contenu dans une éprouvette graduée, on multiplie le résultat par deux pour obtenir une mesure en L/s

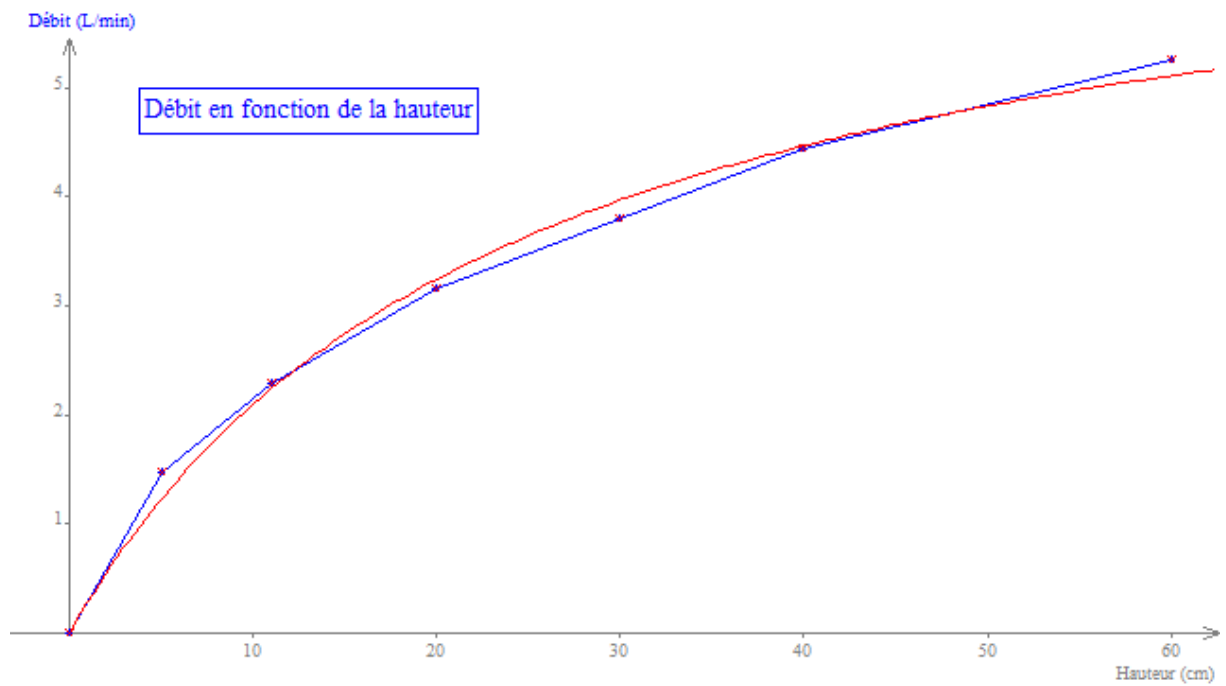
la puissance produite, comme la première fois en utilisant un ampèremètre et un voltmètre pour mesurer le courant et la tension puis en appliquant la relation $P = U \cdot I$

On obtient donc ce montage :

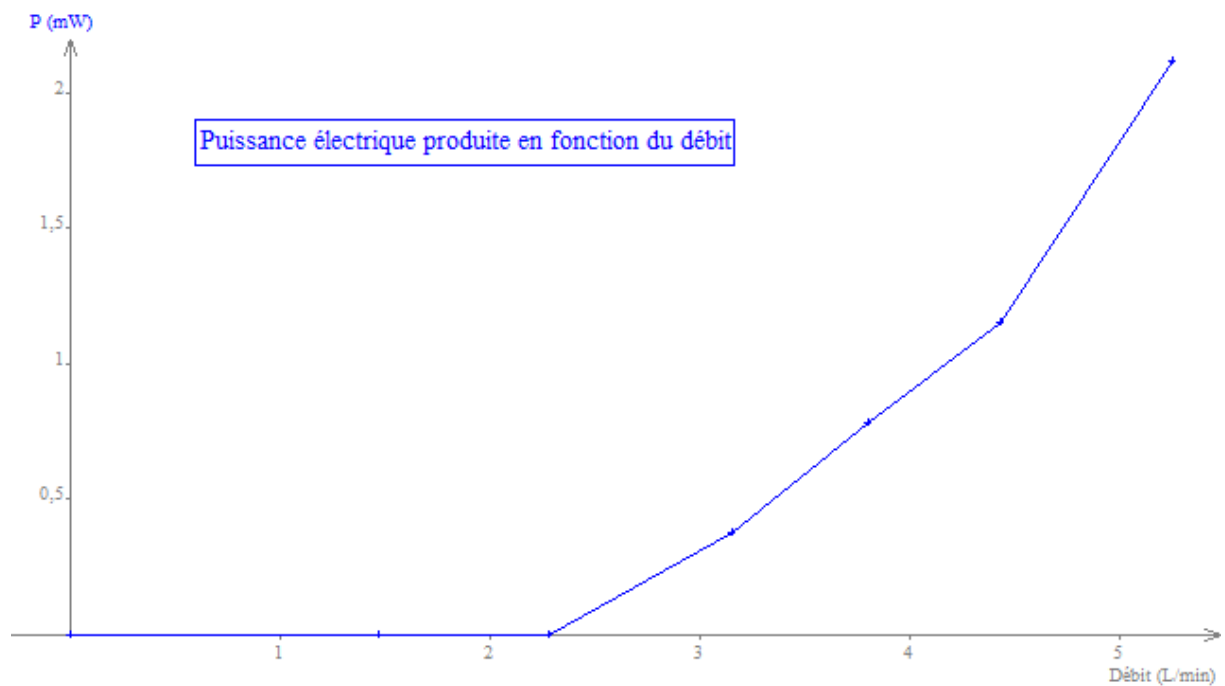


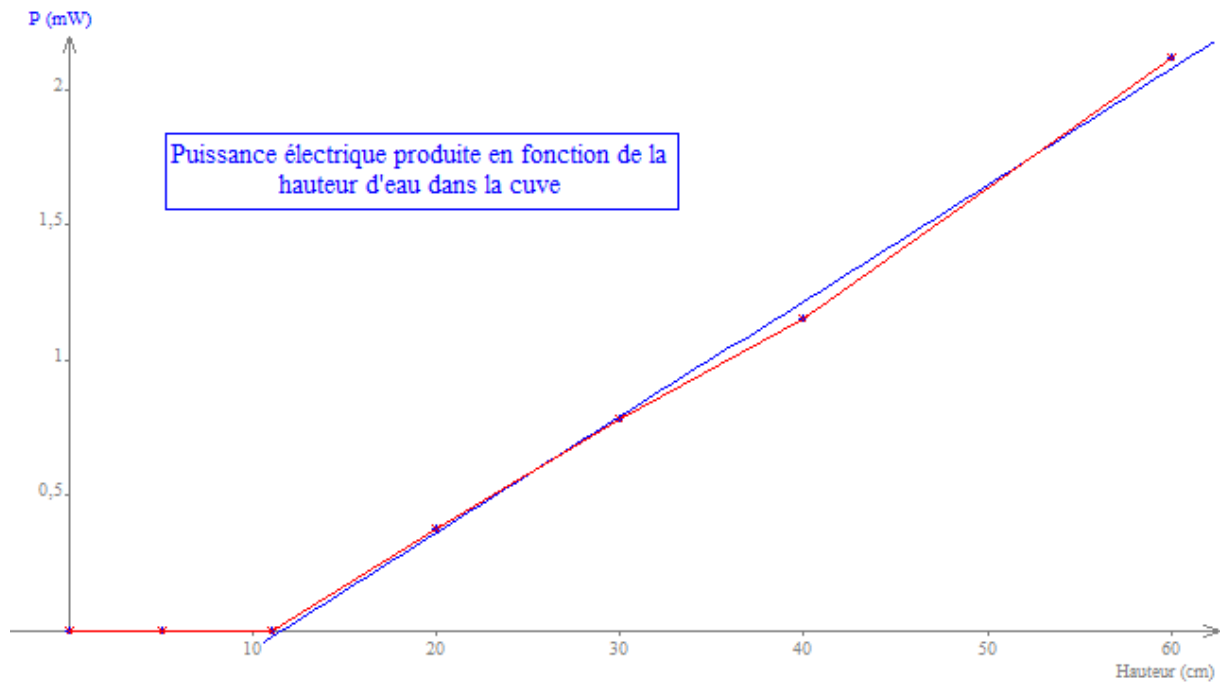
Nous avons effectués toutes les mesures simultanément par soucis de temps.

Grâce à nos mesures, nous avons alors pu tracer ces différentes courbes, la première représentant le débit en fonction de la hauteur, la seconde représentant la puissance électrique produite en fonction du débit et la troisième représentant la puissance électrique produite en fonction de la hauteur d'eau dans la cuve:



(Ecart expérience-modèle 3,9 % sur Débit(Hauteur) Ecart quad. Débit=154,1 10^3 L/min
 $V_m = 7,17 \pm 1,00$ KM=24,2 $\pm 8,4$) donc débit propor





Bleu modelisé, rouge relié

Ecart expérience-modèle

3,3 % sur $P(\text{Hauteur})$

Ecart quad. $P=48,8 \mu\text{W}$

$a=(42,7 \pm 4,0) 10^3 \text{ N.s}^{\text{a1}}$

$b=-491,00 \pm 140,00 \mu\text{W}$

(Ecart expérience-modèle 3,9 % sur Débit(Hauteur) Ecart quad. Débit= $154,1 10^3 \text{ L/min}$ $V_m=7,17 \pm 1,00 \text{ KM}=24,2 \pm 8,4$)

La courbe rouge représente la modélisation de notre courbe et la courbe bleu représente les points reliés, grâce a cette modélisation on remarque alors qu'une relation existe entre le débit et la hauteur

Cette courbe représente la puissance électrique en fonction du débit, on remarque alors que lorsque le débit est faible, aucune puissance électrique n'est produite car la turbine ne tourne que très peu, voir pas du tout. Lorsqu'un débit minimum est atteint et qu'une puissance électrique est produite, on remarque alors que la puissance électrique produite est proportionnelle au débit puisqu'à quelques erreurs près de manipulations, notre courbe obtenue est droite

Ecart expérience-modèle

3,3 % sur $P(\text{Hauteur})$

Ecart quad. $P=48,8 \mu\text{W}$

$a=(42,7 \pm 4,0) 10^3 \text{ N.s}^{\text{a1}}$

$b=-491,00 \pm 140,00 \mu\text{W}$

La courbe bleu représente la modélisation de notre courbe et la courbe rouge représente les points reliés, on remarque que la courbe représentant la puissance électrique en fonction du débit et la courbe représentant la puissance électrique en fonction de la hauteur d'eau dans la cuve ont la même allure, on en déduit donc que le débit est bien proportionnel à la hauteur

Mettre en relation les deux courbes \Rightarrow même allure donc débit est bien proportionnel à la hauteur + étude comme dans le 1 + relation

$P=42*H+491$ dire qu'il y a eu les mêmes problèmes en soulignant la règle et bien sûr dire que l'hypothèse est confirmée