

Les gouttières : récupération de l'énergie pluviale des villes



Thème: La ville
TRAN Ugo

N°: 30071

Quel dispositif permettrait de récupérer de l'énergie électrique au sein de la canalisation des gouttières ?

- 1- Elaboration d'un modèle théorique pour concevoir un système expérimental
- 2- Etude expérimentale et numérique à comparer au modèle théorique
- 3- Optimisation d'un circuit électronique pour récupérer de l'électricité



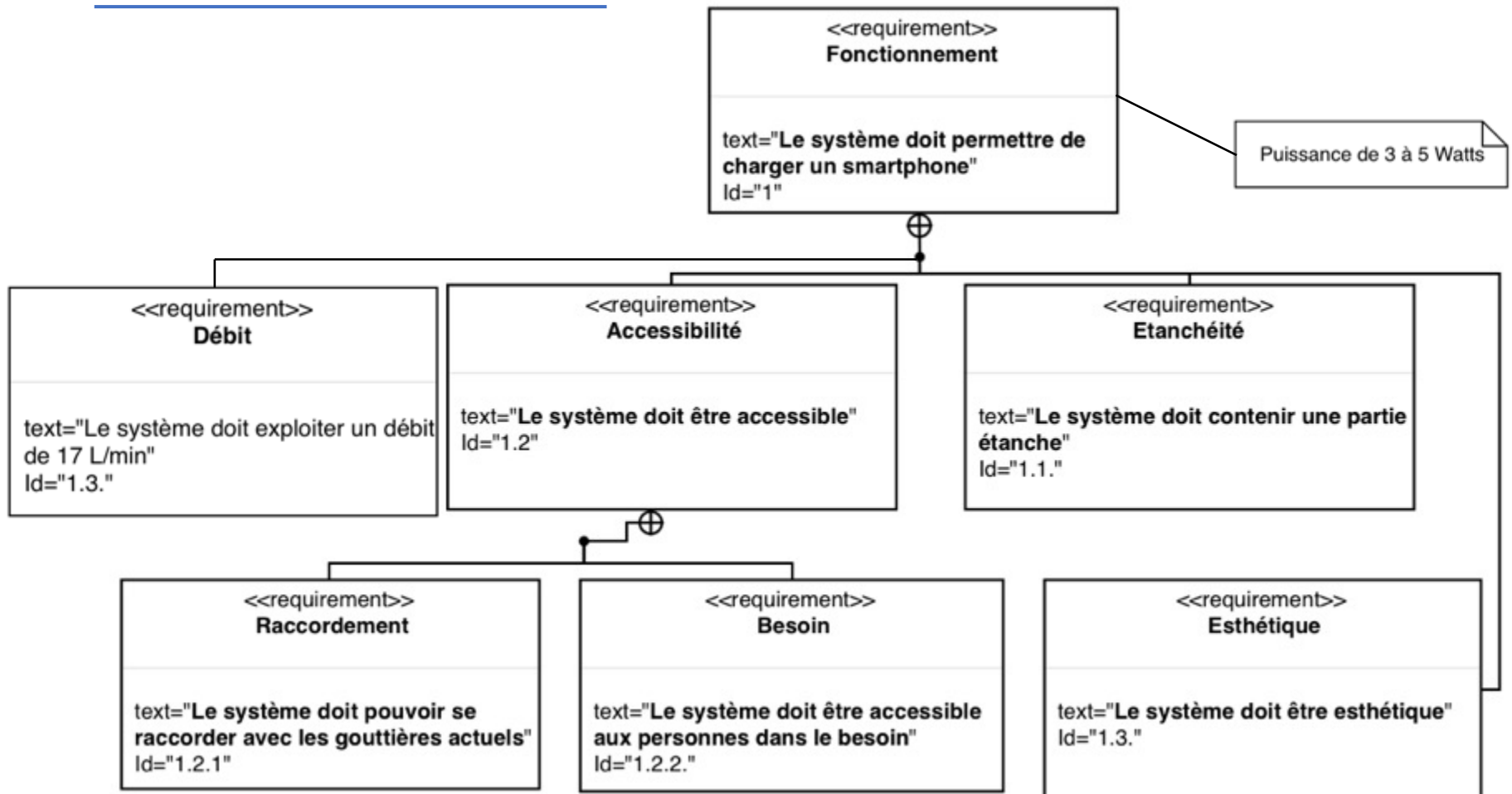
Distribution mondiale des précipitations annuelles ¹¹

mm	0-300 mm	300-500 mm	500-700 mm	700-1000 mm	1000-2100 mm	2100-4200 mm
4200-6301 mm	6301-8401 mm	8401-10501 mm	n/a			



Distributions des précipitations

Cahier des charges

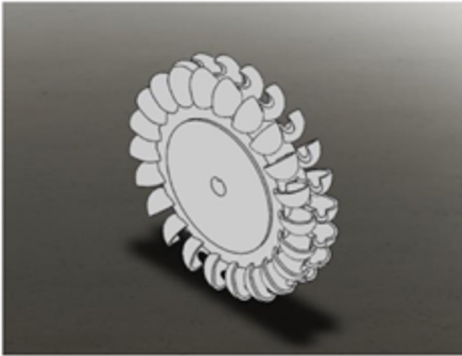


Littérature scientifique

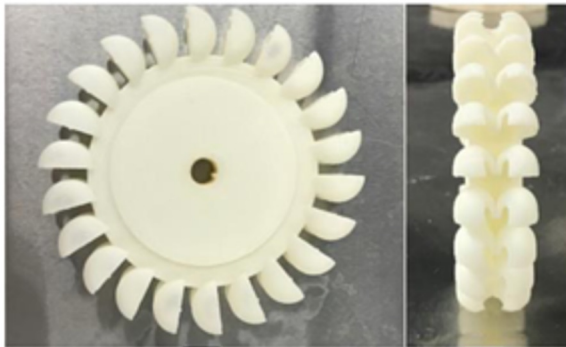
1- Modèle
théorique

2- Etude
expérimentale

3-Optimisation
d'un circuit
électronique

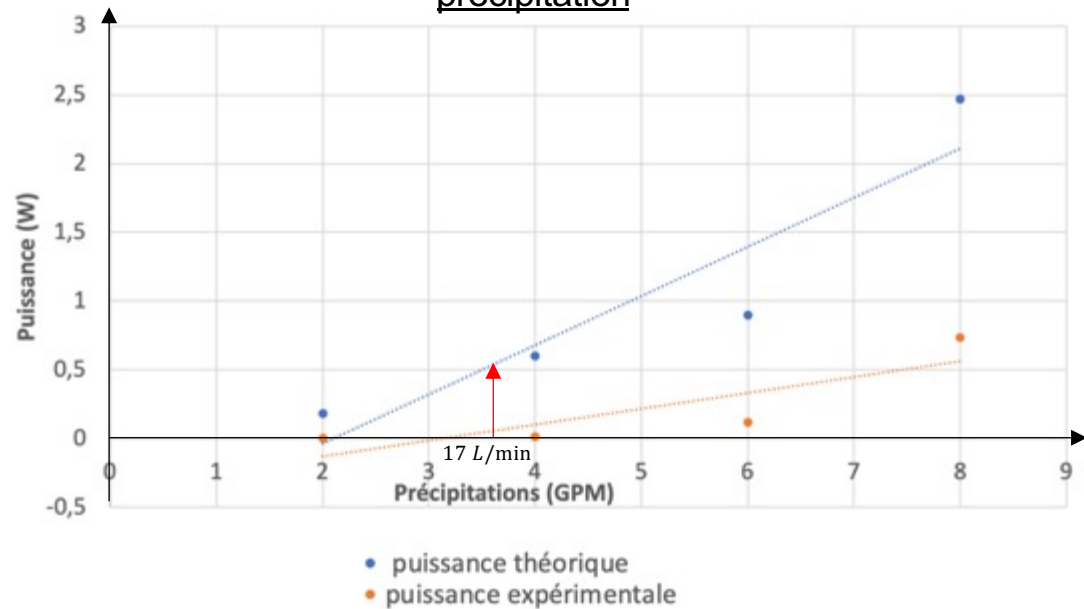


Modèle GrabCad



Modèle réel

Puissance maximale théorique et réelle calculée en fonction de la précipitation



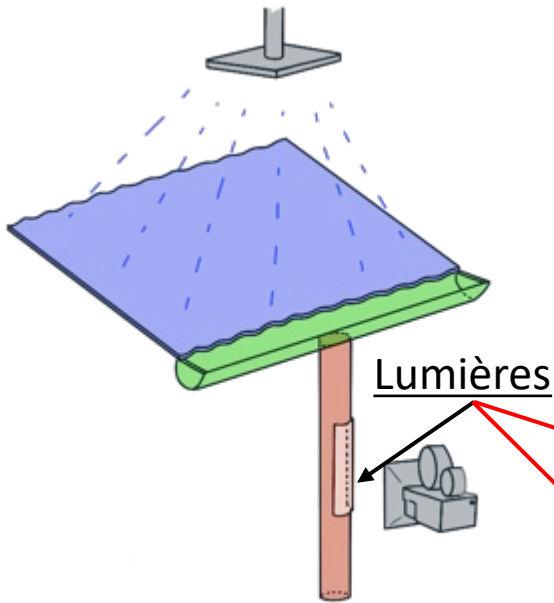
Thèse: Energy Harvesting from Rainwater

Ecoulement

1- Modèle
théorique

2- Etude
expérimentale

3-Optimisation
d'un circuit
électronique



Système A : théorique



Système A : expérimentale

Vue selon \vec{U}_z



Ecoulement sur la surface latérale
intérieure de la descente de la
gouttière

Etude théorique

1- Modèle
théorique

2- Etude
expérimentale

3-Optimisation
d'un circuit
électronique

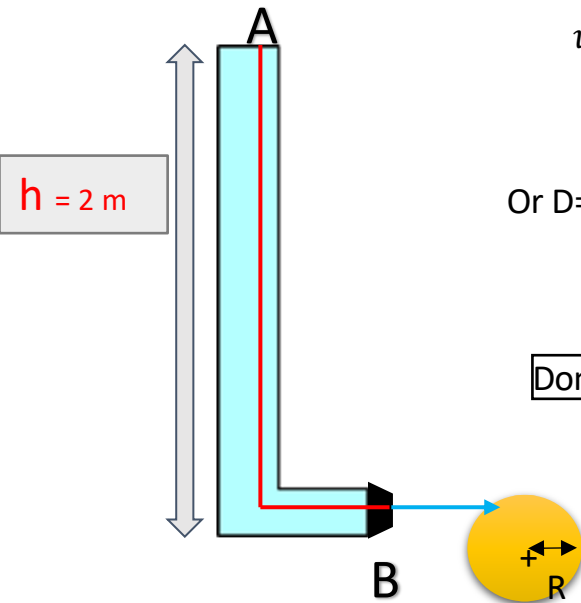
DÉBIT DISPONIBLE PENDANT LA SAISON DES PLUIES EN NOUVELLE-CALÉDONIE : 17 L/MIN

Relation de Bernoulli le long d'une ligne de courant entre A et B:

$$v = \sqrt{2 \cdot g \cdot h}$$

$$\text{Or } D = v \cdot S = v \pi r^2$$

$$\text{Donc } r = 3,8 \text{ mm}$$



Système expérimental

1- Modèle
théorique

2- Etude
expérimentale

3-Optimisation
d'un circuit
électronique

Captures d'écran SolidWorks

Propriétés de masse de Assemblage final
Configuration: Défaut
Système de coordonnées: -- par défaut --

Masse = 0.060334 kilogrammes → 60 g

Volume = 56387.186615 millimètres cubes

Superficie = 0.046982 mètres carrés

Centre de gravité: (mètres)
X = -0.005301
Y = 0.004307
Z = 0.101350

Principaux axes et moments d'inertie: (kilogrammes * mètres carrés)
Pris au centre de gravité.

lx = (0.919122, -0.393973, 0.000000)	Px = 0.000040
ly = (0.393973, 0.919122, 0.000001)	Py = 0.000040
lz = (0.000000, 0.000000, 1.000000)	Pz = 0.000072

Moments d'inertie: (kilogrammes * mètres carrés)
Pris au centre de gravité et aligné avec le système de coordonnées de sortie.

Lxx = 0.000040	Lxy = 0.000000	Lxz = 0.000000
Lyx = 0.000000	Lyy = 0.000040	Lyz = 0.000000
Lzx = 0.000000	Lzy = 0.000000	Lzz = 0.000072



58 g

Propriétés de masse de pelton turbine final
Configuration: Défaut
Système de coordonnées: -- par défaut --

Densité = 0.00000107 kilogrammes par millimètre cube

Masse = 0.05770624 kilogrammes

Volume = 53931.06493922 millimètres cubes

Superficie = 0.03638962 mètres carrés

Centre de gravité: (mètres)
X = 0.00635712
Y = 0.00000000
Z = -0.03139901

Principaux axes et moments d'inertie: (kilogrammes * mètres carrés)
Pris au centre de gravité.

lx = (0.00000104, 0.93816865, -0.34617855)	Px = 0.00002184
ly = (-0.00000196, 0.34617855, 0.93816865)	Py = 0.00002184
lz = (1.00000000, 0.00000000, 0.00000220)	Pz = 0.00004035

Moments d'inertie: (kilogrammes * mètres carrés)
Pris au centre de gravité et aligné avec le système de coordonnées de sortie.

Lxx = 0.00004035	Lxy = 0.00000000	Lxz = 0.00000000
Lyx = 0.00000000	Lyy = 0.00002184	Lyz = 0.00000000
Lzx = 0.00000000	Lzy = 0.00000000	Lzz = 0.00002184

$4,0 \cdot 10^{-5} \text{ kg/m}^2$

$7,2 \cdot 10^{-5} \text{ kg/m}^2$

Propriétés de masse pour
la Crossflow



Propriétés de masse pour la
Pelton

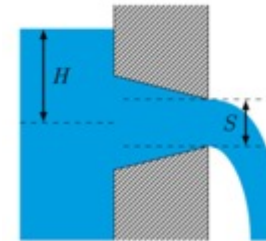
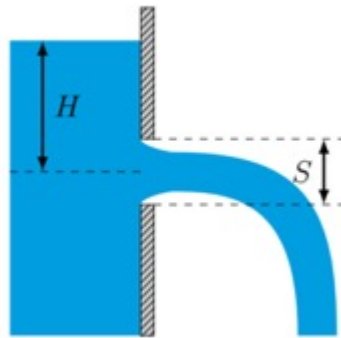
Débits

1- Modèle
théorique

2- Etude
expérimentale

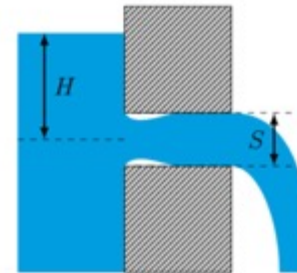
3-Optimisation
d'un circuit
électronique

Contraction de l'eau



Ecoulement turbulent

Limage des bords



Trop de
modifications

Modification de la descente

$h = 2 \text{ m}$

$D_{exp} = 12 \text{ L/min}$

Vitesses de rotation

1- Modèle
théorique

2- Etude
expérimentale

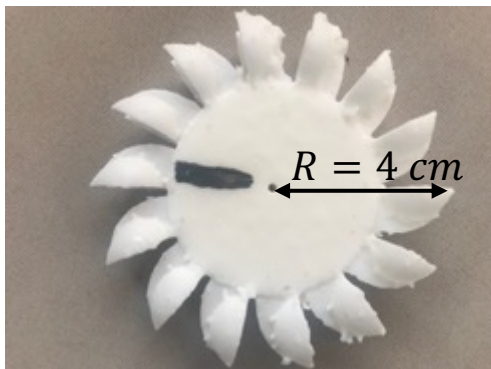
3-Optimisation
d'un circuit
électronique

Théorie

- Relation de Bernoulli:
- $v_t = \sqrt{2 \cdot g \cdot h}$
- Et $v_t = R \cdot \Omega_t$
- $\Omega_t = 1500 \text{ tr/min}$

Expérience

- $\Omega_e = 1000 \text{ tr/min}$



Vitesses de l'écoulement

1- Modèle
théorique

2- Etude
expérimentale

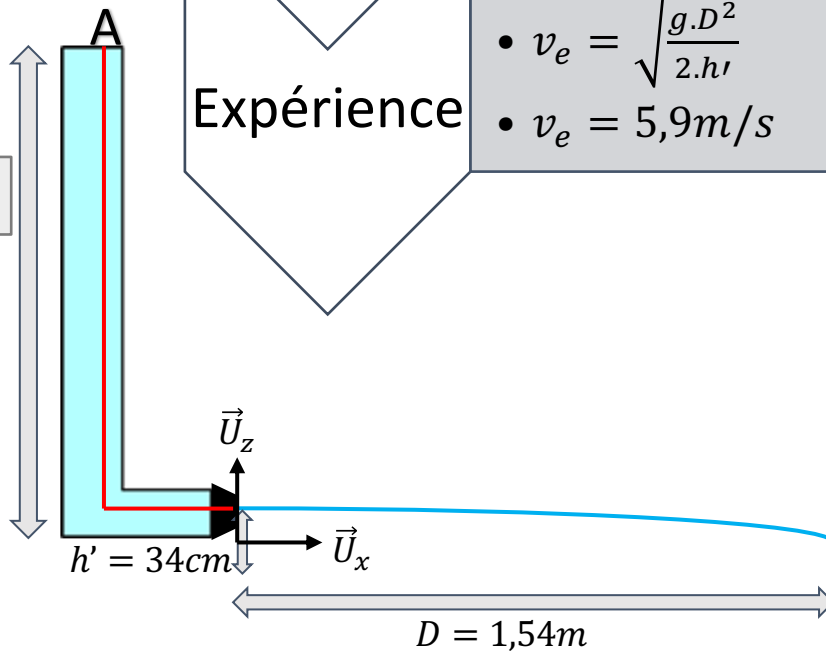
3-Optimisation
d'un circuit
électronique

Théorie

- *Relation de Bernoulli:*
- $v_t = \sqrt{2 \cdot g \cdot h}$
- $v_t = 6,3 \text{ m/s}$

Expérience

- *Equations horaires*
- $v_e = \sqrt{\frac{g \cdot D^2}{2 \cdot h'}}$
- $v_e = 5,9 \text{ m/s}$



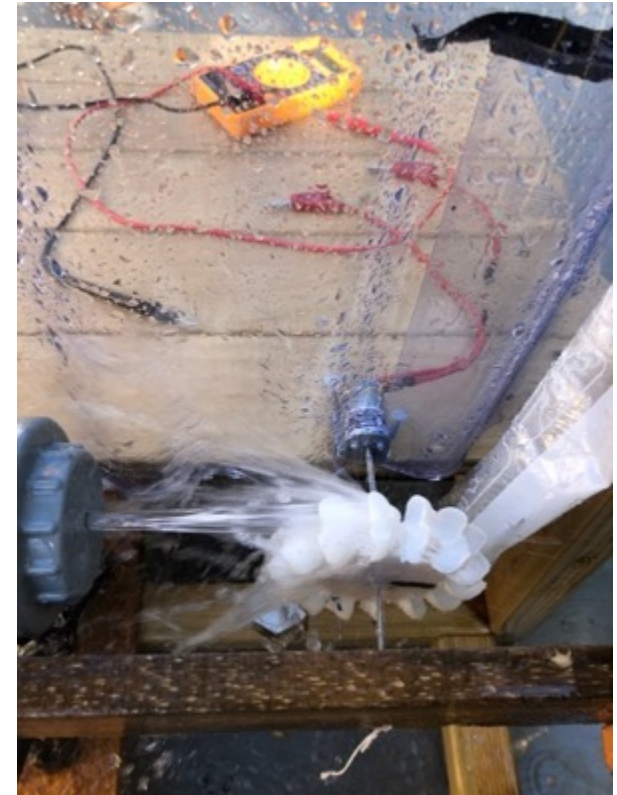
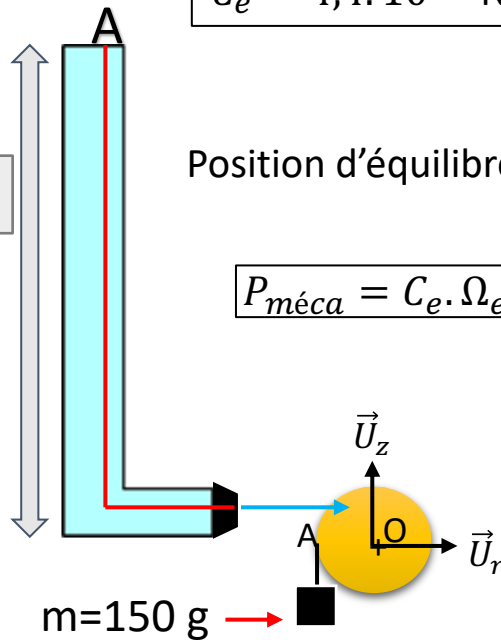
Application du TMS sur la turbine sur son
axe de rotation:

$$C_e = (R\vec{U}_r \wedge -mg\vec{U}_z) \cdot \vec{U}_\theta$$

$$C_e = 4,4 \cdot 10^{-2} \text{ N.m}$$

Position d'équilibre atteinte pour $m=150 \text{ g}$

$$P_{méca} = C_e \cdot \Omega_e = 4,7 \text{ W}$$



Puissance cinétique:

$$P_c = \frac{dEc}{dt} = \frac{1}{2} \frac{dm}{dt} v^2 = \frac{1}{2} \mu S v^3$$

Débit massique:

$$Dm = \frac{dm}{dt} = \mu S v$$

$$P_c = 4,4W$$

$$\eta_{\text{système}} = \frac{P_{\text{élec}}}{P_c} = 0,075\%$$

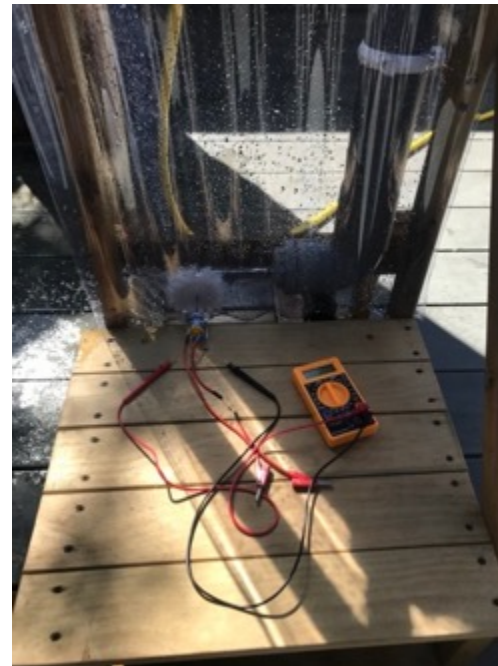
$$\eta_{\text{moteur}} = \frac{P_{\text{élec}}}{P_{\text{méca}}} = 0,07\%$$

$$\eta_{\text{turbine}} = \frac{P_c}{P_{\text{méca}}} = 94\%$$

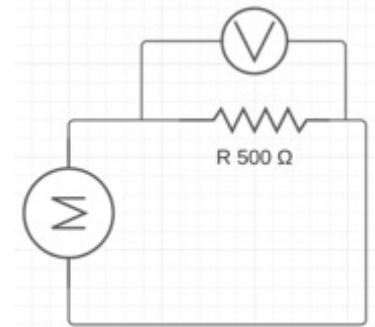
Puissance électrique:

$$P_{\text{élec}} = V.I$$

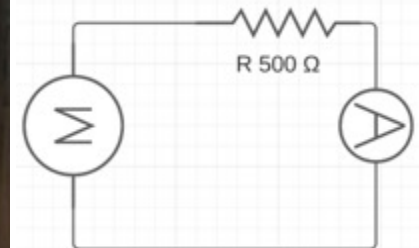
$$P_{\text{élec}} = 3,3mW$$



Mesure de la tension



Mesure du courant



Crossflow:

$$P_{\text{élec}} = 76.10^{-1} mW$$

Puissance en fonction de la résistance réelle

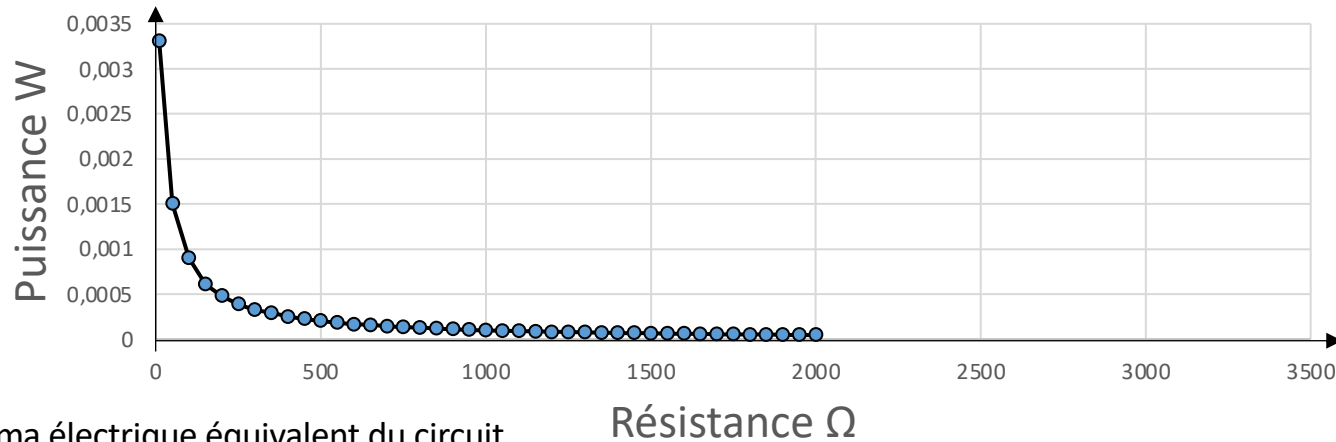
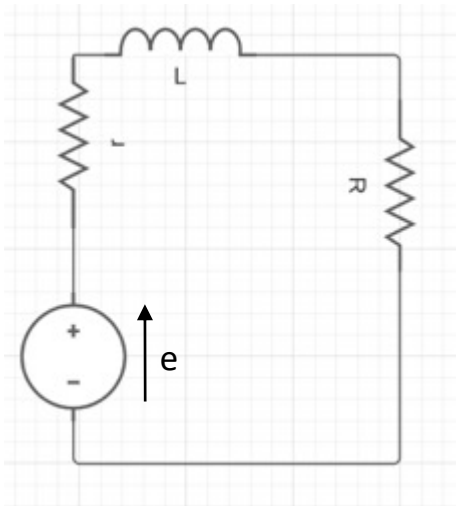


Schéma électrique équivalent du circuit



$$P(R) = \frac{R \cdot e^2}{(r + R)^2}$$

$$P'(R) = \frac{e^2(r^2 - R^2)}{(r + R)^4}$$

$$P'(R) = 0 \Leftrightarrow R = r$$

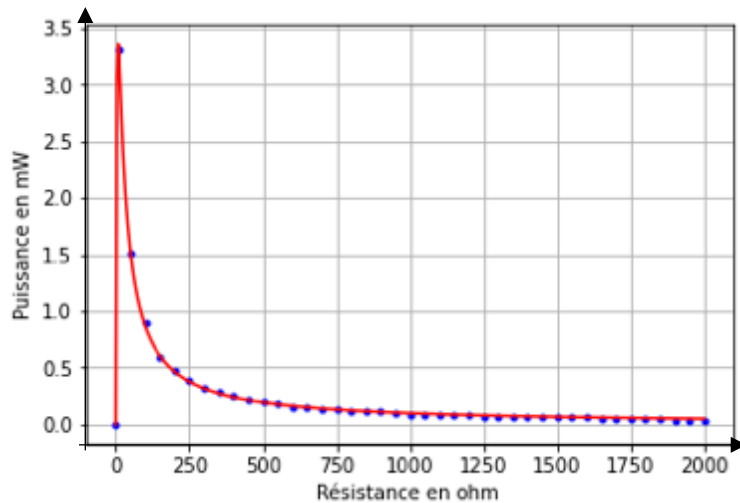
Résistance optimale

1- Modèle
théorique

2- Etude
expérimentale

3-Optimisation
d'un circuit
électronique

Puissance en fonction de la résistance
interpolée



$R_{max} = 7,4 \Omega$ numériquement

$R_{max} = 7,6 \Omega$ expérimentalement

$$\Rightarrow P_{elec} = 6,3 mW \Rightarrow$$

$$\eta_{système} = 0,14\%$$

$$\eta_{moteur} = 0,13\%$$

Crossflow:

$$P_{elec} = 2,0 mW$$

Moteur optimal

1- Modèle
théorique

2- Etude
expérimentale

3-Optimisation
d'un circuit
électronique

Puissance cinétique:

$$P_c = 4,4W$$

Puissance mécanique:

$$P_{méca} = 4,7 W$$

Puissance électrique:

$$P_{élec} = U.I$$

$$P_{élec} = 50 mW$$

$R_{max} = 8 \Omega$ expérimentalement

$$\eta_{système} = \frac{P_{élec}}{P_c} = 1,12\%$$

$$\eta_{moteur} = \frac{P_{élec}}{P_{méca}} = 1,06\%$$

$$\eta_{turbine} = \frac{P_c}{P_{méca}} = 94\%$$

Crossflow:

$$P_{élec} = 20 mW$$

Dynamo de vélo (moteur à aimant
permanant)



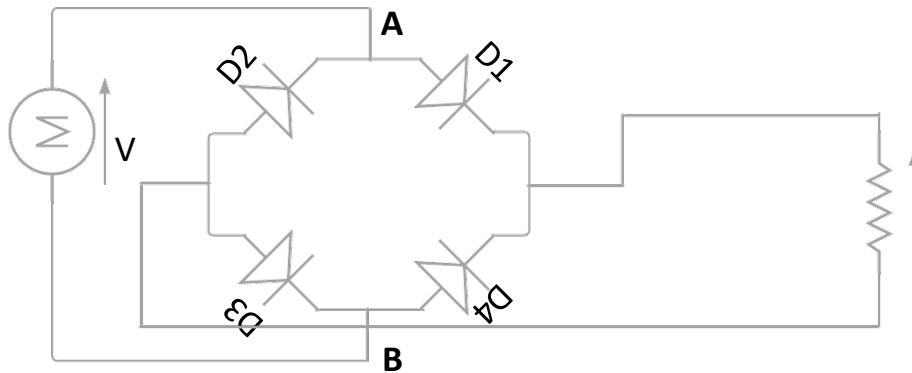
Etude théorique
du redresseur

1- Modèle
théorique

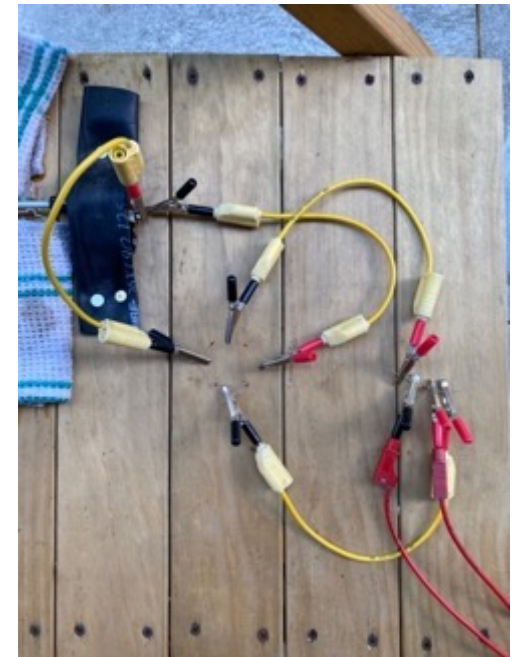
2- Etude
expérimentale

3-Optimisation
d'un circuit
électronique

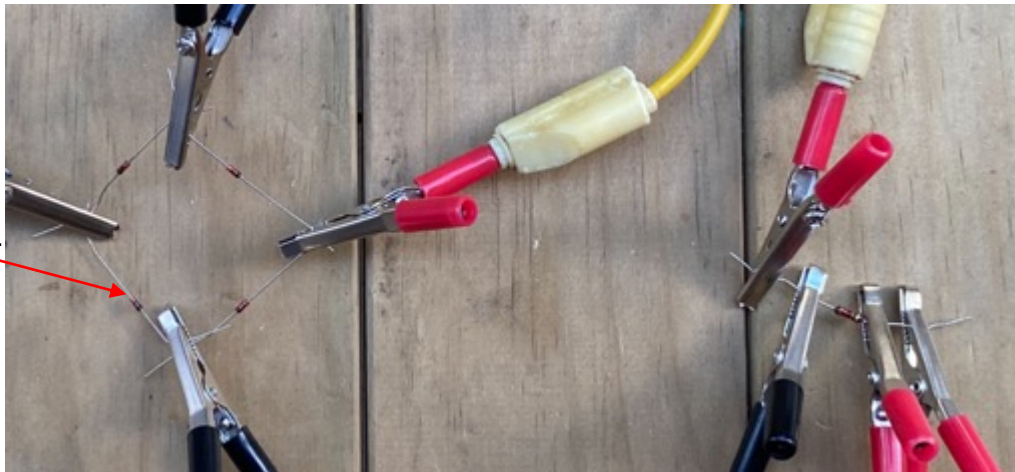
Schéma électrique équivalent du
redressement double alternance à pont
de diodes



Redressement double alternance à pont
de diodes expérimental



Diodes T4148



Zoom du système expérimentale

Etude redresseur
et lisseur

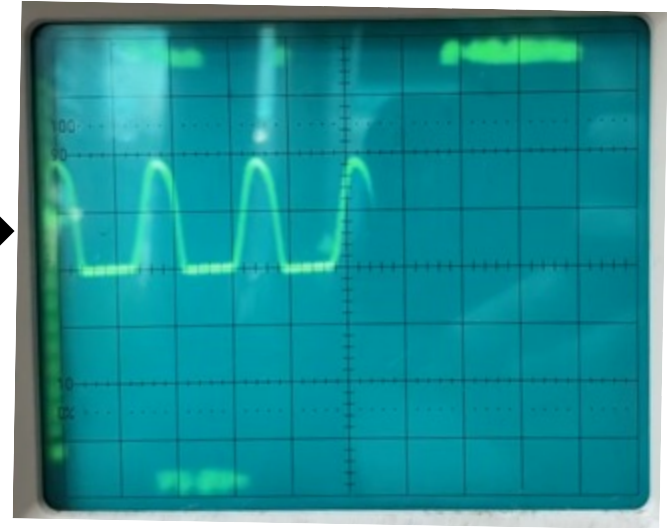
1- Modèle
théorique

2- Etude
expérimentale

3-Optimisation
d'un circuit
électronique

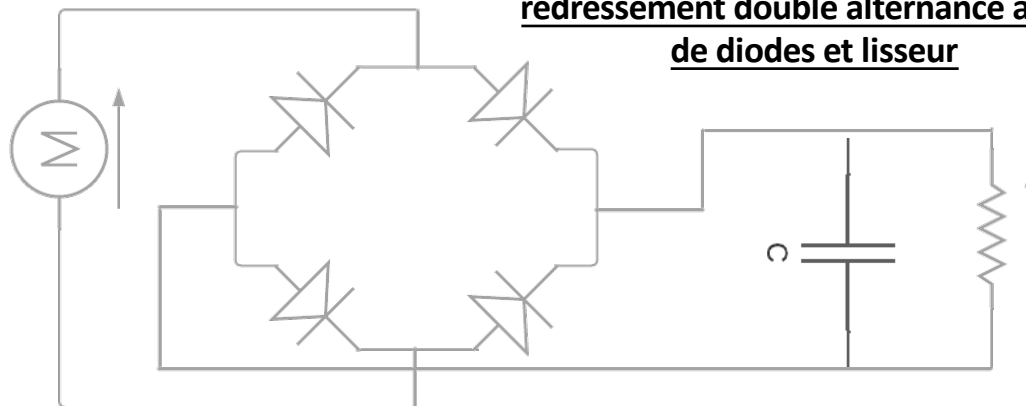


Signal de la tension en sortie du
moteur non redressé



Signal de la tension en
sortie du moteur redressé

Schéma électrique équivalent du
redressement double alternance à pont
de diodes et lisseur



Etude redresseur
et lisseur

1- Modèle
théorique

2- Etude
expérimentale

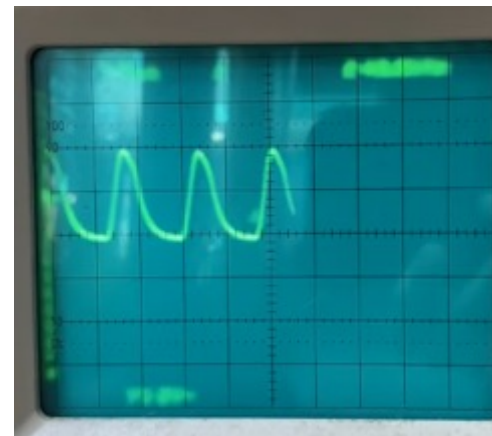
3-Optimisation
d'un circuit
électronique



Redressement double alternance à pont
de diodes et lisseur expérimental



Signal de la tension en sortie du
moteur redressé et non lissé



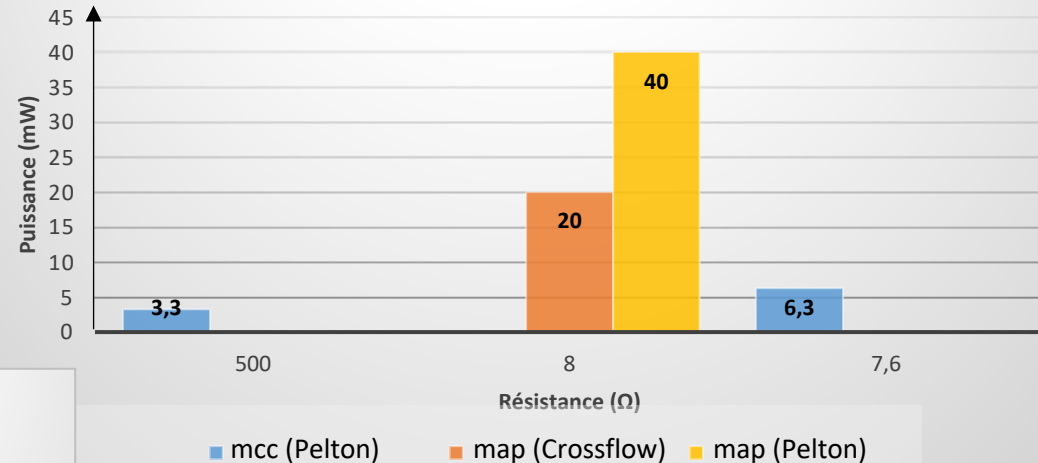
Signal de la tension en sortie du
moteur redressé et lissé

$$\tau = R.C$$

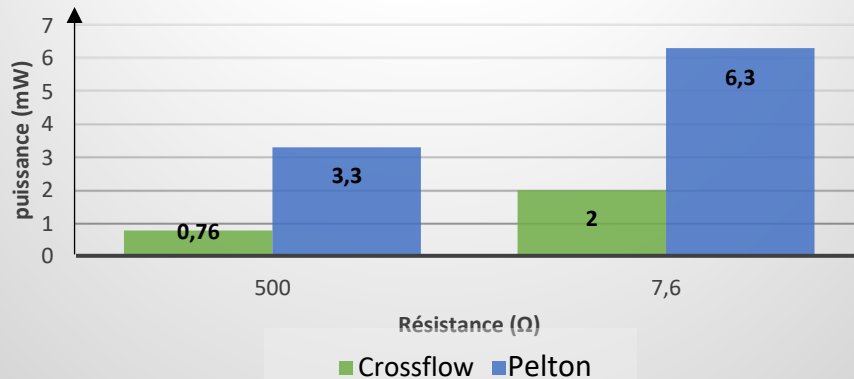
Conclusion:



Puissance électrique développée par le système



Puissance électrique exploitable avec mcc



Autres paramètres étudiés:
-étude de la zone d'impact
-étude des caractéristiques du moteur idéal