

Tableau 27 : Pression au niveau de la vitre
Janvier 2005

Date	3	4	5	21	29
Débit Q (l/h) .10 ⁻⁵ (m ³ /s)	261	270	252	234	216
	7,25	7,50	7,00	6,50	6,00
Nombre de Reynolds	3619	3743	3494	3244	2995
$h_1 \cdot 10^{-2}$ (m)	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
$h_2 \cdot 10^{-2}$ (m)	3,6	3,7	3,5	3,4	3,2
P_1 (N/m ²)	204,96	214,72	195,20	185,40	165,90

Chacune des valeurs de h_2 est obtenue en faisant la moyenne de quatre prises de mesures successives et en adoptant une erreur de lecture de ± 1 mm.

La pression P_1 ainsi obtenue , à une translation près, représente celle qui se produit au niveau de la chambre où la remontée d'eau est observée . Il faut en effet noter qu'en l'absence du puisard , un écoulement souterrain passe sous la fondation de la maison . L'existence d'un milieu de grande résistance fait dévier sa trajectoire vers le plancher de la chambre . Ce phénomène est identique à celui qui se produit au niveau de la vitre lorsque l'orifice de la conduite cylindrique est fermé .

Les deux figures qui suivent donnent la similitude des phénomènes se produisant entre le jet d'eau et la remontée d'eau dans la chambre .

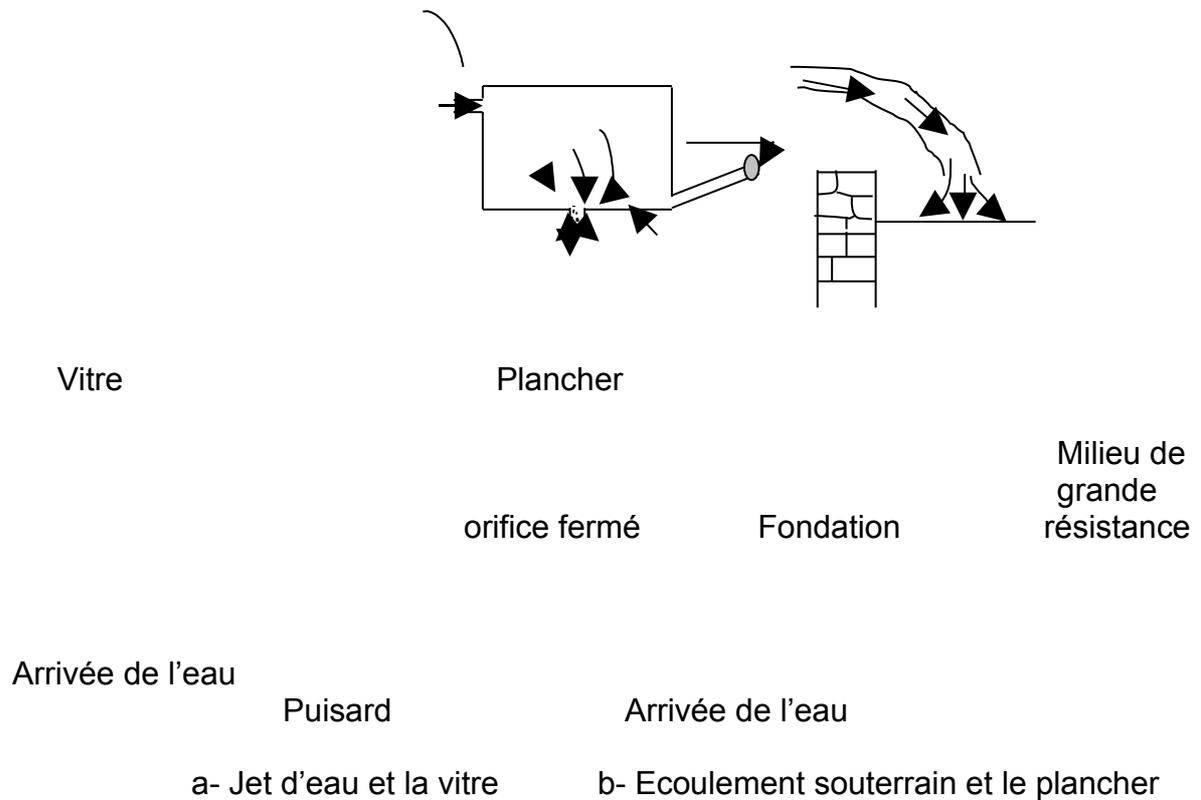
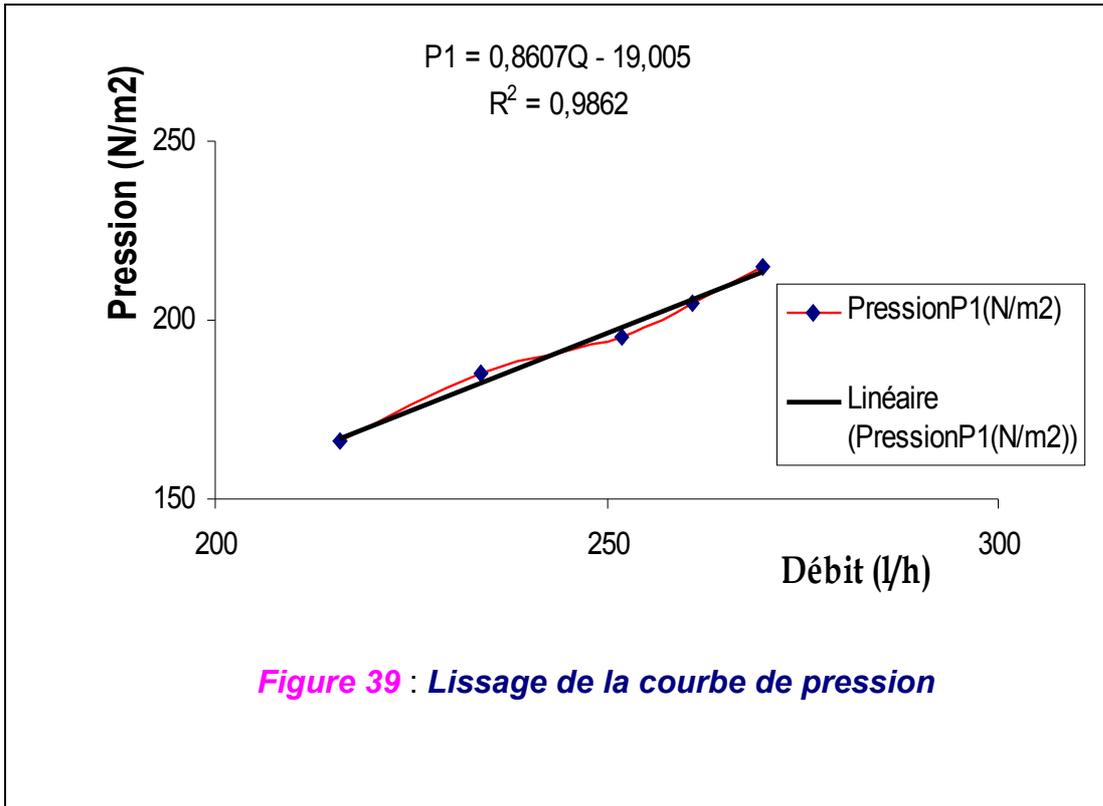


Figure 38 : Similitude entre le jet d'eau et la remontée d'eau

Le Tableau 27 permet de faire la représentation graphique de la pression P_1 en fonction du débit Q (Figure 38) . Avec un carré de corrélation $R^2 = 0,9862$ voisine de l'unité , la courbe peut être lissée par :

$$P_1 = 0,8607 Q - 19,005 \quad (44)$$

Cette équation permet d'obtenir la pression P_1 en ne tenant plus compte des valeurs de h_1 et h_2 (43) . Elle ne considère que le débit Q .



A titre de vérification (Tableau 28) , les valeurs de P_1 données par (43) sont comparées avec celles obtenues par (44) .

Tableau 28 : Comparaison des pressions données par (43) et (44)

(l/h)	216	234	252	261	270
Débit Q					
$10^{-5} (m^3/s)$	6,00	6,50	7,00	7,25	7,50
$P_1 (N/m^2)$					
Eq (42)	165,90	185,40	195,20	204,96	214,72
$P_1 (N/m^2)$					
Eq (43)	166,91	182,40	197,89	205,64	213,38
Incertitude %	0,61	1,60	1,37	0,33	0,62

Cette comparaison montre que les incertitudes sont inférieures à 2 % . Par conséquent , l'équation (44) peut être exploitée pour calculer la pression P_1 quand on connaît le débit . Dans ce cas on ne tient plus compte de la hauteur h_2 du jet d'eau .

Ce résultat revêt alors une importance particulière en ce sens qu'on peut toujours avoir la pression P_1 chaque fois que le débit Q à la sortie du puisard est connu .

VII – 2 HAUTEUR DU JET D'EAU

La hauteur h_2 du jet d'eau peut être obtenue à partir de la relation (41) :

$$h_2 = h_1 + \frac{128 \nu l Q}{\pi D^4 g} \quad (45)$$

Les valeurs calculées (Tableau 29) sont également comparées avec celles mesurées à partir du jet d'eau .

Tableau 29 : **Comparaison des valeurs de h_2 mesurées et calculées par (45) avec $l=1,5m$**

(l/ h)	216	234	252	261	270
Débit Q $10^{-5}(m^3/s)$	6,00	6,50	7,00	7,25	7,50
$h_2 .(10^{-2}m)$ mesurées	3,20	3,40	3,50	3,60	3,70
$h_2 (10^{-2}m)$ Eq (45)	2,89	3,00	3,12	3,16	3,23
Incertitude %	9,68	11,76	11,17	12,22	12,70

Ce tableau montre que les écarts des valeurs sont importants . Il est cependant possible de modifier la longueur l ou le diamètre D de la conduite cylindrique d'évacuation du puisard pour avoir des incertitudes inférieures à 5% .

On peut facilement considérer la longueur l et non pas son diamètre D car les dimensions des conduites en PVC sont normalisées . En refaisant les calculs à partir de (45) , on trouve $l = 1,9m$ au lieu de $1,5m$. En adoptant cette nouvelle longueur , on obtient le Tableau 30 .

Tableau 30 : Comparaison des hauteurs h_2 mesurées et calculées par (45) avec $l = 1,9m$

(l/ h)	216	234	252	261	270
Débit Q $10^{-5} (m^3/s)$	6,00	6,50	7,00	7,25	7,50
$h_2 10^{-2} (m)$ mesurées	3,20	3,40	3,50	3,60	3,70
$h_2 10^{-2} (m)$ Eq (44)	3,26	3,41	3,55	3,63	3,69
Incertitude %	1,80	0,29	1,42	0,83	0,27

Ce tableau montre qu'avec la nouvelle longueur $l = 1,9m$ les écarts des valeurs sont très faibles . Les incertitudes sont inférieures à 2% . En remplaçant chaque terme de (45) par sa valeur , on obtient l'expression générale suivante :

$$h_2 = 293,309 Q + 0,015 \quad (46)$$

où h_2 est exprimé en m et Q en $m^3.s^{-1}$.

Cette expression est également importante car elle permet de prévoir la hauteur du jet d'eau en fonction du débit uniquement lorsqu'on donne à la conduite cylindrique d'évacuation la nouvelle longueur égale à 1 9 m .

CHAPITRE VIII

ROTATION D'UNE PETITE MACHINE HYDRAULIQUE

Lorsque la vitre est fermée hermétiquement et l'orifice d'évacuation du puisard ouvert , il est possible d'obtenir la rotation d'une petite machine hydraulique .

VIII-1 ROTATION D'UN MODELE REDUIT D'UNE TURBINE PELTON

L'eau sort par l'orifice d'évacuation du puisard sous forme de jet . Pendant plusieurs jours du mois de Janvier et Février 2005, elle peut faire tourner un modèle réduit d'une turbine Pelton (Photo 4).

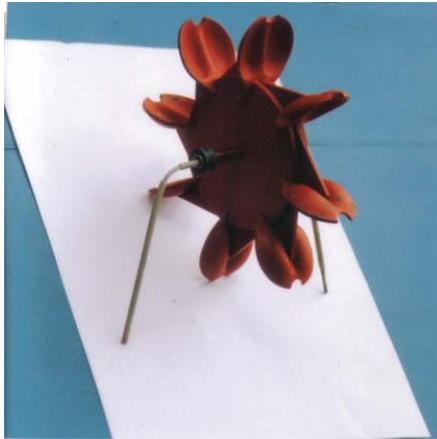


Photo 4 : Modèle réduit d'une turbine Pelton

Une turbine Pelton est une machine hydraulique (Annexe 4) utilisant l'énergie d'une chute d'eau pour faire tourner un alternateur en vue de la production d'électricité .

Ne disposant pas d'un petit alternateur assez sensible pour arriver à cette fin , nous nous sommes contentés de montrer que le jet libre sortant de l'orifice d'évacuation du puisard admet une certaine puissance capable de faire tourner un modèle réduit de turbine Pelton qui peut entraîner en rotation un petit pulvérisateur d'insecticide (Photo 5) .

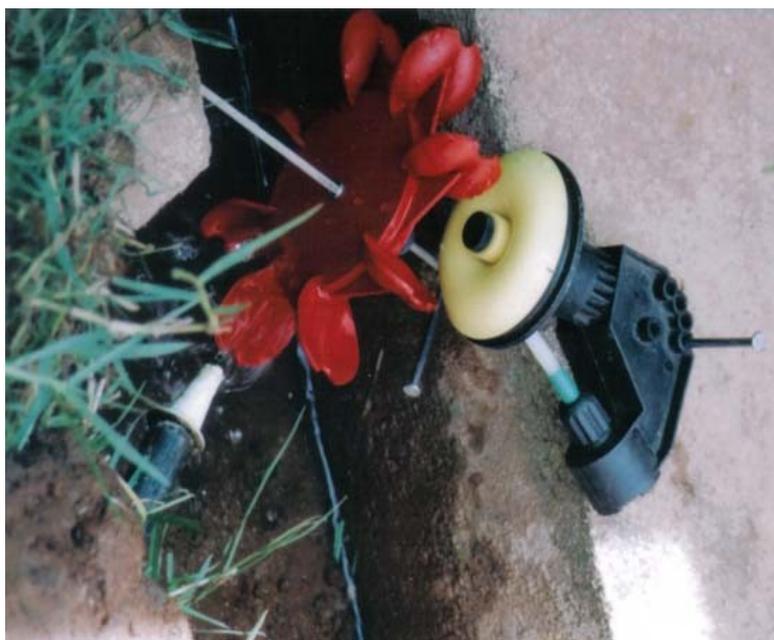


Photo 5 : Convergent , Turbine et Pulvérisateur d' insecticide**VIII- 2 CARACTERISTIQUES DE LA TURBINE PELTON**

C'est un modèle réduit fabriqué en PVC. Il est caractérisé par :

nombre d'augets	: 8
diamètre intérieur	: 900 mm
diamètre extérieur	: 1700 mm
alésage de l'axe	: 6 mm
arbre de transmission de longueur	: 30 mm
diamètre de la poulie en bout d'arbre	: 15 mm
masse	: 150g

Il est bon de préciser que l'unité de longueur en Mécanique est le millimètre .Pour ne pas trahir cette convention , nous l'avons également adoptée .

VIII - 3 VUE D'ENSEMBLE DE L'INSTALLATION

Un convergent en PVC de diamètre intérieur 7mm est placé à la sortie de la conduite cylindrique d'évacuation du puisard . Jouant le rôle d'injecteur, il permet de donner d'une part un jet libre de section circulaire et d'autre part de diriger le fluide sur la roue suivant une direction convenable pour une efficacité optimale. Ce convergent doit conserver le débit Q , alors la vitesse doit nécessairement augmenter, en effet :

$$Q = V_0 S_0 = V_c S_c$$

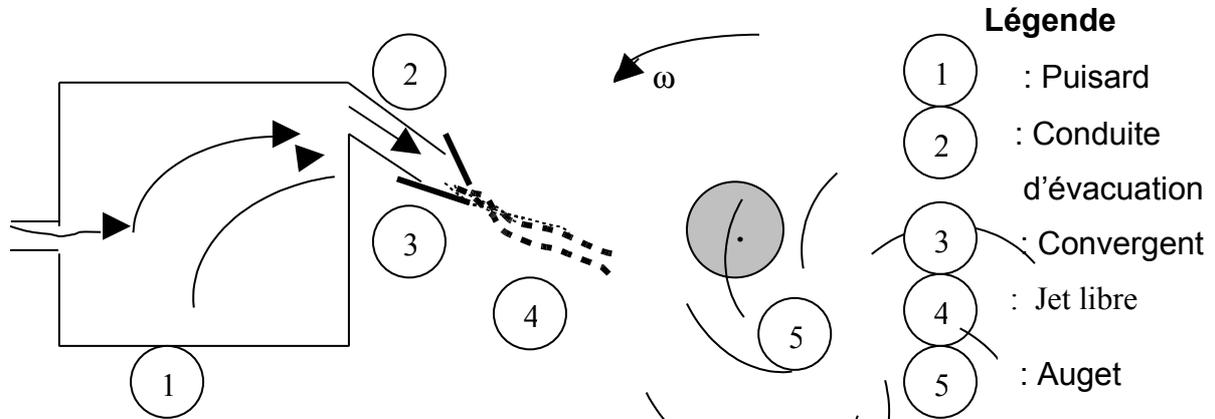
d' où :

$$V_c = \frac{Q}{S_c} \qquad V_0 = \frac{Q}{S_0}$$

Avec V_c la vitesse à la sortie du convergent et V_0 celle qui se produit au niveau de la conduite cylindrique. S_c et S_0 représentent respectivement la section du convergent et

celle de l'orifice de la conduite cylindrique . Comme S_c est inférieure à S_0 , il en résulte que V_c est supérieure à V_0 .

La Figure 40 donne une vue de cette installation .



VIII.4 PUISSANCE RECUEILLIE PAR LA TURBINE

Figure 40 : Vue d'ensemble du Puisard – Conduite cylindrique – Roue Pelton

En appelant V_{\max} la vitesse maximale de l'écoulement se produisant le long de l'axe de la conduite d'évacuation du puisard , on a d'après (32) :

$$V_{\max} = \frac{(P_1 - P_2) R^2}{1 \cdot 4\mu}$$

La puissance maximale reçue par la turbine est établie dans l'Annexe 4 :

$$P_{e \max} = q \frac{V_{\max}^2}{2}$$

Et d'une façon plus explicite , on obtient :

$$P_{e \max} = q \left(\frac{P_1 - P_2}{1} \right)^2 \frac{R^4}{32\mu} = \rho Q \left(\frac{P_1 - P_2}{1} \right)^2 \frac{R^4}{32\mu} = \rho \frac{Q V_{\max}^2}{2} \quad (47)$$

où Q représente le débit en volume de l'écoulement et q son débit en masse.

VIII-5 DEBIT D'ENERGIE CINETIQUE DU FLUIDE

Pour interpréter l'effet du jet libre sortant du convergent il est intéressant de connaître le débit d'énergie cinétique qui n'est autre que l'énergie cinétique du fluide sortant par le convergent par unité de temps, Il se calcule par :

$$d\xi = E_c v dS \quad (48)$$

où :

$dS = 2\pi r dr$ l'aire d'une couronne circulaire représentant la surface élémentaire de la section de sortie de l'eau.

$E_c = \frac{1}{2} \rho V^2$ l'énergie cinétique du fluide animé de la vitesse V pour une unité de volume .

En tenant compte de tous ces résultats intermédiaires, l'intégration de (48) s'écrit :

$$\xi = \frac{\pi \rho (P_1 - P_2)^3}{64 \mu^3 l^3} \int_0^R r (R^2 - r^2)^3 dr$$

Moyennant les expressions de Q et V_{\max} données respectivement par (31) et (32), on obtient finalement :

$$\xi = \rho Q \frac{V_{\max}^2}{4} \quad (49)$$

L'équation aux dimensions de ξ

$$[\xi] = M L^2 T^{-3}$$

montre que le débit d'énergie cinétique est homogène à une puissance.

La comparaison de (47) à (49) permet d'écrire :

$$P_{e \max} = 2 \xi \quad (50)$$

Cette expression montre que la puissance maximale reçue par la turbine est le double du débit de l'énergie cinétique .

**Tableau 31: Débit d'énergie cinétique et puissance reçue par la turbine
Janvier 2005**

Date	Débit Q		V _{max} (m/s)	ξ (W)	P _{e max} (W)
	(l/h)	10 ⁻⁵ (m ³ /s)			
1	216,0	6,00	3,12	0,146	0,292
2	252,0	7,00	3,64	0,170	0,340
3	261,0	7,25	3,77	0,176	0,352
4	270,0	7,50	3,90	0,182	0,364
5	252,0	7,00	3,64	0,170	0,340
6	189,0	5,25	2,73	0,127	0,251
7	162,0	4,50	2,34	0,109	0,218
8	162,0	4,50	2,34	0,109	0,218
9	144,0	4,00	2,08	0,097	0,194
10	180,0	5,00	2,60	0,122	0,244
11	225,0	6,25	3,25	0,152	0,304
12	252,0	7,00	3,64	0,170	0,340
13	180,0	5,00	2,60	0,122	0,244
14	180,0	5,00	2,60	0,122	0,244
15	198,0	5,50	2,86	0,134	0,268
16	198,0	5,50	2,86	0,134	0,268
17	180,0	5,00	2,60	0,122	0,244
18	180,0	5,00	2,60	0,122	0,244
19	216,0	6,00	3,12	0,146	0,292
20	216,0	6,00	3,12	0,146	0,292
21	234,0	6,50	3,38	0,158	0,316
22	167,4	4,65	2,42	0,113	0,226
23	153,0	4,25	2,21	0,103	0,206
24	152,5	4,23	2,20	0,102	0,204
25	198,0	5,50	2,86	0,134	0,268
26	180,0	5,00	2,60	0,122	0,244
27	191,2	5,31	2,76	0,129	0,258

28	216,0	6,00	3,12	0,146	0,292
29	216,0	6,00	3,12	0,146	0,292
30	216,0	6,00	3,12	0,146	0,292
31	180,0	5,00	2,60	0,122	0,244

**Tableau 32: Débit d'énergie cinétique et puissance reçue par la turbine
Février 2005**

Date	Débit Q		V _{max} (m/s)	ξ (W)	P _{e max} (W)
	(l/h)	10 ⁻⁵ (m ³ /s)			
1	180,0	5,00	2,60	0,122	0,244
2	162,0	4,50	2,34	0,109	0,218
3	162,0	4,50	2,34	0,109	0,218
4	180,0	5,00	2,60	0,122	0,244
5	180,0	5,00	2,60	0,122	0,244
6	180,0	5,00	2,60	0,122	0,244
7	180,0	5,00	2,60	0,122	0,244
8	180,0	5,00	2,60	0,122	0,244
9	198,0	5,50	2,86	0,134	0,268
10	198,0	5,50	2,86	0,134	0,268
11	216,0	6,00	3,12	0,146	0,292
12	216,0	6,00	3,12	0,146	0,292
13	198,0	5,50	2,86	0,134	0,268
14	198,0	5,50	2,86	0,134	0,268
15	189,0	5,25	2,73	0,127	0,254
16	180,0	5,00	2,60	0,122	0,244
17	180,0	5,00	2,60	0,122	0,244
18	180,0	5,00	2,60	0,122	0,244
19	180,0	5,00	2,60	0,122	0,244
20	180,0	5,00	2,60	0,122	0,244
21	180,0	5,00	2,60	0,122	0,244
22	162,0	4,50	2,34	0,109	0,218
23	162,0	4,50	2,34	0,109	0,218
24	162,0	4,50	2,34	0,109	0,218
25	162,0	4,50	2,34	0,109	0,218
26	162,0	4,50	2,34	0,109	0,218
27	162,0	4,50	2,34	0,109	0,218
28	162,0	4,50	2,34	0,109	0,218

Ces tableaux donnent les valeurs du débit d'énergie cinétique et la puissance reçue par la roue Pelton pendant les mois de Janvier et Février 2005.

Ils montrent également que , pour l'ensemble formé par le puisard-conduite d'évacuation - turbine Pelton, le fluide ne peut satisfaire que les 50% de la puissance utile pour faire tourner la roue Pelton. Ce qui nous paraît une bonne performance en ce sens qu'une turbine Pelton est appelée à être utilisée pour des chutes d'eau de grande hauteur , alors que pour notre cas , la pression est due à un écoulement souterrain .

Nous pouvons toutefois retenir que **l'installation peut provoquer la rotation d'une petite machine hydraulique même si elle ne peut pas fournir de bon rendement .**

VIII-6 CONCLUSION

A l'issue de cette quatrième partie , il est intéressant de mettre en relief les résultats suivants :

- obtention de la pression contre la vitre fermant la partie supérieure du puisard et par conséquent celle qui se produit au niveau du plancher faisant l'objet de la remontée d'eau .
- modélisation de la paroi interne de la nappe obtenue à partir de l'étude de la hauteur maximale h_{max} et du débit Q .
- rotation d'un modèle réduit d'une turbine Pelton lorsque le nombre de Reynolds de l'écoulement est important .