

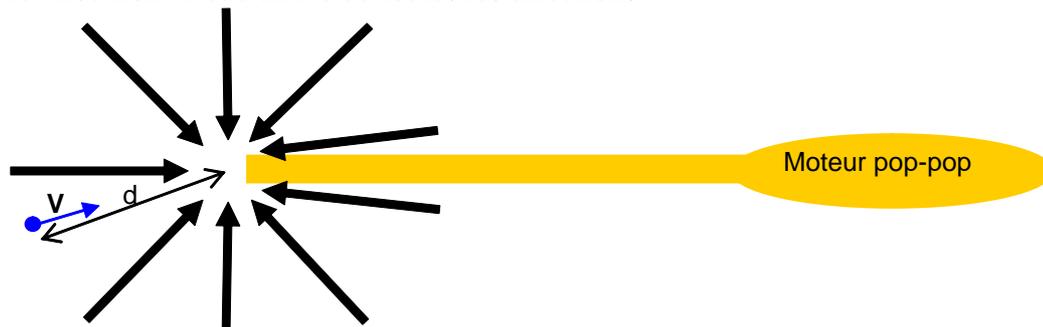
Fonctionnement d'un hydrojet pulsé

Par Jean-Yves

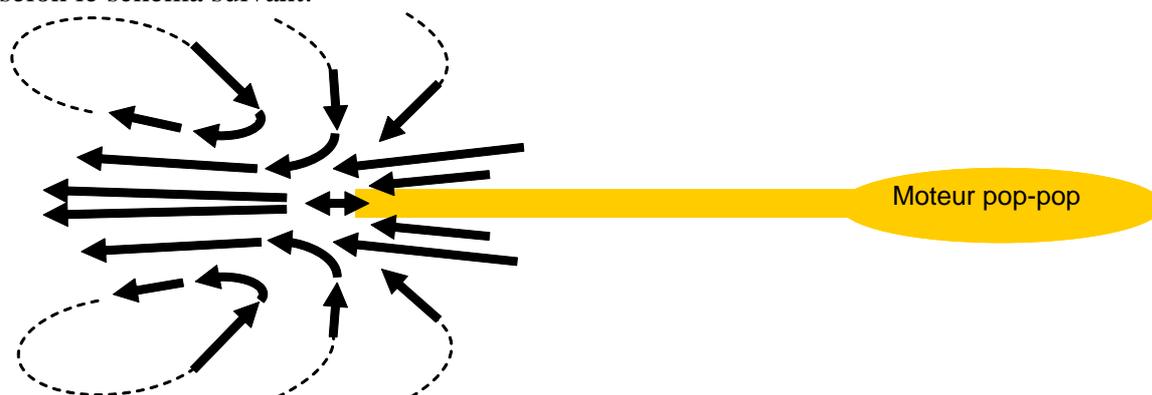
Dans la phase de propulsion l'eau éjectée à grande vitesse entraîne l'eau avoisinante et "s'appuie" sur l'eau située en face du jet. (Bernoulli et Venturi ont encore frappé !).



Dans la phase de relaxation une dépression se forme à l'extrémité de la tuyère. Pour combler ce "trou noir" l'eau arrive de toutes les directions.



Globalement (application du théorème de superposition) les filets d'eau se déplacent selon le schéma suivant:



Nous avons pu le vérifier d'une part en examinant la trajectoire de petites particules (poussières de charbon) saupoudrées dans le bac d'essai, et d'autre part à l'aide du micro corps-mort photographié ci-dessous.



Ce corps-mort est constitué d'une masse (2g) reposant au fond du bac et d'un petit flotteur en polyuréthane maintenu à une distance réglable du fond par un petit fil à coudre et une clavette.

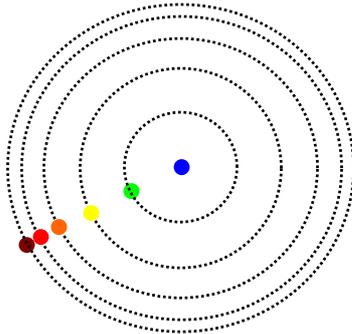
Lorsque le flotteur est soumis à un courant d'eau (par exemple dans l'axe de la tuyère) le fil prend une inclinaison qui évolue avec la vitesse de l'eau.

Lorsque le flotteur est pris dans un tourbillon il décrit un mouvement plus ou moins elliptique qui confirme le schéma ci-dessus.

Nota : Ce qui vient d'être décrit et ce qui va suivre concerne une tuyère suffisamment immergée et dégagée des formes arrière du bateau. Si ce n'est pas le cas le résultat pourra être sensiblement différent ; surtout pendant la phase de relaxation. En effet, dans cette phase la tuyère créera une déclivité juste au-dessus de son extrémité et pourra aller jusqu'à aspirer de l'air.

Le fonctionnement de la phase de propulsion est intuitif. Chacun sait que lorsqu'il tient un tuyau d'arrosage ou une pomme de douche il exerce un effort pour contrer celui du jet d'eau. Par contre, le fait qu'aucun effort n'est ressenti dans la phase de relaxation mérite d'être expliqué.

Considérons autour de l'extrémité de la tuyère des sphères concentriques.



La plus petite sphère a le volume A, la suivante 2A, la troisième 3A...

L'eau étant aspirée au centre, une goutte occupe successivement (à intervalles de temps réguliers) les positions représentées en marron, rouge, orange, jaune, vert, bleu.

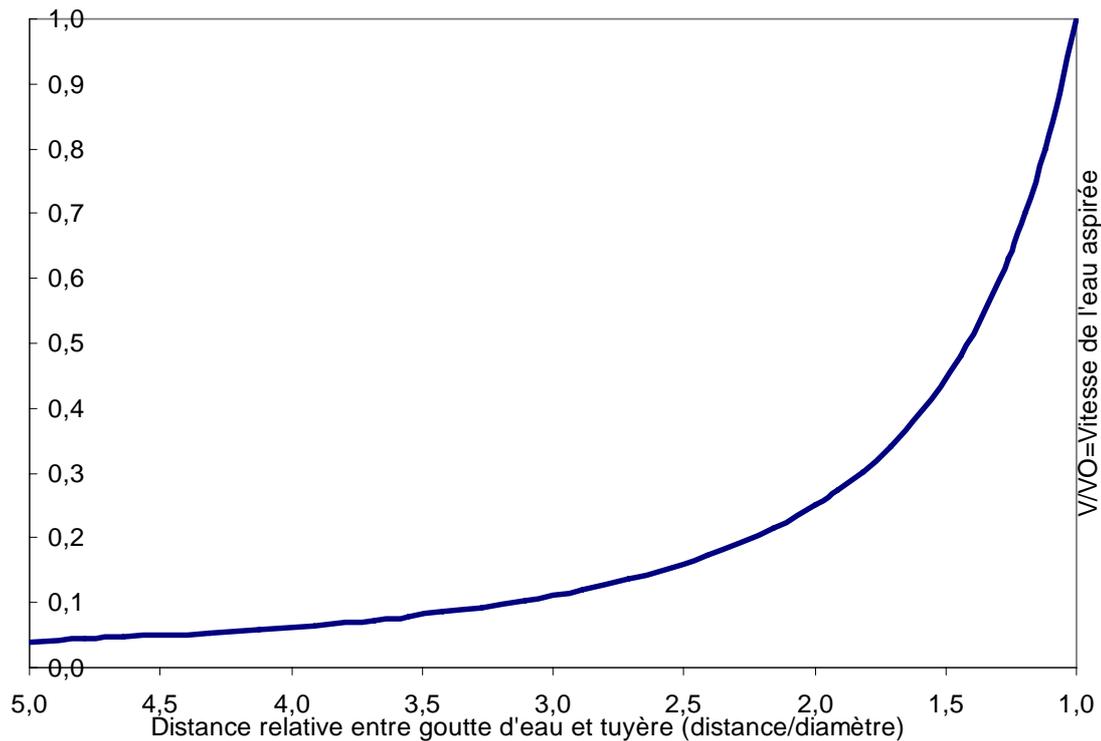
Entre deux intervalles de temps successifs la distance parcourue par cette goutte d'eau augmente ; donc sa vitesse augmente.

Connaissant la relation entre le volume d'une sphère et son rayon, on peut calculer à tout instant la position de la goutte d'eau et sa vitesse (en négligeant le volume de la canalisation).

t	$R=kt^{(1/3)}$	$R'=Kt^{(-2/3)}$	(suite)		
1	1,0	1,000	20	2,7	0,136
1,2	1,1	0,886	24	2,9	0,120
1,4	1,1	0,799	30	3,1	0,104
1,7	1,2	0,702	35	3,3	0,093
2	1,3	0,630	40	3,4	0,085
3	1,4	0,481	45	3,6	0,079
4	1,6	0,397	50	3,7	0,074
5	1,7	0,342	60	3,9	0,065
6	1,8	0,303	70	4,1	0,059
7	1,9	0,273	80	4,3	0,054
8	2,0	0,250	90	4,5	0,050
10	2,2	0,215	100	4,6	0,046
14	2,4	0,172	110	4,8	0,044
17	2,6	0,151	125	5,0	0,040

En ne prenant dans ce tableau que la deuxième et la troisième colonne (et 5^e et 6^e) on peut représenter la vitesse en fonction de la distance. Et pour que la représentation soit plus parlante nous représenterons le déplacement de la gauche vers la droite pour mettre en évidence l'accélération de l'eau qui arrive vers la tuyère.

Vitesse de l'eau en fonction de la distance par rapport à la tuyère



L'examen de ce graphique montre que la vitesse augmente très vite quand la goutte d'eau s'approche de la tuyère. Il montre aussi par exemple qu'à une distance de seulement trois fois le diamètre de la tuyère la vitesse est environ dix fois plus faible qu'à l'extrémité de la tuyère.

La poussée (négative dans ce cas) d'un filet d'eau étant proportionnelle au carré de sa vitesse, dès qu'on fait une mesure un peu éloignée de la tuyère la valeur est infime. Nous avons pu le vérifier expérimentalement en faisant d'une part des mesures de débit dans l'axe de la tuyère et à plusieurs fois son diamètre, et d'autre part en faisant des mesures de poussée.

Jusqu'à un débit permanent d'aspiration de 42ml/s dans une tuyère de diamètre 6mm nous n'avons rien pu mesurer. 42ml/s était une limite du banc d'essai. Cette valeur est significative car elle est supérieure à celles que génèrent tous nos moteurs pop-pop testés à ce jour.

Avec le même débit, lors des mesures de force de succion (poussée négative), quand la cible était très proche de la tuyère (distance de l'ordre de 2 à 3 mm) elle venait s'y coller. Quand en plus la cible était perpendiculaire à la tuyère elle venait l'obstruer et l'essai s'arrêtait. Au-delà de quelques millimètres nous n'avons rien mesuré tellement l'effort était faible.

De plus, à chaque direction il correspond deux arrivées d'eau de sens opposés (hormis la canalisation, mais dès qu'on s'éloigne la section de la canalisation devient négligeable par rapport à la surface de la sphère). Les vitesses étant faibles et étant opposées deux à deux la résultante globale en terme d'effort est donc quasiment nulle.