



[Frédéric Elie on ResearchGate](#)

A la découverte d'anciennes technologies :

Pompe aspirante-foulante

Frédéric Elie

mai 2009

CopyrightFrance.com

La reproduction des articles, images ou graphiques de ce site, pour usage collectif, y compris dans le cadre des études scolaires et supérieures, est INTERDITE. Seuls sont autorisés les extraits, pour exemple ou illustration, à la seule condition de mentionner clairement l'auteur et la référence de l'article.

« Si vous ne dites rien à votre brouillon, votre brouillon ne vous dira rien ! »
Jacques Breuneval, mathématicien, professeur à l'université Aix-Marseille I, 1980

Abstract : Au détour d'une promenade sur le chemin de Font-de-Mai, près d'Aubagne, pays de l'académicien Marcel Pagnol (mais aussi mathématicien !), voici une pompe, de technologie ancienne : aspirante-foulante, au pied du mur de pierres d'une vieille bâtisse provençale. Ce type de pompe équipait, voici plusieurs décennies, nos places de villages à l'ombre des platanes.

Quoi d'extraordinaire à cela ? Oh, rien à première vue : ce n'est juste que l'occasion d'exploiter les théorèmes de Pascal, de Torricelli et de l'hydrostatique, dans un contexte qui mêle l'incessante curiosité scientifique à la poésie des choses anciennes et pleines de génie. C'est le contexte de notre site.

SOMMAIRE

- 1 – Pompes aspirantes
- 2 – Force nécessaire pour actionner la pompe
- 3 – Travail fourni pour chaque manœuvre du piston
- 4 – Pompes foulantes
- 5 – Pompes aspirantes-foulantes

1 – Pompes aspirantes

Elles sont destinées à élever l'eau d'une certaine hauteur pour diverses utilisations, en l'occurrence verser l'eau par un robinet.

La figure 1 donne le schéma d'une pompe aspirante.

La pompe est constituée d'un cylindre (le corps de pompe) dans lequel se déplace un piston muni d'une soupape C qui s'ouvre de bas en haut, et d'un tube d'aspiration BA qui plonge dans le réservoir d'eau. A la jonction du tube d'aspiration et du corps de pompe se trouve une autre soupape B qui s'ouvre elle aussi de bas en haut. A la partie supérieure du corps de pompe se trouve l'ouverture du déversement D. Le piston est actionné par un levier.

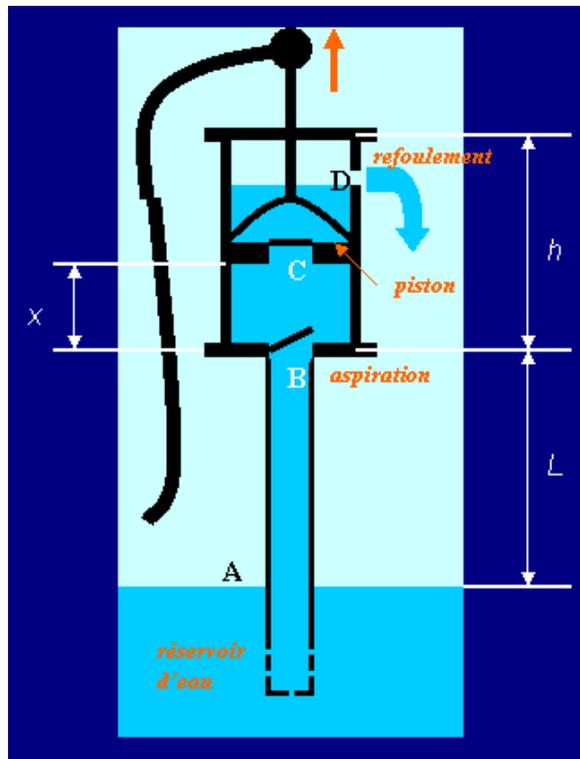


figure 1 : pompe aspirante

A chaque montée du piston, le corps de pompe s'emplit d'eau et un volume égal s'écoule par le déversement D

Au début le corps de pompe est plein d'air. Les premiers mouvements de va-et-vient du piston entraînent l'ouverture et la fermeture alternatives des soupapes B et C, et à chaque cycle un peu plus d'air est chassé vers l'extérieur depuis la cavité délimitée par le piston et la partie inférieure du corps de pompe. Cette raréfaction de l'air, même faible, suffit à provoquer l'aspiration dans cette cavité de l'eau contenue dans le réservoir, pourvu bien sûr que la hauteur $AB = L$ soit inférieure à la hauteur piézométrique de l'eau à la pression atmosphérique, c'est-à-dire 10,30 mètres : $L < 10,30 \text{ m}$ (On sait en effet que cette hauteur d'eau est celle qui compense la pression atmosphérique).

Une fois la cavité BC remplie, une prochaine descente du piston fermera la soupape B et ouvrira la soupape C ce qui laissera passer l'eau de la cavité BC dans la partie supérieure du corps de pompe, chassant définitivement l'air qui y restait : c'est la phase d'amorçage de la pompe. A partir de ce moment là le corps de pompe restera toujours rempli d'eau et :

- à chaque montée du piston l'eau montera du tube AB dans le corps et une quantité égale s'échappera par D,
- à chaque descente du piston, la soupape B se fermera et l'eau passera de la cavité BC dans la cavité supérieure à travers la soupape ouverte C.

2 – Force nécessaire pour actionner la pompe

Dans tout ce qui suit, les frottements sont négligés.

Lors de sa descente, le piston ne rencontre aucune résistance puisque la soupape C est ouverte (la pression est donc la même sur les deux faces du piston).

En revanche, lors de la montée du piston, la soupape C est fermée tandis que B est ouverte : il n'y a plus égalité des pressions entre les deux faces du piston et donc il apparaît une différence entre la poussée de pression due à la partie supérieure et celle due à la partie inférieure. La force qu'il faut exercer sur le piston lors de sa montée est égale à cette différence. Essayons d'évaluer cette différence des poussées.

Les niveaux libres au déversement D et à la surface A du réservoir sont à la même pression

atmosphérique P_{ATM} . Avec les notations de la figure 1 (longueur du tube d'aspiration L , longueur du corps de pompe h , course du piston dans le corps de pompe x , surface du piston S , ρ masse volumique de l'eau), nous écrivons, par application du théorème de l'hydrostatique, que la pression au niveau de C, du côté supérieur, est égale à la pression en D (donc P_{ATM}) augmentée de celle due à la colonne d'eau $DC = h - x$, soit $\rho g(h - x)$:

$$P^+(C) = P_{ATM} + \rho g(h - x)$$

Sur la face inférieure du piston, en C, le théorème de l'hydrostatique donne que la pression est égale à celle régnant en A, soit P_{ATM} , diminuée de la pression exercée par la colonne d'eau de longueur $CA = L + x$, soit $\rho g(L + x)$:

$$P^-(C) = P_{ATM} - \rho g(L + x)$$

La poussée est la différence des forces pressantes entre les deux faces du piston :

$$F = (P^+(C) - P^-(C))S$$

soit :

$$F = \rho g(L + h)S \quad (1)$$

Nous constatons que la force à exercer sur le piston est indépendante de la course du piston x . Elle a des valeurs importantes, par exemple avec $L = 50$ cm, $h = 40$ cm, un diamètre de piston 20 cm, on trouve $F = 277$ N = 28 kgf : un levier s'avère indispensable.

3 – Travail fourni à chaque manœuvre du piston

Il est égal au produit de la force F donnée par (1), par la course maximale h du piston :

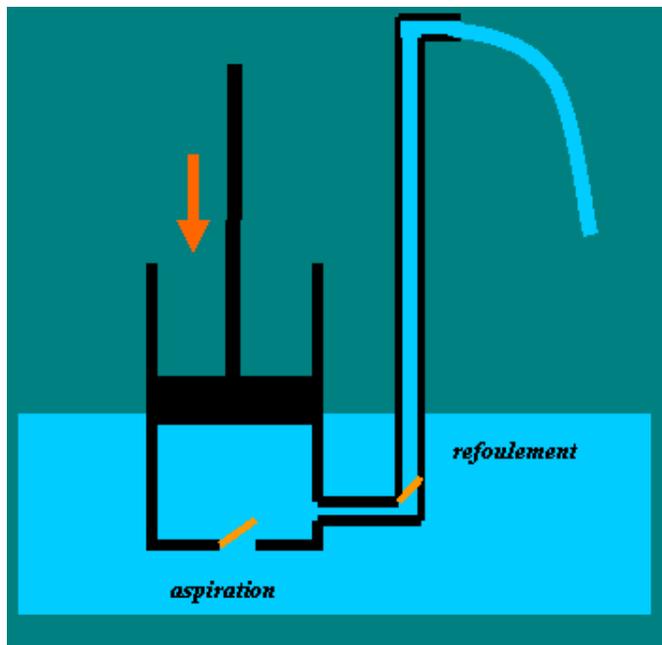
$$W = Fh = \rho g(L + h)hS \quad (2)$$

C'est le travail qu'il faut fournir pour élever directement la nappe liquide au niveau du déversoir D un volume d'eau égal au volume Sh du corps de pompe (cylindrée).

4 – Pompes foulantes

Avec une pompe foulante, l'ascension de l'eau est obtenue par une poussée directe sur un piston fermé, au lieu d'une aspiration à travers un piston ouvert par une soupape.

Le corps de pompe a un fond muni d'une soupape qui s'ouvre de bas en haut. Ce fond est immergé dans le réservoir et aboutit au tuyau de refoulement par l'intermédiaire d'une soupape s'ouvrant de bas en haut (figure 2).



*figure 2 – pompe foulante :
à chaque montée du piston le cylindre s'emplit d'eau. Cette quantité d'eau est ensuite refoulée dans le canal de refoulement lorsque le piston descend (les pistons sont représentés en orange)*

Lorsque le piston monte le cylindre s'emplit d'eau par la soupape d'aspiration. En appuyant sur le piston il redescend et s'enfonce dans l'eau, provoquant alors son refoulement via le piston de refoulement qui s'ouvre. Si F est la force avec laquelle on appuie sur le piston, l'eau refoulée montera à une hauteur H donnée par le théorème de l'hydrostatique :

$$H = F/\rho g S \quad (3)$$

où S est la surface du piston.

5 – Pompes aspirantes et foulantes

Dans une pompe aspirante-foulante l'eau est élevée dans un premier temps par aspiration, jusqu'à une hauteur H , puis par refoulement jusqu'à une hauteur supplémentaire h . Cette action est obtenue par combinaison des deux types de pompes précédents : une fois l'amorçage obtenu, l'aspiration est située à une hauteur L de la surface libre du réservoir, via une soupape B qui s'ouvre de bas en haut, et le refoulement ne s'effectue plus par la partie supérieure du corps de pompe, mais par un canal situé à sa partie inférieure via une autre soupape C s'ouvrant de bas en haut (figure 3).

Lorsque le canal de refoulement est plein d'eau, la pression en C est égale à la pression atmosphérique plus la pression de la colonne d'eau de hauteur $(h - BC) = h - (H - L)$. Pour produire une telle pression la descente du piston doit se faire avec une force de poussée F telle que :

$$F/S = \rho g(h - (H - L))$$

On voit que pour $H - L$ petit (faible volume disponible pour l'eau dans le corps de pompe) il faut une poussée élevée pour faire monter l'eau d'une même hauteur h dans le canal de refoulement.

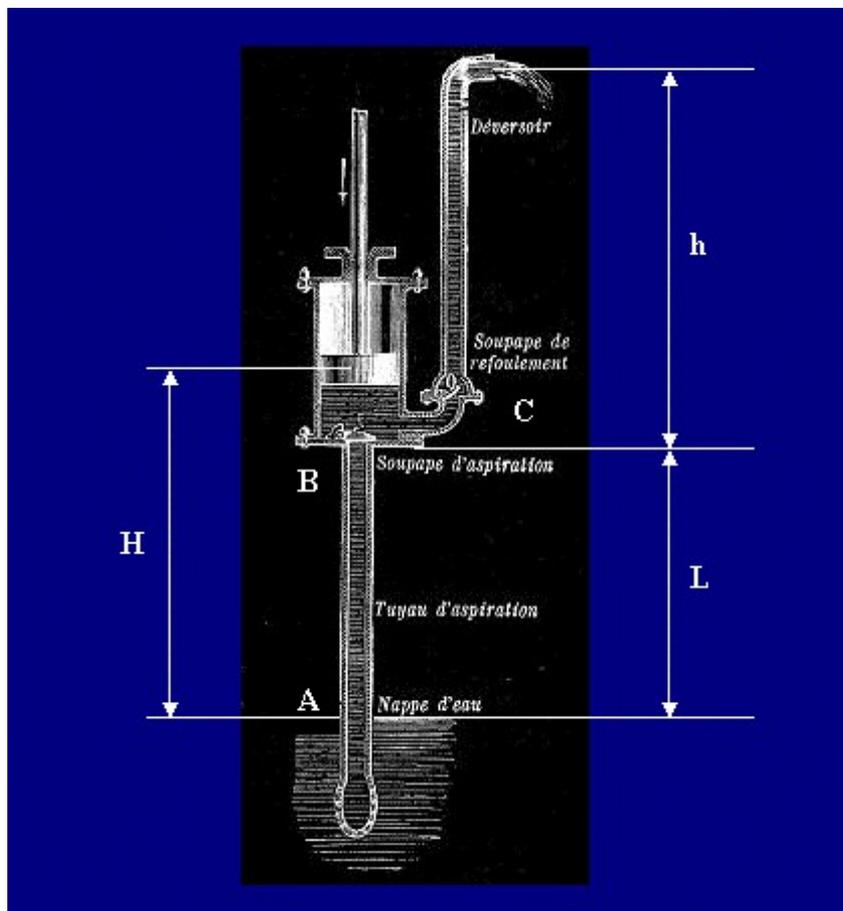


figure 3 – pompe aspirante-foulante :
 l'eau est aspirée via la soupape B à la montée du piston, puis elle est refoulée via la soupape C à la descente du piston

On voit que pour $H - L$ petit (faible volume disponible pour l'eau dans le corps de pompe) il faut une poussée élevée pour faire monter l'eau d'une même hauteur h dans le canal de refoulement.

Application numérique, avec les mêmes données que plus haut ($L = 50$ cm, diamètre = 20 cm) et $H - L = 20$ cm, $h = 100$ cm, on trouve : $F = 246$ N (25 kgf).





Pompe aspirante à Font-de-Mai, près d'Aubagne (Bouches du Rhône)



Font-de-Mai est un lieu de promenade géré par le Conseil Général des Bouches-du-Rhône (à gauche l'accueil du site)...



... il est situé sur les contreforts de la montagne du Garlaban qui surplombe Aubagne et la vallée de l'Huveaune, et on peut louer un âne pour la promenade



près de l'accueil une vieille carriole réhabilitée pour la circonstance...



*... une carriole comme ont pu en user les personnages de l'écrivain Marcel Pagnol, né à Aubagne.
A gauche un champ cultivé spécialement pour fournir la nourriture aux animaux de la région, entretenue
conformément aux desiderata de Marcel Pagnol, destinée à la « sauvagine » comme il l'écrivait.
A droite, les ruines de la ferme Angèle au détour du chemin de Font-de-Mai
(photos : F. Élie)*