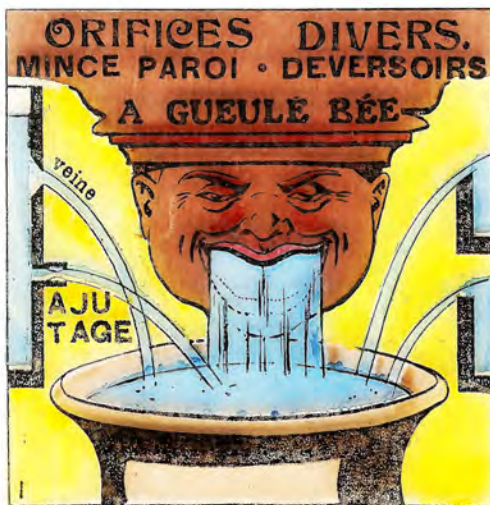


Les Liquides en Mouvement

1 Orifices divers

Vue : Gueule bée, mince paroi, déversoirs



L'étude des liquides en mouvement forme une branche de la science que l'on appelle « hydraulique ». De grands savants, des ingénieurs surtout, comme Bernouilli, Toricelli, Bellanger, Poncelet, Sagebien, en ont fixé les lois. Il est absolument nécessaire aujourd'hui de connaître les éléments de cette science qui permet d'utiliser la houille blanche, puissance dont nul ne peut encore prévoir le futur développement, mais qui sera certainement équivalent, sinon supérieur, à celui de la houille noire.

La première étude des hydrauliciens porte sur les différents déversoirs. La forme des déversoirs influe beaucoup sur la forme du jet d'écoulement que l'on appelle veine liquide. Il faut connaître les expressions de couler à gueule bée, c'est-à-dire comme l'eau d'un tonneau défoncé, comme le sang d'une artère tranchée.

L'écoulement par déversoir a lieu lorsque le bord inférieur du jet n'est pas au niveau inférieur de la masse liquide, et l'on constate une différence dans le jet selon que le déversoir est taillé ou non en biseau. La veine d'écoulement par les orifices des parois est aussi variable, selon que l'orifice est en mince paroi ou pourvu d'un ajutage. Dans ce dernier cas, il y a même une contraction de la veine, très curieuse, et que l'on utilise souvent parce qu'elle produit un vide relatif.

2 Débit

Vue : Robinet et Formule



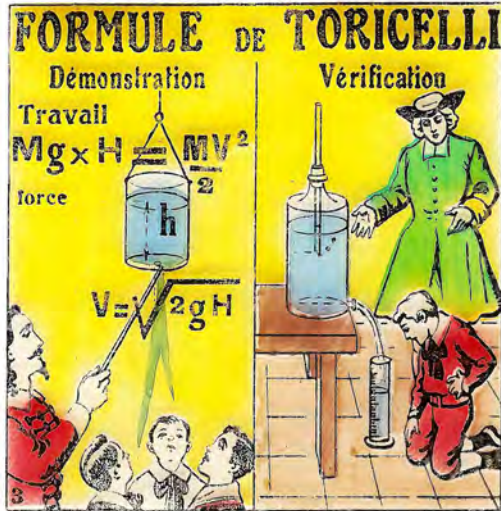
Une notion extrêmement importante en hydraulique est celle du débit. Il ne faut pas confondre l'idée de débit avec l'idée de quantité ; l'idée de débit est intimement liée au temps ; dire qu'une fontaine a un débit de 30 litres signifie qu'elle peut donner 30 litres d'eau à la minute.

On peut évaluer le débit d'un orifice d'une autre manière, le liquide, en s'écoulant, a une certaine vitesse ; au bout d'une seconde la masse liquide écoulée remplirait un cylindre dont la section serait celle de l'orifice et la longueur égale à la vitesse du liquide. Le débit serait donc égal au volume de ce cylindre, c'est-à-dire que l'on aurait :

$$Q = S V$$

3 Formule de Toricelli

Vue : *Démonstration et Vérification*



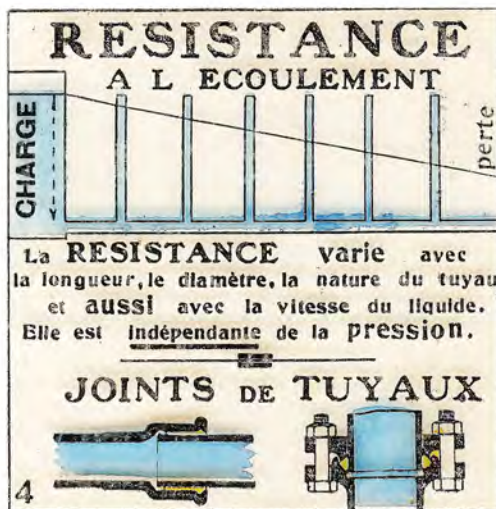
Donc, si l'on connaît la vitesse d'un liquide, pour calculer son débit, il n'y a pas besoin de le mesurer en recueillant le liquide dans des litres ou décalitres. Cette vitesse dépend évidemment de la pression du liquide à l'orifice et la formule reliant cette vitesse à la pression a été établie par le célèbre Toricelli, l'inventeur des baromètres, en calculant de deux manières le travail d'une molécule liquide tombant de la surface libre jusqu'à l'orifice.

Nous connaissons le théorème des forces vives, (voir notre conférence sur le Travail), il nous est alors facile de comprendre la démonstration indiquée sur le tableau.

L'abbé Mariotte entreprit de vérifier la formule de Toricelli. Il fallait d'abord s'assurer une pression constante ; une telle pression peut s'obtenir par un trop plein, mais l'abbé Mariotte, pour s'éviter une installation coûteuse, imagina plus simplement de laisser écouler l'eau d'un vase fermé au moyen d'un bouchon traversé par un tube plongeant dans l'eau. En s'écoulant, l'eau rentrait par le bas du tube, et à ce niveau la pression était constante. A l'orifice la pression du liquide était donc constante puisqu'elle était égale constamment à la hauteur d'eau entre l'orifice et le bas du tube. En mesurant les débits directement et en les calculant par la formule de Toricelli, il trouva une concordance absolue, ce que l'on peut s'assurer en répétant soi-même l'expérience d'ailleurs très simple dite du Vase de Mariotte.

4 Résistance à l'écoulement

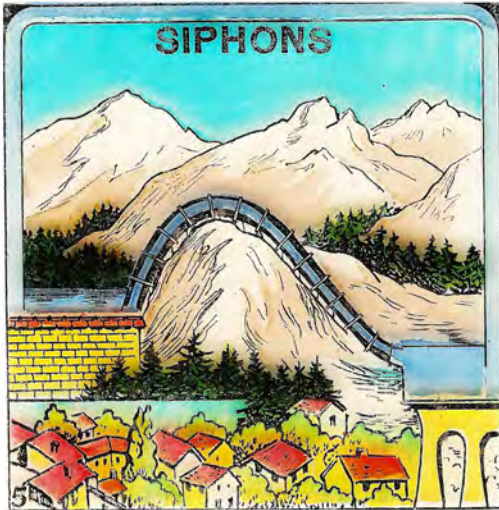
Vue : *Lois, Joints de tuyaux*



En s'écoulant dans les tuyaux, les liquides frottent contre les parois, ils subissent donc une sorte de frein. Les savants ont calculé la valeur de cette résistance qu'ils appellent perte de charge, et au moyen de tables dressées par eux, il est facile de connaître, par exemple, la perte de charge d'un tuyau quand on connaît le diamètre, la nature du tuyau et aussi la vitesse du liquide. On appelle perte de charge cette résistance, parce qu'elle peut s'évaluer au moyen d'une colonne d'eau, autrement dit à l'extrémité d'un tuyau, l'eau s'écoulerait avec une pression qui serait non pas égale à la différence des niveaux de cette extrémité et du réservoir, mais à cette différence moins la perte de charge.

5 Siphons

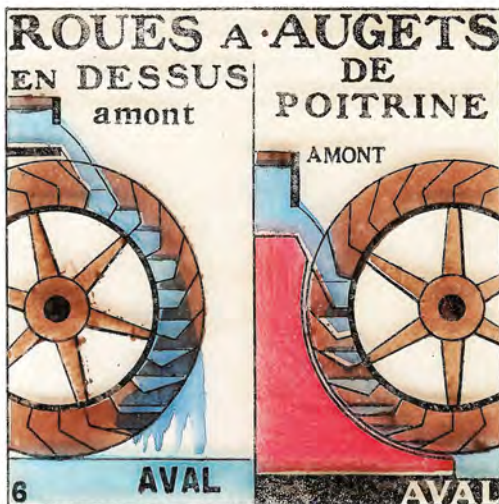
Vue : *Siphons*



L'écoulement de l'eau dans les siphons se produit par la charge, c'est-à-dire la différence de niveau entre l'eau du réservoir supérieur et du réservoir inférieur. Il faut évidemment que cette charge soit plus grande que la perte de charge que produit l'écoulement du liquide.

6 Roues à augets

Vue : *Roues en dessus et de poitrine*

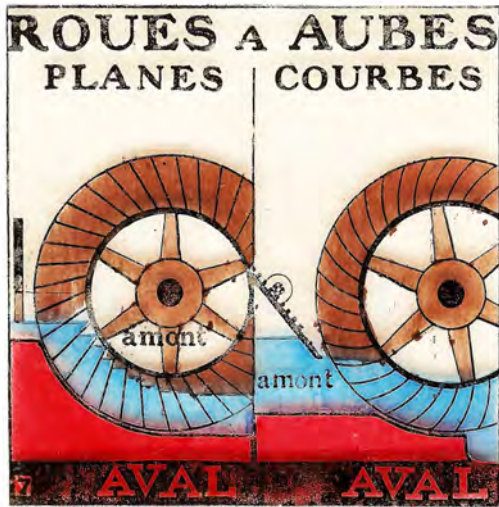


Les roues hydrauliques qui sont encore souvent employées, utilisent la houille blanche de deux manières : par son poids et par sa vitesse.

Les roues dites en dessus et les roues de poitrine sont les types de roues utilisant le poids de l'eau. Elles conviennent dans les chutes qui dépassent trois mètres au moins. On les exécute en bois. L'eau pénètre dans des augets dont la forme est calculée pour se vider le plus tard possible, c'est-à-dire pour obtenir le rendement maximum.

7 Roues à aubes

Vue : *Roue Sagebien et roue Poncelet*



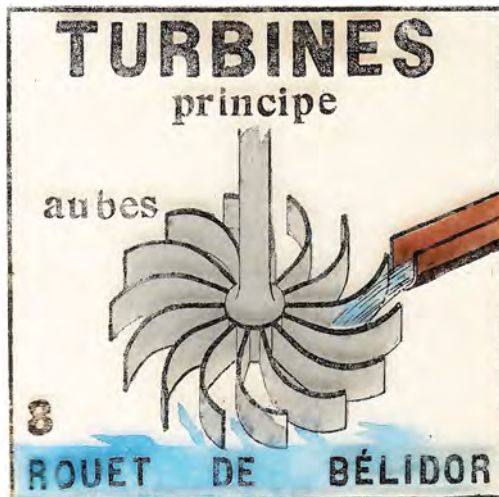
Lorsque la chute est faible, mais le courant assez rapide pour permettre l'installation d'un moteur hydraulique, on utilise des roues dites à aubes.

Ces roues sont connues de la plus haute antiquité et il en existe encore aux moulins de Meaux, qui ont été construites sous le règne de Jean le Bon. Les célèbres roues de la machine de Marly qui alimente d'eau les fontaines du palais de Versailles, sont des roues à aubes.

Aujourd'hui, lorsqu'on installe des récepteurs hydrauliques de ce genre, on préfère ne pas placer les aubes suivant les rayons de la roue, mais les incliner comme l'a conseillé l'ingénieur Sagebien, ou les incurver d'après les indications du savant Poncelet.

8 Turbines

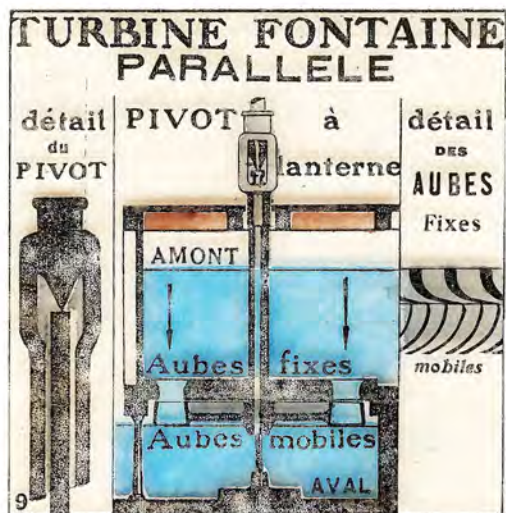
Vue : *Principe*



Les roues sont en général remplacées aujourd'hui par des turbines, appareils moins encombrants et que l'on construit en fonte et en fer. Le principe des turbines est connu de longtemps ; la vitesse de l'eau en frappant une paroi mobile fait reculer cette paroi. Il suffit que cette paroi soit fixée à un axe pour que l'axe tourne. En donnant aux parois mobiles qu'on appelle aussi aubages, des formes incurvées, on obtient le rendement maximum. Le rouet de Belidor, utilisé encore par les Arabes, est la première application du principe des turbines.

9 Turbine fontaine

Vue : Turbine parallèle



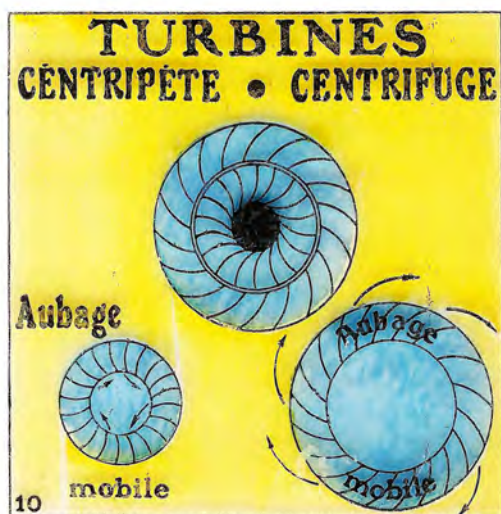
Au lieu d'amener l'eau sur les aubages par un seul canal, on l'amène par une série de canaux qui entourent les aubes mobiles. Cette disposition, évidemment, donne une bonne répartition de l'énergie sur l'axe des aubes mobiles.

Les canaux circulaires amenant l'eau autour des aubes mobiles s'appellent aubes fixes et leur ensemble porte le nom d'aubage fixe, l'ensemble des aubes mobiles portant le nom d'aubage mobile.

Le premier constructeur de turbines vraiment industrielles, constituait les aubages fixes et mobiles par deux couronnes superposées ; les aubes étaient formées par des cloisons inclinées savamment dans ces couronnes. Comme l'eau descend dans les aubages parallèlement à l'axe de la turbine, on appelle ces turbines, turbines parallèles. L'aubage mobile est situé au-dessous de l'aubage fixe ; il tourne en reposant sur un pivot spécial que l'on comprend bien sur la figure ; le pivot que l'on peut apercevoir par deux fentes s'appelle pour cette raison pivot à lanterne.

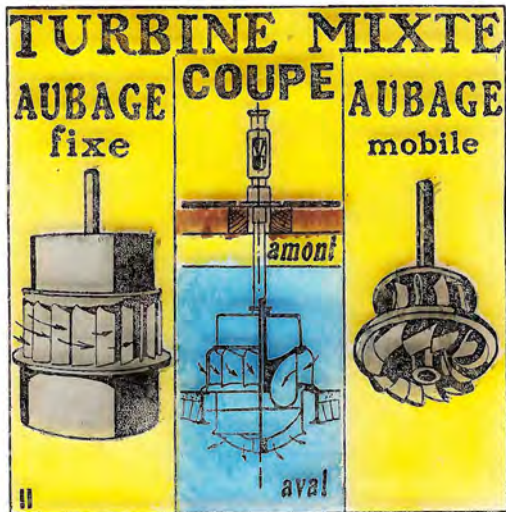
10 Turbines centripètes et centrifuges

Vue : Disposition des aubages



Après les turbines parallèles, on a construit des turbines dont les aubages fixe et mobile sont disposés sur un même plan comme dans le rouet de Béliador. Et il y a deux moyens de construire des turbines sur ce principe : ou la couronne extérieure est mobile et alors on a une turbine centrifuge, puisque l'eau fuit le centre, ou la couronne intérieure est mobile, et alors on a une turbine centripète.

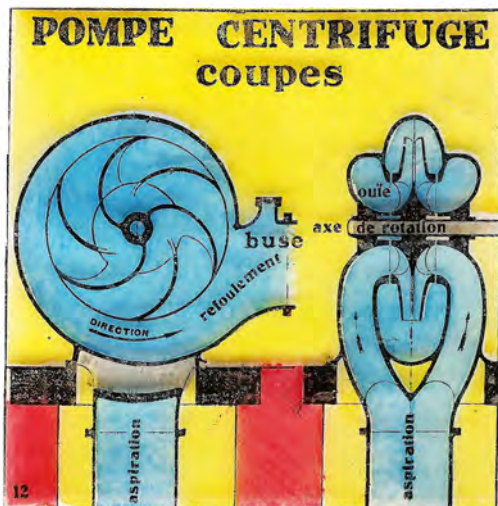
11 Turbine mixte
 Vue : Détails



Enfin, le plus généralement aujourd'hui, on construit des turbines qui ont les avantages des turbines parallèles et des turbines centripètes : on les appelle turbines mixtes.

La figure montre l'aubage fixe qui forme un véritable cylindre protégeant l'aubage mobile et qui permet à ces turbines de fonctionner noyées dans l'eau.

12 Pompe centrifuge
 Vue : Coupe



Nous avons étudié les pompes ordinaires. Leur usage tend de plus en plus à se restreindre car on obtient avec des appareils basés sur les lois des liquides en mouvement, des résultats supérieurs. Ces pompes modernes s'appellent centrifuges. L'eau mise en mouvement de rotation rapide par un système d'ailettes détermine une pression qui assure un écoulement continu, absolument comme si le liquide provenait d'un réservoir surélevé.

Ces pompes centrifuges, remarquez-le bien, peuvent être attelées sur les arbres des machines à vapeur ou des dynamos (voir mines de houille), tourner à grande vitesse et donner par suite un débit considérable. Tous les navires possèdent des pompes centrifuges qui d'ailleurs, avons-nous dit, tendent à remplacer jusqu'aux modestes pompes ménagères.