

Sorties ou exportations :

En Belgique	1 356 962 tonnes.
En Allemagne	530 278 —
TOTAL.....	1 887 240 tonnes.

Total du trafic :

Avec la Belgique	3 676 652 tonnes
Avec l'Allemagne ...	1 100 651 —
TOTAL.....	4 777 303 tonnes.

Le tonnage total des marchandises importées par eau, en 1911, présente une augmentation de 107 187 tonnes sur les importations de l'année précédente ; quant aux exportations elles ont diminué de 13 911 tonnes.

Navigation à vapeur. — Les statistiques françaises ne relatent que les marchandises transportées par les bateaux à vapeur dits *porteurs*, et ne font pas mention de celles embarquées à bord des bateaux ordinaires (oués ou remorqués).

Réduite à ces termes, la part de trafic revenant à la navigation à vapeur est très faible.

TONNAGE ABSOLU : 865 050 tonnes, soit 2,3 pour 100 du tonnage total des embarquements.

En 1910, le poids transporté avait été de 606 268 tonnes ; il y a donc eu, en 1911, une augmentation de 255 782 tonnes, soit de 42 pour 100.

TONNAGE KILOMÉTRIQUE :

En 1911	90 706 093 t. k.
En 1910	73 348 638 —

Différence en faveur de 1911. 17 357 455 t. k.

En 1911, le tonnage kilométrique des bateaux porteurs est égal à 1,6 pour 100 du tonnage kilométrique de l'ensemble du réseau (1,4 pour 100, en 1910).

PARCOURS MOYEN D'UNE TONNE : 105 kilom. (120 en 1910).

MOUVEMENT DES PRINCIPAUX PORTS FLUVIAUX. — 652 ports fluviaux (266 pour les rivières et 386 pour les canaux) ont eu, en 1911, un tonnage d'au moins 10 000 tonnes.

Sur ces 652 ports, il y en a :

443 dont le tonnage varie de	10 000 à	50 000 tonnes.
103 — — —	50 000 à	100 000 —
53 — — —	100 000 à	200 000 —
21 — — —	200 000 à	300 000 —
8 — — —	300 000 à	400 000 —
7 — — —	400 000 à	500 000 —
12 — — —	500 000 à	1 000 000 —
5 dont le tonnage dépasse.....	1 000 000	—

De même que les années antérieures, le port de beaucoup le plus important est celui de Paris, avec un trafic de 10 millions 775 875 tonnes se décomposant comme suit : embarquements, 3 020 895 tonnes ; débarquements, 7 752 980 tonnes. Il y a lieu de remarquer que le mouvement de la navigation dans la traversée de Paris, sur la Seine et les canaux, est, dans la réalité, plus considérable encore. Il atteint, en y comprenant un trafic local de 346 194 tonnes et un transit de 1 915 190 tonnes, le chiffre total de 13 035 259 tonnes.

Viennent ensuite Rouen, Vigneux, Villeneuve-le-Roi, Dunkerque et Vendin-le-Vieil, dont le trafic dépasse 1 million de tonnes ; puis Harnes, Bruay, Bordeaux, Denain, Beuvry, Lyon, Violaines, Montceau-les-Mines, Dombasle, Nanterre, Marles, Lille.

De ces 17 ports, 4 sont situés sur la Seine, 1 sur la Garonne, 1 sur le canal du Centre, 1 sur le canal de la Marne au Rhin, les autres, sauf Lyon, sur les voies du Nord.

SUR LES COUPS DE BÉLIERS

DANS LES CONDUITES FORMÉES DE SECTIONS DE DIAMÈTRES DIFFÉRENTS (1)

Dans les hautes chutes, on est souvent amené à former la conduite de sections dont le diamètre va en diminuant à mesure que l'on s'éloigne de la prise d'eau et que par suite la pression augmente.

On pourrait croire que le coup de bélier ne saurait en aucun cas dépasser la valeur qu'il aurait si la conduite avait partout le diamètre de la partie inférieure, où la vitesse de l'eau est la plus grande. L'élargissement de la partie supérieure diminuant, en définitive, la force vive totale de l'eau emmagasinée dans la conduite. Il n'en est toutefois rien, pour une fermeture brusque, ainsi que nous allons le montrer par un exemple simple.

On sait que lorsque la conduite a partout le même diamètre on a, dans le cas d'une fermeture brusque, d'après la théorie de M. Allièvi, pour la valeur du coup de bélier :

$$\frac{av_0}{g}$$

où v_0 est la vitesse de régime, g la gravité et a la vitesse de propagation (2) ; de plus, si l désigne la longueur de la conduite, ce coup de bélier se maintient pendant une durée :

$$T = \frac{2l}{a}$$

Il est ensuite suivi d'un coup de bélier négatif de même valeur absolue et de même durée. Le phénomène présente une série d'oscillations semblables, la durée d'une oscillation complète étant $2T$.

Supposons maintenant une conduite formée de trois sections, la dernière à la partie inférieure de longueur l , de diamètre d et où la vitesse de propagation est a , les longueurs, diamètres et vitesses de propagation pour les suivantes étant l' , d' , a' et l'' , d'' , a'' , et supposons de plus qu'on ait :

$$\frac{l}{a} = \frac{l'}{a'} = \frac{l''}{a''}$$

Considérons alors des périodes élémentaires de durée :

$$T_1 = \frac{2l}{a}$$

et désignons par ζ_n la valeur du coup de bélier, pour le cas d'une fermeture totale brusque, pendant la $n^{\text{ième}}$ période élémentaire, où l'on a, t désignant le temps :

$$\frac{2(n-1)l}{a} < t < \frac{2nl}{a}$$

Si l'on pose alors :

$$\alpha = \frac{a'd^2}{ad'^2}, \quad \beta = \frac{a''d''^2}{a'd''^2}, \quad \cos^2 \lambda = \frac{1}{(1+\alpha)(1+\beta)},$$

on aura :

$$\zeta_n = (-1)^{n-1} \frac{av_0}{g} \left[1 - \frac{4\alpha}{1+\alpha} \frac{\sin n\lambda \sin (n-1)\lambda}{\sin \lambda \sin 2\lambda} \right].$$

(1) Note de M. le Comte DE SPARRE, à l'Académie des Sciences, séance du 19 mai 1913.

(2) Donnée d'après M. Allièvi par la formule

$$a = \frac{9900}{\sqrt{48,3 + K \frac{d}{e}}}$$

où d et e sont le diamètre et l'épaisseur de la conduite et où $K = 0,5$ pour le fer et l'acier et $K = 1$ pour la fonte.

Cette formule montre que si l'on fait :

$$\alpha = 1 \quad (1), \quad \lambda = \frac{4\pi}{13} \quad (2),$$

on aura :

$$\zeta_7 = 1,56 \frac{av_0}{g}$$

Or, si la conduite avait partout le diamètre de la partie inférieure, le coup de bélier maximum, égal au coup de bélier initial, serait égal à $\frac{av_0}{g}$. On voit donc que, dans ce cas l'élargissement de la partie supérieure de la conduite aura augmenté le maximum du coup de bélier de 50 pour 100. On remarquera de plus que ce coup de bélier se produit à la fin de la sixième période élémentaire, c'est-à-dire à la fin de la première oscillation complète pour la conduite entière ; on a, en effet, pour la période correspondant à la conduite entière :

$$T = \frac{2l}{a} + \frac{2l'}{a'} + \frac{2l''}{a''} = \frac{6l}{a} = 3T_1,$$

d'où :

$$2T_1 = 6T \quad (3).$$

Dans les expériences d'Allevard, où la partie supérieure de la conduite était plus large, on reconnaît, en soumettant le phénomène au calcul, qu'on aurait dû enregistrer un résultat semblable. Cela a bien eu lieu pour certaines expériences, mais pas dans le plus grand nombre ; cette anomalie s'explique par ce fait, que, vu le peu de longueur de la partie élargie, la surpression n'aurait dû se produire que pendant 0,16 seconde environ et que le manomètre employé n'était pas en état d'enregistrer d'une façon rigoureuse des phénomènes d'une durée aussi courte.

STATIONS D'ESSAIS DE TURBINES DE LA MAISON J.-M. VOITH

— (SUITE) —

STATION D'ESSAIS DE BRUNNENMUHLE

CONDITIONS GÉNÉRALES. — La demande de force étant très variable à l'usine d'Heidenheim, il s'agissait de créer d'une part une station accumulant l'énergie produite pendant la nuit à Hermaringen, et d'autre part une station permettant d'effectuer des essais sur turbines à haute chute, et d'étudier la répercussion des conduites sur le réglage des turbines.

Brunnenmühle, situé à proximité de la fabrique Voith, au pied d'une colline de 97^m50 de hauteur au-dessus du niveau de la rivière, est particulièrement favorable pour cette double installation. L'eau de la Brenz étant troublée par les différentes industries textiles de Heidenheim, on utilise, pour alimenter le bassin d'accumulation, l'eau d'une source claire et abondante qui jaillit dans le voisinage immédiat. Cette source actionnait jusqu'ici la turbine du moulin, et est capable de développer 38 HP pour un débit de 2 m³ et une hauteur de chute de 1^m80.

INSTALLATION ACCUMULATRICE. — Les dimensions du bassin furent calculées pour accumuler la puissance moyenne produite soit 30 HP sur l'axe de la turbine de Brunnenmühle et 300 HP sur l'axe des turbines d'Hermaringen.

La journée de travail à l'usine est de 9 h. $\frac{1}{2}$; il reste 14 h. $\frac{1}{2}$ pendant lesquelles l'énergie disponible, soit 240 chevaux au tableau d'Hermaringen et 25 à celui de Brunnenmühle, peut actionner les pompes. En admettant 68 pour 100 de rendement pour la station des pompes (92 % pour le moteur et 74 % pour la pompe) et 98 pour 100 pour la conduite, l'énergie potentielle sera 265 x 0,68 x 0,98 x 75 = 13.230 kilogrammètres par seconde.

La différence d'altitude entre le niveau de la fosse d'aspiration et le niveau moyen dans le réservoir étant de 96^m5, la quantité d'eau accumulée sera de :

$$\frac{13\ 230}{96,5} = 137 \text{ litres par seconde.}$$

Pour déterminer la capacité du réservoir, il faut considérer que l'eau pompée pendant le repos de midi, soit 1 h. $\frac{1}{2}$, est utilisée déjà dans la seconde moitié de la journée.

Elle sera donc de :

$$13 \times 3\ 600 \times 0,137 = 6\ 410 \text{ mètres cubes}$$

Le réservoir a une capacité largement suffisante de 7 000 m³. On a négligé dans ce calcul l'énergie disponible

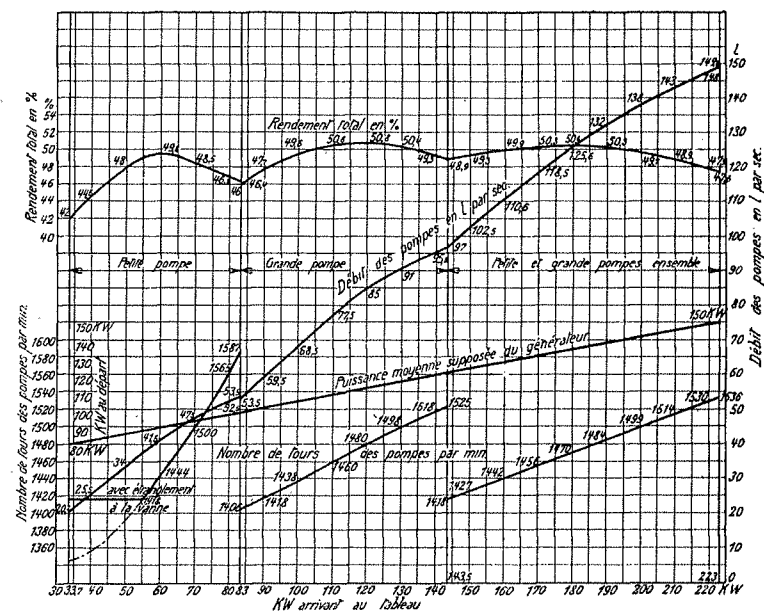


FIG. 29. — Diagramme des rendements.

le dimanche, néanmoins elle contribue à augmenter le rendement de l'installation surtout pendant la période des basses eaux.

Comme la puissance de la station d'Hermaringen est très variable et que les ateliers absorbent pour leur travail de nuit de 30 à 70 chevaux, la puissance disponible tombe à une faible valeur à certaines périodes de l'année ; aussi, pour obtenir un rendement moyen satisfaisant, la station de pompes fut composée de 2 groupes de puissances différentes, l'un de 160 et l'autre de 80 chevaux.

La turbine alimentée par ce bassin d'accumulation doit avoir une puissance suffisante pour couvrir la demande d'énergie pendant les fortes pointes du service ; cette puissance est néanmoins limitée par le fait que son rendement et celui de sa génératrice électrique diminuent aux faibles charges demandées pendant quelques heures de la journée. Elle est du type tangentiel et a été prévue pour développer 240 chevaux. (Voir la planche ci-annexée),

Les figures 24 à 28 représentent les deux pompes, la turbine tangentielle et la turbine à basse chute qui actionne une petite génératrice asynchrone.

(1) En supposant par exemple $d = d'$, $a = a'$.

(2) D'où l'on conclut $\beta = 0,55$ et par suite, si $a' = a''$, $d'' = 1,35 d$.

(3) Cette remarque est importante, car si les expériences d'Allevard ont montré que, pendant les premières oscillations, le phénomène se conforme à la théorie de M. Allièvi, il tend ensuite à se produire un mouvement d'ensemble.