

**Zeitschrift:** Bulletin technique de la Suisse romande  
**Band:** 46 (1920)  
**Heft:** 1

**Artikel:** Note sur le "Nombre de tours spécifique" des turbines hydrauliques  
**Autor:** Bois, L. du  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-35742>

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

### **Conditions d'utilisation**

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. [Voir Informations légales.](#)

### **Terms of use**

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. [See Legal notice.](#)

**Download PDF:** 22.01.2025

**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>**

verser définitivement d'un côté ou de l'autre ; le moindre laisser-aller conduit, ou bien à la conférence expérimentale, ou bien à l'alignement perpétuel et commode des équations. Est-il d'ailleurs besoin de rappeler ici le lieu commun qu'un cours — surtout un cours de physique — n'est à aucun degré une transcription au tableau noir d'un ouvrage imprimé ou pas ?

(A suivre.)

## Note sur le "Nombre de tours spécifique" des turbines hydrauliques

par L. Du Bois, ingénieur, à Prilly.

(Suite et fin.)<sup>1</sup>

**Graphiques.** — Nous avons établi les 5 graphiques suivants pour les types de turbines actuellement les plus employés :

- fig. 20 Turbine *Pelton* à 1 jet, avec  $n_s = 26$
- fig. 21 id. id. 2 jets, avec  $n_s = 36$
- fig. 22 Turbine *Francis* pour hautes chutes,  $n_s = 50$
- fig. 23 id. id. id. chutes moyennes,  $n_s = 250$
- fig. 24 id. id. id. basses chutes,  $n_s = 450$

<sup>1</sup> Voir *Bulletin technique* 1949, p. 257.

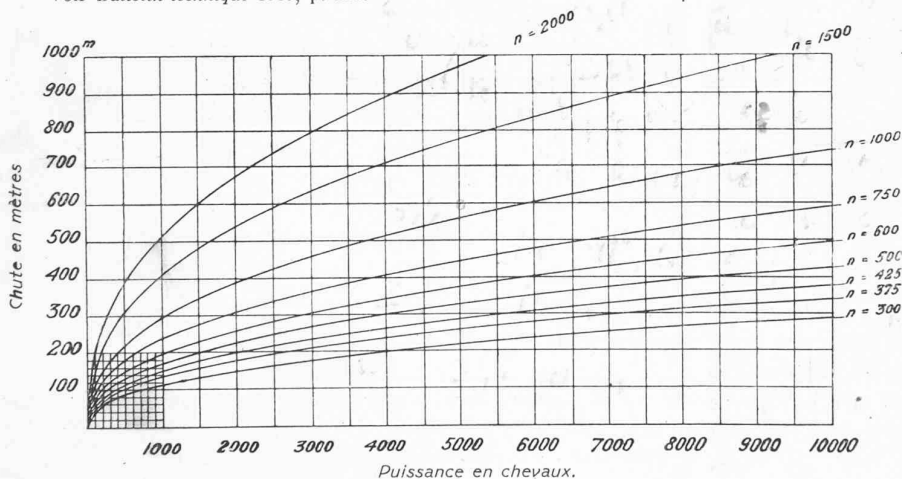


Fig. 20. — Turbine Pelton à 1 jet. —  $n_s = 26$  (max.).

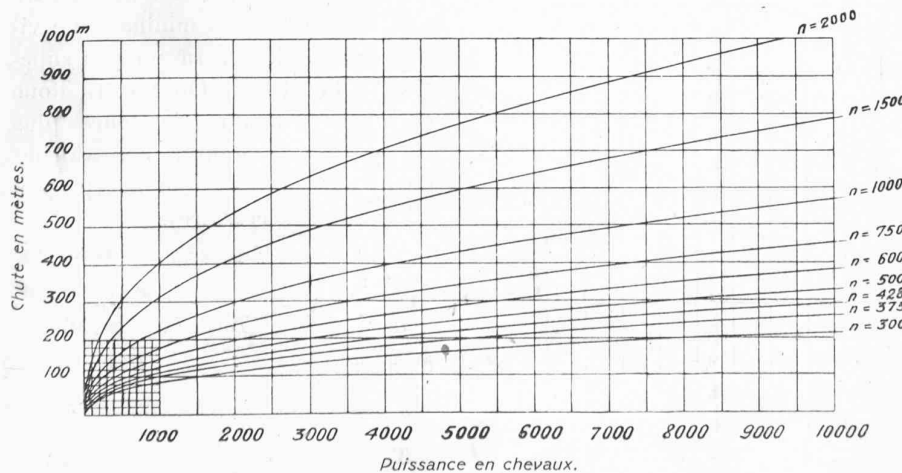


Fig. 21. — Turbine Pelton à 2 jets. —  $n_s = 36$  (max.).

Les valeurs de 26 et 36 pour turbines *Pelton* à 1 et 2 jets sont plus élevées que celles que nous avons indiquées au début de ces notes (22, 6 et 31, 8).

Ce sont des valeurs actuellement atteintes et même dépassées par les constructeurs de turbines. Il ne faut pas les considérer comme des valeurs définitives, bien au contraire. Vu l'intérêt qu'il y a à progresser dans cette voie, il est à prévoir qu'elles iront encore en augmentant.

Pour les trois derniers graphiques, il est bon de faire les remarques suivantes :

Le graphique fig. 22, avec  $n_s = 50$ , représente le minimum de  $n_s$  admissible pour les turbines *Francis*, et le graphique n° 24, avec  $n_s = 450$ , le maximum admissible. Entre ces deux valeurs-limites, on peut en principe avoir n'importe quelle valeur intermédiaire. Le graphique fig. 23 n'est donné que pour fixer les idées et pour les chutes moyennes, mais on pourra s'écarter dans les deux sens des valeurs obtenues en ayant soin de ne pas dépasser les limites fixées pour les  $n_s$  extrêmes (50 et 450).

Dans ces différents graphiques, nous avons porté en abscisses les puissances en chevaux, et en ordonnées les hauteurs de chutes. Les courbes sont établies pour les nombres de tours usuels qui correspondent à la périodicité de 50, la plus fréquemment employée dans les installations hydro-électriques à courant alternatif. Pour des nombres de tours ne figurant pas sur les graphiques, on pourra facilement procéder par interpolation ou extrapolation.

Quelques exemples numériques feront voir de quelle manière il faut interpréter ces graphiques.

### Très hautes chutes.

Dans le graphique fig. 20, nous n'avons pas fait figurer les chutes au-dessus de 1000 mètres parce que, avec ces très hautes chutes, on ne sera jamais arrêté par la question du nombre de tours. Supposons par exemple une chute de 1200 mètres, et des unités de 7000 chevaux. Nous voyons immédiatement que pour la chute maximum qui figure sur le graphique, fig. 20, le nombre de tours maximum qui correspond à 7000 chevaux est situé entre 1500 et 2000 tours. Pour 1200 mètres de chute, on pourra donc aller plus loin, c'est à dire à 2000 tours au moins, ce qui n'a pas grand intérêt car on ne construit pas couramment des machines électriques de 7000 chevaux à 2000 tours. On pourra

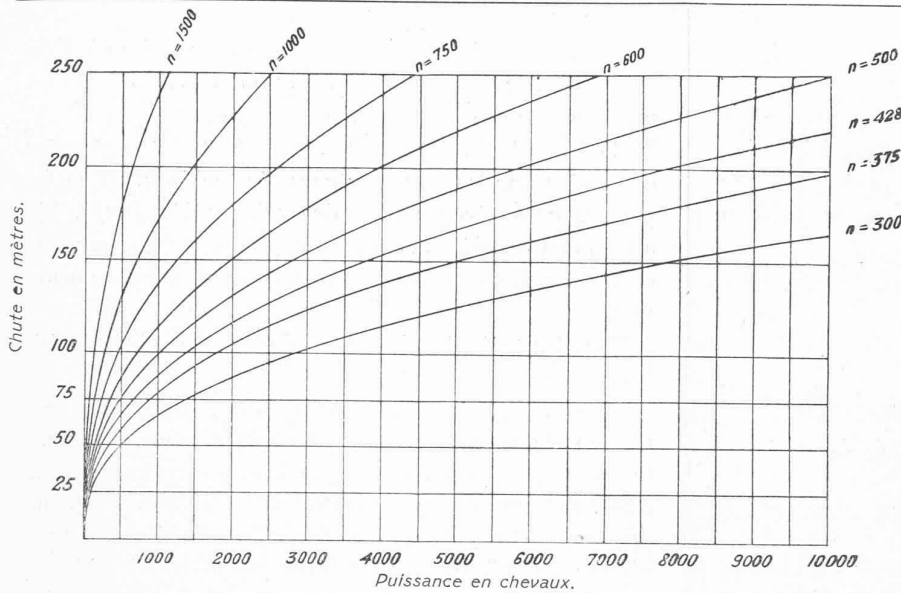


Fig. 22. — Turbine Francis pour hautes chutes. —  $n_s = 50$  (min.).

donc choisir au-dessous de cette vitesse le nombre de tours qui paraîtra le plus favorable comme par exemple 500 ou 750 ou peut-être même 1000.

**Hautes chutes.**

Supposons une chute de 600 mètres et des unités de 5000 chevaux. Le graphique fig. 20 fait voir que la vitesse maximum qui correspond à ces données est de un peu plus de 1000 tours. On pourra donc choisir 1000 tours, ou n'importe quel nombre de tours en-dessous.

**Chutes comprises entre 100 et 200 mètres.**

C'est dans ces limites que l'on se trouvera le plus souvent embarrassé. Supposons par exemple des unités

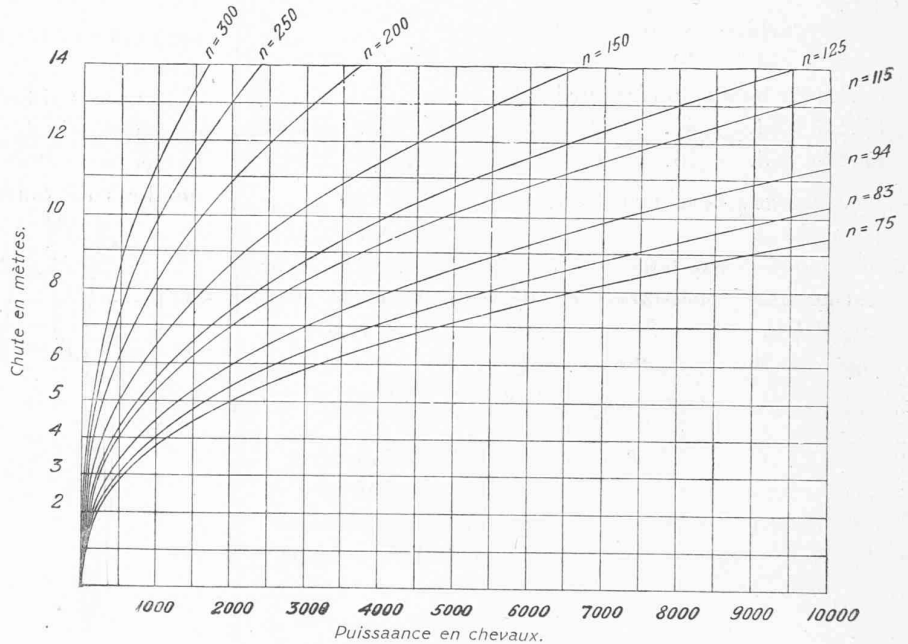


Fig. 24. — Turbine Francis pour basses chutes. —  $n_s = 450$ .

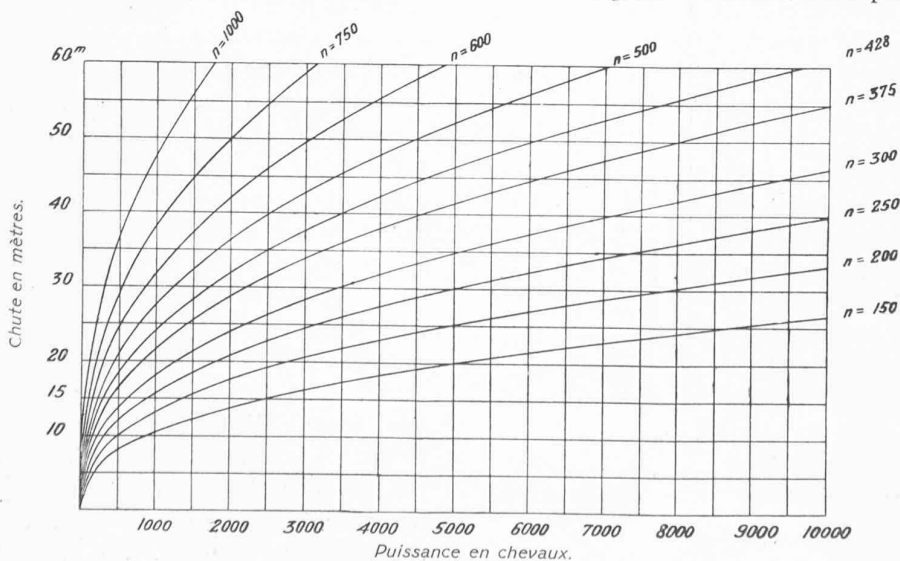


Fig. 23. — Turbine Francis pour chutes moyennes. —  $n_s = 250$ .

de 4000 chevaux, sous 130 mètres de chute. Le graphique fig. 20 (Turbines Pelton à un jet) fait voir que pour ces caractéristiques la vitesse limite admissible est bien inférieure à 300 tours, ce qui est certainement trop peu. Le graphique fig. 21 (Turbines Pelton à 2 jets) indique également une vitesse inférieure à 300. On peut alors envisager deux solutions : la première consisterait à adopter des turbines Pelton à 2 roues, avec 2 jets par roue, et dans ce cas (2000 chevaux par roue) le graphique fig. 21 montre que l'on arrivera à dépasser un peu 300 tours. Comme seconde solution, on pourrait admettre des turbines Fran-

cis, et le graphique fig. 21<sup>2</sup> montre que dans ce cas le minimum de vitesse admissible sera un peu supérieur à 300 tours. On pourra donc choisir un nombre de tours plus élevé correspondant à des valeurs de  $n_s$  plus grandes que 50 (jusqu'à 450 si c'est nécessaire).

Pour les nombres de tours suivants :

$$n = 500 \quad 750 \quad 1000 \quad 1500,$$

on aura :

$$n_s = 80 \quad 120 \quad 160 \quad 240.$$

Toutes ces valeurs de  $n_s$  sont admissibles pour des turbines Francis car elles sont loin d'atteindre la va-

leur limite de 450. On voit donc qu'avec cette solution des turbines Francis on pourra admettre des unités de 4000 chevaux sous 130 mètres de chute, tournant à des vitesses aussi élevées que l'on voudra au-dessus de 300 tours. Le choix entre les turbines Pelton à 2 roues et 4 jets à 300 tours et les turbines Francis avec nombre de tours situé au-dessus de 300 sera alors dicté par d'autres considérations. Si par exemple on a de l'eau fortement chargée de sable, il ne faudra pas hésiter à choisir les turbines Pelton.

**Chutes moyennes.**

Supposons une chute de 40 mètres avec des unités de 2800 chevaux. Dans ce cas le graphique fig. 23 indique une vitesse un peu inférieure à 500 tours. En tenant compte du fait cité plus haut relativement à ce graphique, on voit que l'on pourra s'écarter sensiblement et dans les deux sens de ce chiffre de 500 tours, à condition de rester dans les limites extrêmes du  $n_s$  des turbines Francis.

**Basses chutes.**

Supposons une chute de 4,50 mètres et des unités de 1600 chevaux. Le graphique fig. 24 montre que le nombre de tours admissible dans ce cas est de 75. On peut, pour augmenter la vitesse, admettre des turbines Francis multiples à axe horizontal c'est-à-dire avec 2, 3, 4 ou même plus roues-turbines calées sur le même axe. L'usine d'Augst sur le Rhin, par exemple, comprend des groupes à 4 roues. Dans notre cas, nous aurions alors avec 4 roues 400 chevaux par roue, et le nombre de tours pourrait être poussé jusqu'à 125.

Cette solution des turbines multiples à axe horizontal ne peut guère être appliquée pour des chutes inférieures à 4 mètres à cause de la hauteur d'eau minimum nécessaire au-dessus des distributeurs. Dans les installations hydro-électriques à basses chutes les plus modernes, on a généralement adopté la solution d'une turbine Francis à une seule roue, à axe vertical. Ainsi à l'usine d'Oltén-Gösgen, sur l'Aar, on a des unités de 8000 chevaux, 93 tours, sous 10 mètres de chute, ce qui correspond à un  $n_s$  de 470, valeur un peu supérieure au chiffre de 450 que nous avons indiqué comme maximum.

On voit donc que, dans un projet hydro-électrique, le choix du système des unités, de leur grandeur, et de leur nombre de tours, n'est pas toujours chose aisée. Et, en consultant plusieurs maisons spécialistes de la construction des turbines, on sera souvent étonné de constater que leurs renseignements et leurs opinions sont loin d'être concordants. En tout état de cause, l'ingénieur-hydraulicien qui s'occupe d'un tel projet devra pouvoir se faire une opinion raisonnée sur la valeur des solutions qui lui sont proposées, et si les notes qui précèdent peuvent dans ce cas lui être de quelque utilité, le but que nous nous étions proposé en les publiant sera atteint.

## Calcul du coup de bélier dans les conduites formées de deux ou de trois tronçons de diamètres différents

par ED. CAREY, ingénieur à Marseille.

(Suite<sup>1</sup>)

Comme exemple numérique, nous traçons (fig. 4) la courbe du coup de bélier au vannage pour une fermeture en 29' secondes, calculée pour une conduite dont les éléments sont :

$$L = 1200^m \quad \gamma_0 = 510^m \quad V' = 6^m,50 \quad T = 6,54 \text{ sec.}$$

$$l' = 666^m \quad a' = 1220 \text{ m/sec.} \quad d' = 0^m,50 \quad r' = 0,122$$

$$l'' = 534^m \quad a'' = 980 \text{ m/sec.} \quad d'' = 0,70 \quad \gamma' = 1,09$$

on aura :  $\alpha = 0,41$  et  $\mu = 0,418$  ;  $v'_0 = 2,166$   
d'où  $B_2 = + 170^m$   $B_5 = + 175^m,3$

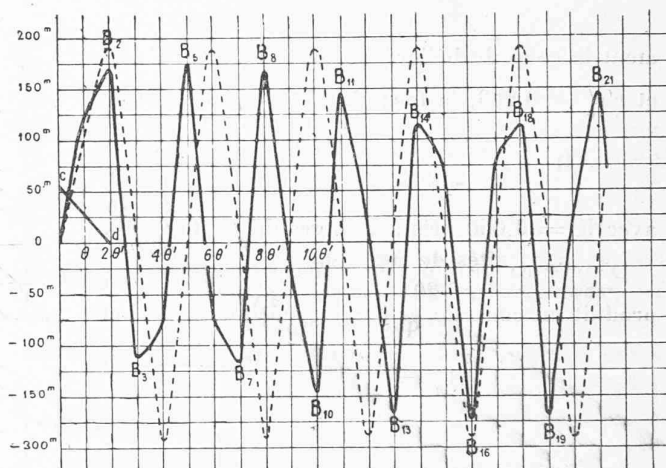


Fig. 4. — Conduites en deux tronçons.  
Coup de bélier au vannage pour fermeture complète *cd*

$$\text{en } \frac{4L'}{a} = 2,18 \text{ sec.}$$

$$v' = 2^m,17 ; \frac{d'}{d''} = \frac{5}{7} ; \mu = 0,418.$$

----- Courbe correspondante de la conduite moyenne.

La conduite moyenne a pour éléments :

$$a = 1100 \text{ m/sec.} \quad V = 5,086 \quad D = 0,565$$

$$r = 0,11 \quad \theta = 2,18$$

La courbe du coup de bélier de fermeture en  $\frac{2L}{a}$  à partir de  $v_0 = 1^m,695$ , dans la conduite moyenne, est indiquée en pointillé sur la figure ; son maximum sera de :

$$\xi = \frac{a'v'_0}{g} \cdot \left( \frac{1 + \alpha}{2} \right) = 190^m,11 \text{ (Michaud)}$$

il est donc plus fort que le coup de bélier réel (170) au même moment et le facteur de réduction est  $b = 0,893$ .

Avec les formules générales on obtient immédiate-

<sup>1</sup> Voir Bulletin technique 1919, p. 281.