La physique dans l'enseignement technique supérieur

Autor(en): **Perrier, Albert**

Objekttyp: **Article**

Zeitschrift: **Bulletin technique de la Suisse romande**

Band (Jahr): **46 (1920)**

Heft 1

PDF erstellt am: **11.09.2024**

Persistenter Link: https://doi.org/10.5169/seals-35741

47[me] année — 10 Janvier 1920 — N° 1

BULLETIN TECHNIQUE DE LA SUISSE ROMANDE

Réd. : Dr H. Demierre, ing. — Paraissant tous les 15 jou

ORGANE EN LANGUE FRANÇAISE DE LA SOCIÉTÉ SUISSE DES INGÉNIEURS ET DES ARCHITECTES

La Physique

dans l'enseignement technique supérieur

par Albert Perrier,
professeur à l'Université et à l'Ecole d'Ingénieurs de Lausanne.

(*Suite*[1])

III. **Du rôle de la physique vis-à-vis des mathématiques et de l'état d'esprit qui doit présider à son enseignement.** — D'emblée on se retrouve là en face des deux tâches qui sont celles de tout enseignement : la formation de l'esprit, l'acquisition de connaissances utiles. Prenons séparément l'une et l'autre, et d'abord la première, qui est la plus importante, qui est en général la moins bien réalisée parce que, sans doute, de beaucoup la plus difficile ; la personnalité enseignante doit s'y donner tout entière à chaque instant ; on n'en saurait dire autant de l'élaboration d'un programme et de son parcours dans un délai donné. Or, la formation intellectuelle d'un jeune ingénieur est contenue entière dans ceci : savoir appliquer le raisonnement quantitatif aux problèmes les plus divers posés par la réalité ; en d'autres termes, savoir adapter les procédés mathématiques aux fins réelles à atteindre ; qui serait approprié à tenir ce rôle, l'initiation à cet art difficile, mieux que la physique ?

Les problèmes traités dans les cours techniques sont des types posés par la vie réelle : ils sont compliqués, ne l'oublions pas, ils ne sont, la plupart du temps, accessibles qu'à des solutions approximatives, les moyens mathématiques étant trop insuffisants pour traiter les questions de façon complète.

Le professeur spécialiste doit dans chaque cas prendre les procédés mathématiques en quelque sorte tout préparés pour ce cas et ne peut pas — il n'a pas le temps et ce n'est pas son rôle — ou ne peut que très brièvement raccorder ces procédés aux notions plus générales mais moins directement applicables des cours abstraits. Cela peut être plus ou moins atténué sans doute suivant la personnalité enseignante, mais il est inévitable que, bien souvent, trop souvent, les solutions mathématiques de problèmes techniques laissent au jeune homme l'impression d'artifices habiles qui, ou bien ne lui inspirent pas confiance, ou bien lui semblent pour toujours hors de sa portée, partant complètement inutiles : et il risque de se résigner d'avance à ne compter que sur sa future routine.

Il y a, je pense, une discontinuité entre les mathématiques supérieures que doit utiliser l'ingénieur, ou mieux encore la façon dont il doit les utiliser, et les mathématiques pures que doivent exposer les cours universitaires et dont la connaissance est d'ailleurs indispensable. Cette discontinuité est effacée par la multitude des problèmes possibles de physique pure, problèmes beaucoup mieux délimités, problèmes moins amples, problèmes à moins de variables et de variables dont la signification apparaît plus immédiatement : elle ne saurait, je pense, être effacée vraiment *que* par ces problèmes.

Je ne voudrais pas que l'on se méprenne sur le sens de mon opinion : je n'envisage à aucun degré deux espèces de mathématiques, ni plus ni moins qu'il ne me viendrait à l'esprit de classer un transformateur moderne et un appareil simple, mais souple, destiné à démontrer les lois générales de l'induction dans deux physiques différentes ! Cependant le passage de l'un à l'autre est tout autre qu'immédiat.

J'ai dit plus haut avec suffisamment de netteté que je ne prétends pas dire des choses inconnues, mais j'ai la quasi certitude que les programmes ne tiennent que fort peu compte de ces faits par ailleurs certains ; j'estime donc nécessaire d'entrer, ici, en plus de détails.

Résoudre un problème dont la solution doit représenter des faits, des choses palpables, c'est le mettre en équations, appliquer les lois adéquates, résoudre et interpréter. En mathématiques, la mise en équation — ou l'expression géométrique — ne joue qu'un rôle limité, les données y conduisent presque immédiatement et c'est la solution qui constitue le travail. Il est clair que la tâche du physicien ou du technicien est précisément la complémentaire, si je puis dire, de celle-là : il doit prendre les solutions abstraites ou les transformations du mathématicien et ce sont la mise en langage mathématique des conditions données, puis la mise en valeur concrète de la solution abstraite qui sont son principal travail. Or c'est là chose difficile : j'en appelle à tous ceux qui ont fait de l'enseignement technique ou même simplement qui se souviennent de leurs débuts ! Qu'ils pensent à l'embarras, à la maladresse de jeunes gens par ailleurs déjà bons mathématiciens devant le problème le plus simple posé par un cas pris dans la réalité palpable —

[1] Voir *Bulletin Technique* 1919, p. 277.

de simples applications du principe d'Archimède même, mais présentées par une face un peu différente de celle strictement habituelle et schématique, suffiront à les faire hésiter, voire à les empêcher de reconnaître de quoi il s'agit ; — qu'ils pensent aussi à la satisfaction ressentie lorsque sont posées des questions pour lesquelles il n'y a qu'à suivre le bon sentier mathématique ; qu'ils pensent enfin au désappointement lorsque, les équations résolues, ou intégrées, il faut encore une discussion numérique, la *réalisation* des résultats !

C'est donc qu'il y a là vraiment une sérieuse difficulté et c'est à la vaincre que je vois un devoir capital de l'enseignement de la physique : sur ces cas concrets, si possible correspondant à des expériences faites sous les yeux, exercer à trouver la solution complète à partir des données — il y a de la place pour cela aux cours et il y a de la place aux exercices — s'exercer à formuler les *conditions* en langage mathématique ; et je pense ici très particulièrement aux conditions sous forme infinitésimale qui sont le pain quotidien des sciences techniques (que ce soit établissement d'expressions intégrales ou d'équations différentielles). L'étudiant, à la fin de ses études techniques, devrait y être rompu et il ne faut pas que le professeur ingénieur doive s'arrêter encore à des explications de cet ordre. Un cours de physique bien compris peut en donner occasion à chaque pas pour ainsi dire, des occasions à la fois variées et relativement simples. Et puis il y a lieu de prendre garde à la rigueur : traités et cours escamotent volontiers trop de choses qui laissent à l'étudiant moyen l'impression qu'il existe des mathématiques pour mathématiciens et... d'autres. La physique offre des possibilités superbes de voir jouer en quelque sorte des infiniment petits d'ordres différents, et les cas où tels d'entre eux peuvent être négligés deviennent fort clairs avec un peu de précaution ; je pourrais multiplier ces exemples.

Je suis fermement convaincu qu'après l'étude de domaines divers traités par le calcul infinitésimal avec soin et attention, domaines où des liaisons formellement analogues existent entre des variables, *grandeurs physiques* de diverses espèces, d'observation plus ou moins immédiate ou même sensorielle, une équation différentielle devient une condition presque transparente si je puis dire, un être vivant et non plus ces signes abstraits dont seuls des artifices quelque peu acrobatiques font sortir des fonctions comme des pantins d'une boîte. De même les constantes arbitraires, les conditions aux limites etc., pourront acquérir chair et sang et cesser d'être ces appendices sans importance, résidus embarrassants de beaux calculs.

Du même coup, en même temps que l'entraînement à appliquer les mathématiques à la réalité, il est manifeste qu'on réalise la meilleure des assimilations des éléments de mathématiques supérieures dans leur maniement comme, peut-être, dans leur *compréhension* ; je crois que cet avantage ne saurait, à aucun degré, exister aussi nettement avec les cours proprement techniques.

Mais je reviens particulièrement là-dessus : il est du devoir du professeur de physique de vouer tous ses soins à l'application des lois de la nature à des cas concrets par les procédés mathématiques. Il faut un certain temps pour établir une équation différentielle ; pour en gagner si cela est nécessaire, qu'on laisse de côté toute transformation d'ordre purement mathématique mais, encore une fois, *que la liaison avec la réalité soit aussi claire, aussi complète, aussi continue que faire se peut* ; et que toute hypothèse simplificatrice soit mise bien en relief avec sa signification physique dans la mesure du possible. *Il faut absolument sortir de l'abstraction sans cesser d'être rigoureux, je dirai même afin de pouvoir être rigoureux en physique* [1].

Je me suis arrêté surtout à la mise en expressions mathématiques; des remarques symétriques doivent être faites sur la dernière phase, le transport dans la réalité des résultats (nous avons laissé de côté la phase intermédiaire purement mathématique). Là, le calcul numérique doit intervenir de toute nécessité. C'est là surtout la mission des exercices faits en dehors du cours — j'y reviens plus loin — mais on ne saurait s'en dispenser au cours non plus. Nous n'avons pas à former des philosophes élucubrant doctement dans le vague, mais des gens sachant manier et dominer la réalité ; toute constante et toute fonction devront être particularisées par des données numériques connues ; l'étudiant doit acquérir peu à peu une idée nette de leurs limites de valeurs usuelles — sans jamais, bien entendu, mémoriser de constantes ; — et cela implique la nécessité d'une possession parfaite *des* systèmes d'unité, aussi bien que de la *notion de dimension* des grandeurs. Cela particulièrement est hors du cadre d'un cours de mathématiques où les grandeurs variables ou constantes sont, si je puis dire, impersonnelles. Il faut arriver, au contraire, à ce que tout symbole représente quelque chose de mesurable. J'enfonce de nouveau une porte ouverte, cela va sans dire, mais je demanderai à mes collègues ingénieurs s'ils sont rares leurs élèves, bons calculateurs abstraits, qui commettent des erreurs variées autant que monumentales lors de l'expression ou surtout de la discussion numérique de leurs résultats. Je n'hésite pas à affirmer que la faute en est à la physique, manque d'exercice ou insuffisance de l'enseignement dans ce sens, le plus souvent les deux raisons à la fois.

Cela demandera sans doute quelques efforts supplémentaires de la part de l'étudiant, cependant combien récompensés dans la suite de ses études. Mais cela exige surtout des efforts persévérants du personnel enseignant ; ce qui rend, en effet, l'enseignement de la physique particulièrement difficile, c'est précisément cette nécessité de faire usage sans cesse et du raisonnement rigoureux et de la description des faits; la tentation est forte de

[1] J'ai connu un professeur, d'ailleurs bon calculateur, qui entre autres nombreux actes de ce genre, ne reculait pas devant ces mots : « ...et, si nous faussons légèrement notre calcul... », puis arrivait sans hésitation ni arrêts au but, à la formule qui lui plaisait. Je me dispense de commentaires.

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.*)[1]

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, $n_s = 450$

[1] Voir *Bulletin technique* 1919, p. 257.

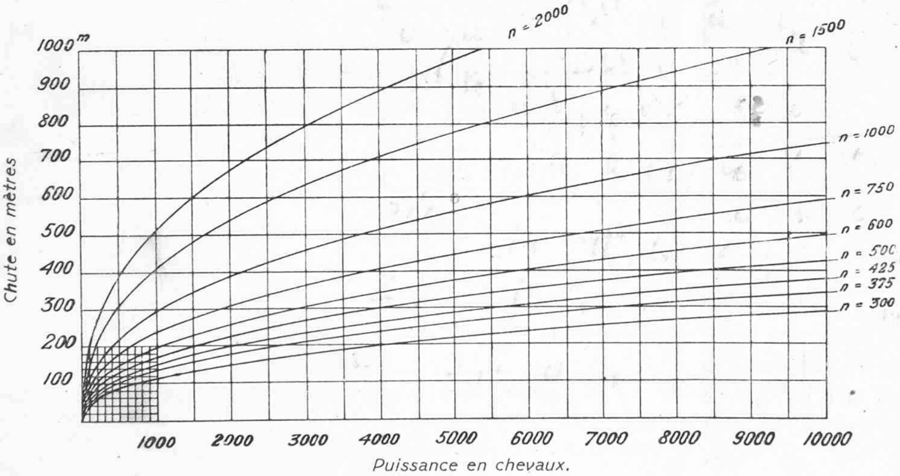

Fig. 20. — Turbine Pelton à 1 jet. — $n_s = 26$ (max.).

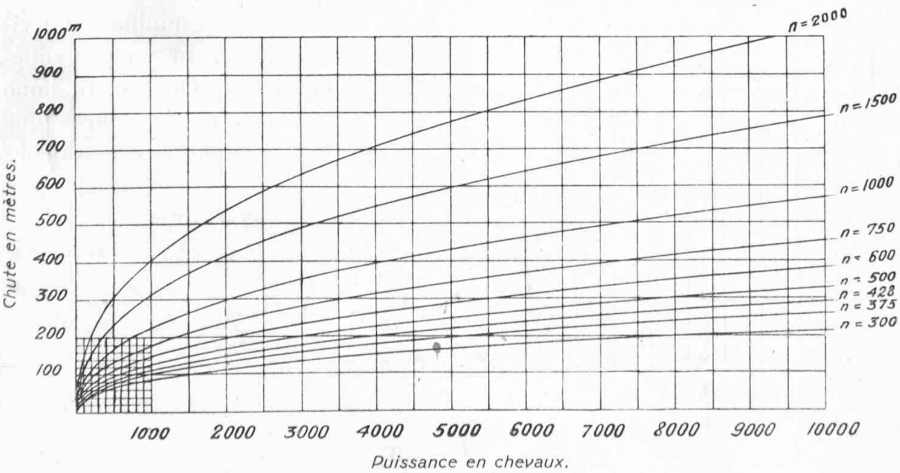

Fig. 21. — Turbine Pelton à 2 jets. — $n_s = 36$ (max.).

Les valeurs de 26 et 36 pour turbines *Pelton* à 1 et 2 jets sont plus élevées que celles que nous avions 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 intermédiare. 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 limités fixées pour les n_s extrèmes (50 et 450).

Dans ces différents graphiques, nous avons porté en abcisses 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