

# Représentation graphique facilitant la recherche d'aménagements hydro-électriques rationnels

par Robert BLOM, Ingénieur hydraulicien à la Compagnie générale d'électricité

L'étude d'un aménagement hydroélectrique peut consister en la recherche des dispositions permettant de capter l'énergie d'une rivière, entre deux points bien déterminés de son cours. C'est le cas des installations destinées à exploiter l'avantage de conditions locales, hydrographiques ou topographiques, particulièrement favorables. Une déclivité naturelle importante, par exemple, ou un emplacement convenable à l'édification d'un barrage, peuvent imposer, par des raisons techniques et

nomique d'énergie, et dont l'étendue, ou la complexité nécessite un aménagement divisé en plusieurs chutes distinctes. L'étude de la répartition rationnelle des différentes chutes sur l'ensemble du système envisagé, devient alors un problème très délicat, qui dans beaucoup de cas, ne peut pas être résolu d'une façon satisfaisante par les moyens de prospection ordinaires. En effet, malgré la quantité et la précision des renseignements qu'on a pu recueillir sur les caractéristiques naturelles des rivières à aménager,

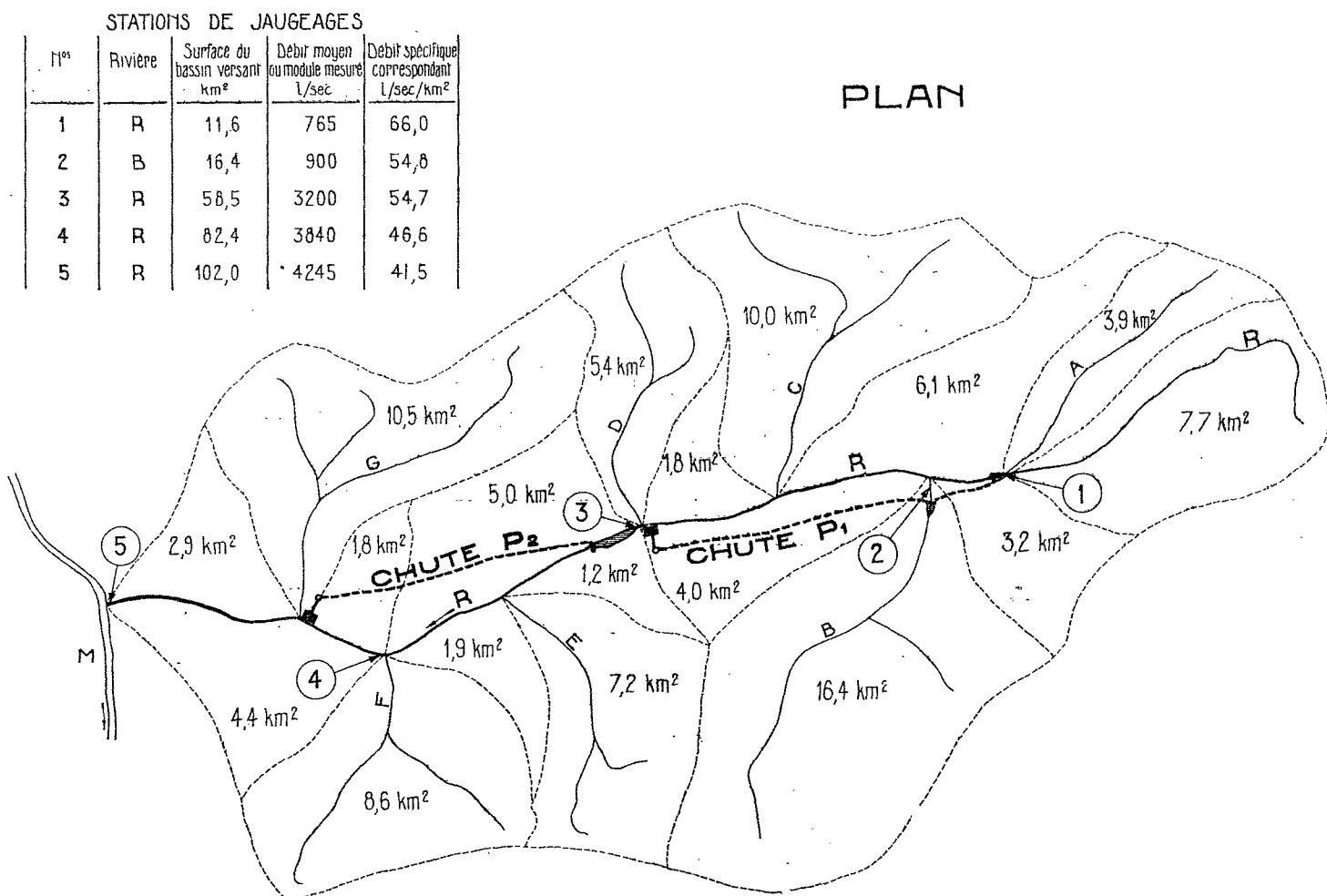


Fig. 1

économiques évidentes, les limites rationnelles d'utilisation d'un cours d'eau. Nous ne parlons ici, bien entendu, que des limites géographiques d'utilisation, l'étude de l'aménagement proprement dit (emplacements et dimensions des ouvrages) reste, dans tous les cas, un problème complexe dont la solution doit satisfaire à un grand nombre de considérations d'ordres divers.

La question est toute différente lorsqu'il s'agit non plus d'une installation hydroélectrique isolée, mais de la captation d'un cours d'eau ou d'un système de cours d'eau, présentant, dans son ensemble, les qualités requises pour la production éco-

Il est inévitable de mener l'étude par tâtonnements, lorsqu'on ne possède pas un moyen de coordonner les différents éléments qui concourent à donner plus ou moins de valeur productive à une installation ou à une autre.

C'est devant cette difficulté que nous avons cherché à représenter graphiquement, en une seule figure, l'importance de la quantité d'énergie susceptible d'être tirée d'entre deux points quelconques d'un système.

Nous supposons connues les dispositions topographiques générales des cours d'eau à étudier, soit : un plan avec indication du relief de tout le bassin-versant, et un profil en long. No-

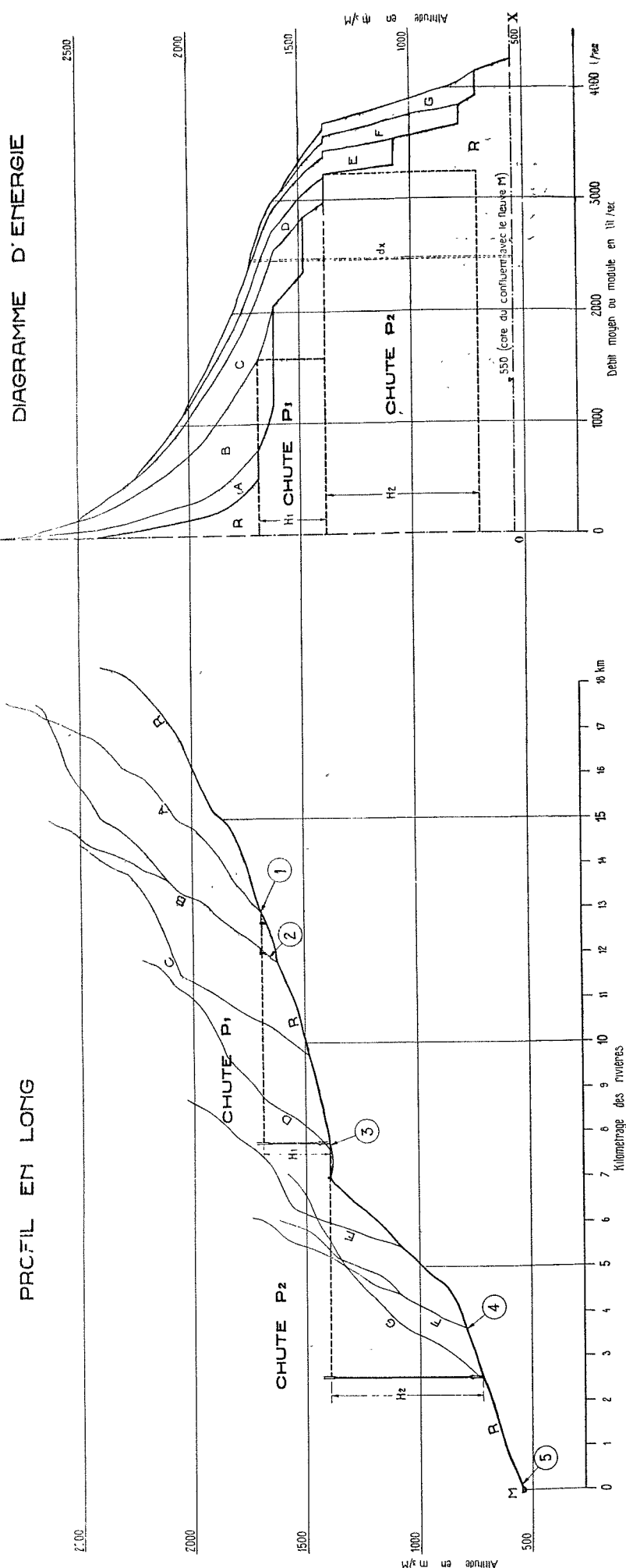


Fig. 2

admettons aussi que des observations suffisamment complètes ont été faites sur les débits, pour permettre d'évaluer le régime approximatif en n'importe quel point de l'ensemble. Dans l'exemple que nous donnons ici (fig. 1 : plan ; fig. 2 : profil en long), cinq stations de jaugeages ont été installées aux endroits les plus caractéristiques du bassin versant, et les résultats des observations sont portés sous forme du chiffre de débit moyen ou module relevé à chacune d'elles.

La représentation graphique préconisée (fig. 2) qui est, en réalité, un diagramme d'énergie, est obtenue de la façon suivante :

- les ordonnées sont les altitudes comptées au-dessus d'un plan de comparaison O-X situé au-dessous du point le plus bas de l'aménagement à étudier (les altitudes sont ici en projection avec celles du profil en long).

- les abscisses représentent, comptées depuis un axe vertical quelconque O-Y, le débit annuel moyen ou module correspondant à l'altitude.

En d'autres termes, la longueur totale d'une abscisse d'altitude déterminée représente le débit moyen total passant à travers un plan horizontal situé à cette altitude, et coupant tous les cours d'eau du système étudié. Les débits moyens de chaque cours d'eau sont cumulés pour fournir l'abscisse totale à une altitude donnée. C'est ainsi que le débit de la rivière principale R est porté le plus près de l'axe O-Y (trait fort), et les débits de chaque affluent (A, B, C) totalisés, à la suite, sur la même abscisse (traits fins). On voit alors, à l'altitude d'un confluent, le débit moyen de la rivière R brusquement augmenté du débit de l'affluent.

Les différents points permettant la construction de ces courbes de débits moyens en fonction de l'altitude, sont calculés par interpolation et extrapolation, en partant des résultats obtenus aux différentes stations de jaugeages et en s'aidant des surfaces des bassins versants élémentaires tels qu'ils sont tracés au plan de la figure 1. Les observations pluviométriques, s'il en existe, peuvent être très utiles pour établir la répartition des débits spécifiques moyens sur les bassins versants élémentaires.

Considérons un élément vertical de largeur  $dx$  et de hauteur  $y$ , limité par l'axe  $o-x$  et par la courbe des débits moyens totaux (courbe extrême) de la figure obtenue ; la surface de cet élément,  $ds = y dx$ , représente le produit d'un élément de débit moyen par la hauteur dont il descend avant de traverser le plan O-X, et, par suite, la puissance qu'il développe pendant cette descente. La surface de la figure comprise entre deux plans d'altitudes  $Y_1$  et  $Y_2$ , a pour valeur

$$S = \int_{Y_1}^{Y_2} Y dx,$$

et représente la puissance moyenne totale développée par les eaux du système pendant leur chute de l'altitude  $Y_2$  à l'altitude  $Y_1$ . Enfin, la surface totale

de la figure sensiblement triangulaire limitée par les axes O-X, O-Y, et par la courbe extrême des débits moyens, représente la puissance moyenne totale développée par toutes les eaux des rivières considérées, depuis leurs sources respectives, jusqu'à leur passage à travers le plan inférieur O-X.

On remarque que la puissance moyenne d'une installation hydroélectrique quelconque, peut alors être représentée par un rectangle inscrit dans le diagramme. Le rectangle aura pour largeur le débit moyen disponible (abscisse à l'altitude de la prise d'eau), pour hauteur, la hauteur de chute de l'installation, et sa surface sera la puissance moyenne théorique disponible.

L'aménagement d'ensemble le plus productif est alors celui dont la construction graphique établie ainsi, recouvre la plus grande partie de la surface du diagramme.

En s'aidant du plan et du profil en long, il est possible de représenter de cette façon n'importe quel type d'installation, y compris toutes les combinaisons de traversée d'une vallée dans une autre, de captation d'affluents au passage, et même d'accumulation par pompage.

A titre d'exemple, nous avons figuré ici, en plan, en profil et sur le diagramme d'énergie les deux chutes  $P_1$  et  $P_2$ , dont les seules particularités sont que la dérivation de la chute  $P_1$  capte au passage les eaux de l'affluent B, et que la prise d'eau de la chute  $P_2$  est faite dans un lac naturel.

Cet exemple est purement schématique et ne résulte pas d'une étude. On voit que la puissance moyenne théorique de ces deux installations très simples représente environ 50 % de la puissance moyenne naturelle totale développée par tous les cours d'eau du système, depuis leurs sources jusqu'au confluent du fleuve M. Il aurait été très difficile, sans le secours du diagramme d'énergie, de dégager ce schéma d'aménagement qui, dans ses grandes lignes, fait certainement partie de l'un des plus rationnels.

Une foule d'autres chutes peuvent être encore aménagées sur le bassin étudié, mais il apparaît nettement que les deux installations  $P_1$  et  $P_2$  sont la base de l'aménagement rationnel d'ensemble et que, dans un schéma qui les négligerait, il fau-

drait un plus grand nombre d'usines pour obtenir une production d'énergie de même importance.

Un point particulier de l'exemple donné ici, montre l'utilité de l'emploi du diagramme d'énergie : c'est le choix de la limite aval de la chute  $P_2$  (lieu de restitution des eaux). L'examen du plan et du profil en long seuls peut conduire à préconiser de situer l'usine  $P_2$  en amont immédiat du confluent de F et de reprendre en une nouvelle chute  $p_3$ , toutes les eaux disponibles en ce point (y compris celles de F) pour ne les restituer qu'au fleuve M. Or, la représentation graphique de ces deux nouvelles chutes  $p_2$  et  $p_3$  (non figurées ici), sur le diagramme d'énergie, fait ressortir au premier coup d'œil un accroissement de production d'environ 25 % (par rapport à la chute  $P_2$  du premier schéma) tandis que la longueur des canaux d'amenée nécessaires est augmentée de 75 % et que les travaux comportent une prise d'eau et une usine supplémentaires. D'autre part, le prolongement de la chute  $P_2$  jusqu'au fleuve M fait apparaître, de la même façon, un accroissement de production de 20 % seulement (rectangle  $P_2$  du diagramme d'énergie descendu jusqu'à l'axe O-X), tandis que l'allongement du canal d'amenée est de 75 %.

Il est évident que la méthode ne permet pas, à elle seule, de déterminer le moyen le plus économique de capter l'énergie d'un ensemble de rivières. Le but à atteindre est rarement d'obtenir le maximum de kWh sous une forme quelconque. La nécessité de régulariser les débits naturels, fait que le problème de recherche des emplacements propices à l'aménagement de réservoirs artificiels, reste entier. De plus, des conditions topographiques ou géologiques défavorables peuvent s'opposer finalement à la réalisation d'un schéma qui, par ailleurs, présente des avantages productifs indiscutables.

Le diagramme d'énergie permet, lorsqu'on entreprend l'étude d'un aménagement hydraulique complexe, de se diriger, dès les premiers pas, vers les solutions présentant les meilleures qualités théoriques. Par la suite, lorsque des considérations locales ont conduit à modifier le premier schéma théorique envisagé, et que la solution pratique est dégagée, l'emploi du diagramme d'énergie laisse la certitude qu'aucune tranche d'énergie naturelle susceptible d'être captée avantageusement, n'a été ignorée.