

# Étude de grilles pour prises d'eau du type " en dessous "

## Study of bottom type water intake grids

PAR

J. ORTH, CHEF DU SERVICE TRAVAUX & E. CHARDONNET ET G. MEYNARDI, INGÉNIEURS

A L'ÉLECTRICITÉ DE FRANCE, RÉGION DE L'ÉQUIPEMENT HYDRAULIQUE ALPES II

*Les grilles de prise du type « en-dessous », sur le fond des torrents, doivent : absorber le plus d'eau possible sur le minimum de longueur, évacuer effectivement les cailloux refusés. — Essais systématiques, sur modèle au 1/5<sup>e</sup>, de divers profils de barreaux. — Supériorité d'un profil hydrodynamique. — Comparaison des résultats expérimentaux avec les résultats théoriques donnés par une méthode approchée précédemment proposée par M. Bouvard (Houille Blanche, n° 2, 1953).*

*Bottom type water intake grids on the bottom of torrents must absorb as much water as possible over the minimum length and properly evacuate rejected stones. Systematic tests on a 1/5 scale model of various grid-bar profiles. Superiority of a hydrodynamical profile. Comparison of the experimental results with theoretical results obtained by an approximation method previously proposed by M. BOUVARD (La Houille Blanche, n° 2, 1953).*

La prise dite « en dessous » est un artifice permettant de capter l'eau de ces torrents au cours très accidenté et sujets à d'amples variations de débit, que l'on rencontre fréquemment dans les hautes vallées des Alpes.

Le principe en est d'amener l'eau et les alluvions qu'elle charrie à passer sur une grille plus ou moins inclinée sur l'horizontale, dont le rôle est d'opérer un premier tri des apports solides; l'eau et les matériaux fins tombent dans une fosse de captage, évidemment située sous la grille, tandis que les cailloux et les grosses pierres roulent sur les grilles et sont éliminés.

De tels ouvrages doivent être simples et rustiques, parce que trop souvent d'accès difficile par mauvais temps, et totalement impossible en hiver.

Depuis 1950, la Région d'Équipement Hydrauliques Alpes II a mis en service plusieurs prises « en dessous » dont les grilles furent constituées de rails retournés. Ce profil fut choisi autant pour faciliter l'évacuation des cailloux que pour résister aux chutes de pierres toujours à redouter

au fond des ravins. La surface des grilles fut déterminée par le calcul, les données étant : la vitesse de l'eau, la pente des barreaux, le rapport plein/vide.

L'exploitation de ces prises a montré que le captage de l'eau laissait à désirer : une certaine quantité d'eau chemine sur les patins des rails provoquant des pertes non négligeables.

Pour pallier cet inconvénient, différents remèdes ont été proposés, consistant soit à incliner la surface des patins, soit à l'arrondir. Devant la diversité des solutions possibles, nous avons décidé de rechercher expérimentalement le profil optimum. Celui-ci devait répondre aux trois conditions suivantes :

- Absorption totale du débit nominal de la prise pour une longueur de grille minimum;
- Evacuation effective des cailloux et des blocs refusés;
- Résistance appréciable aux chutes de pierres.

### Dispositif d'essai

Le dispositif d'essai permettait de mesurer commodément le débit absorbé par une grille inclinée en fonction de ses conditions d'alimentation. Il offrait en outre la possibilité de comparer les résultats expérimentaux aux résultats donnés par le calcul.

Les essais ont été effectués sur le modèle réduit au 1/5 de la prise du Grand Pyx, affluent du Doron de Termignon, provenant du glacier de la Vanoise, capté pour l'alimentation de la chute d'Aussois, à 2.000 m d'altitude, au fond d'un sillon d'érosion torrentielle. Les caractéristiques principales en sont :

- Débit dérivé : 3 m<sup>3</sup>/s.
- Surface totale de grille :  
largeur, 2 m; longueur, 4 m.
- Rapport plein/vide : 2,2.
- Inclinaison : 20 %.

Le modèle (fig. 1) a été construit de façon à rendre réglables séparément l'inclinaison des grilles et celle du canal d'approche. La vitesse de l'eau dans le canal était ajustable.

Les pertes par cheminement le long des rails ou des barreaux étaient recueillies à l'extrémité aval du panneau de grilles essayé grâce à un canal transversal et mesurées par un déversoir taré.

Connaissant le débit envoyé sur le modèle  $Q'$ , il fut convenu de désigner par « rendement » du panneau le terme  $(Q' - q')/Q'$ ,  $q'$  représentant les pertes.

De l'échelle des longueurs  $(L'/L) = 1/5$ , nous déduisons le rapport de similitude des vitesses et des débits. La loi de FROUDE, pour un écoulement en surface libre, donne le rapport des vitesses :

$$\frac{V'}{V} = \left(\frac{L'}{L}\right)^{1/2} = \frac{1}{2,34}$$

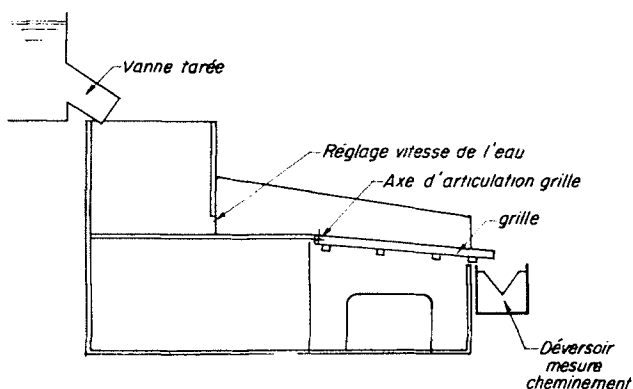


FIG. 1

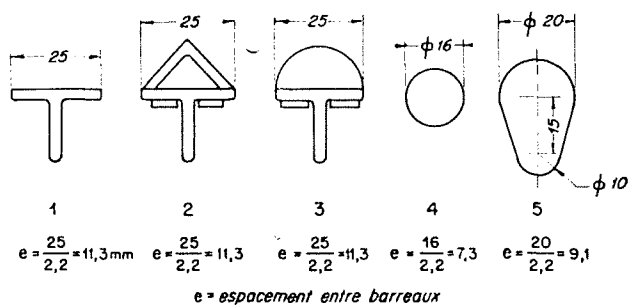


FIG. 2

d'où le rapport des débits :

$$\frac{Q'}{Q} = \left(\frac{L'}{L}\right)^{1/2} \times \left(\frac{L'}{L}\right)^2 = \frac{1}{56}$$

Les profils essayés sont les suivants (fig. 2) :

- Le profil 1 en T, reproduction au 1/5 des rails mis en place;
- Les profils 2 et 3, obtenus en posant sur le T, soit un demi-rond, soit une cornière. Cette transformation peut se faire sur les ouvrages déjà exécutés;
- Le profil 4 en rond de 16, correspondant à des tubes de 80;
- Enfin, le profil 5 en « couteau », imaginé par l'un de nous pour :

a) Eviter le coincement des cailloux;

b) Assurer le passage de l'eau sans remous entre les barreaux, donc sans qu'elle décolle des flancs des barreaux;

c) Offrir une résistance à la flexion au moins égale à celle des rails.

Dans tous les panneaux réalisés avec ces différents profils, nous avons maintenu constant le rapport plein/vide = 2,2, ainsi que la surface totale de la grille.

### Résultats expérimentaux

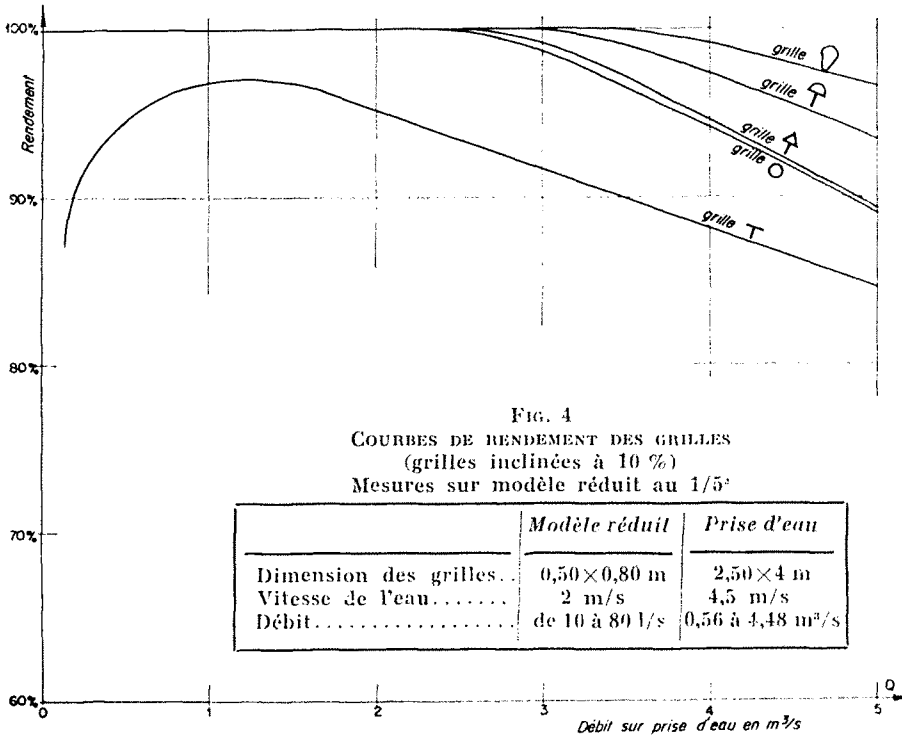
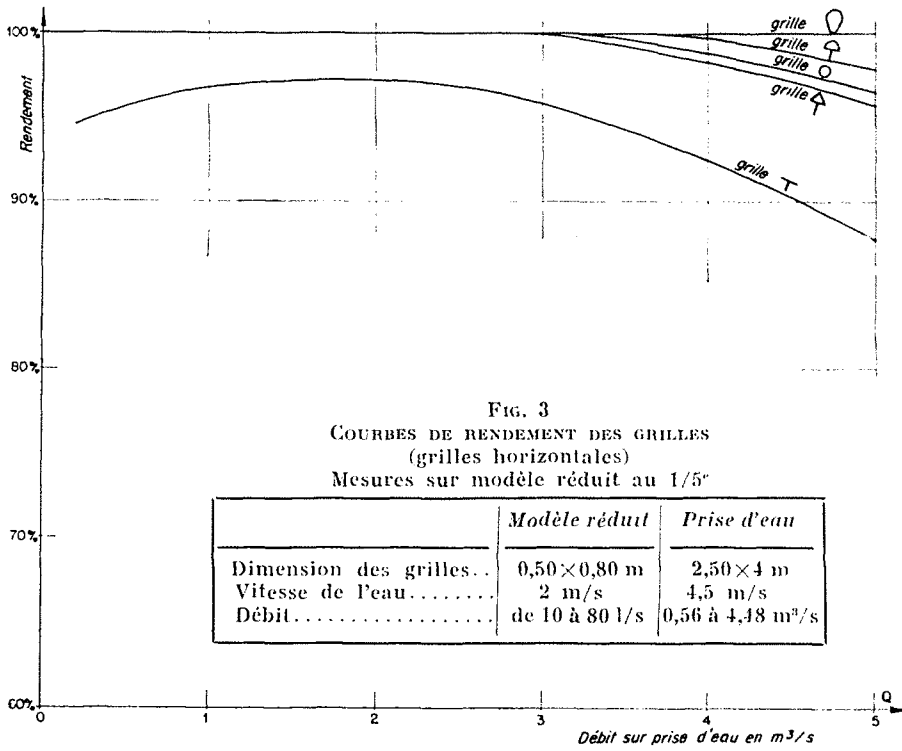
La quantité d'eau absorbée varie avec la vitesse d'arrivée sur les grilles. D'autre part, comme cette vitesse est très variable et difficilement mesurable dans la réalité, nous nous sommes contentés de faire des essais dans des conditions identiques, de façon à obtenir des résultats comparables entre eux. Nous insistons bien sur le fait que nos mesures n'ont rien d'absolu, mais sont destinées uniquement à déterminer le meilleur profil.

Pratiquement, nous avons maintenu une charge de 20 cm d'eau dans le bac de tranquillisation, ce qui donne une vitesse  $V'$  de 2 m/s.

Le radier étant horizontal, nous avons incliné les grilles successivement à 0 % - 10 % - 20 %.

Les graphiques 3, 4 et 5 montrent les courbes de rendement de chacun des profils en fonction des débits envoyés sur les grilles.

Les photos ci-jointes (fig. 6, 7, 8, 9) mettent en évidence les écarts de rendement constatés. De plus, elles font ressortir l'effet de rebondissement de l'eau sur les traverses-supports de barreaux. Il est bien certain que ce phénomène,



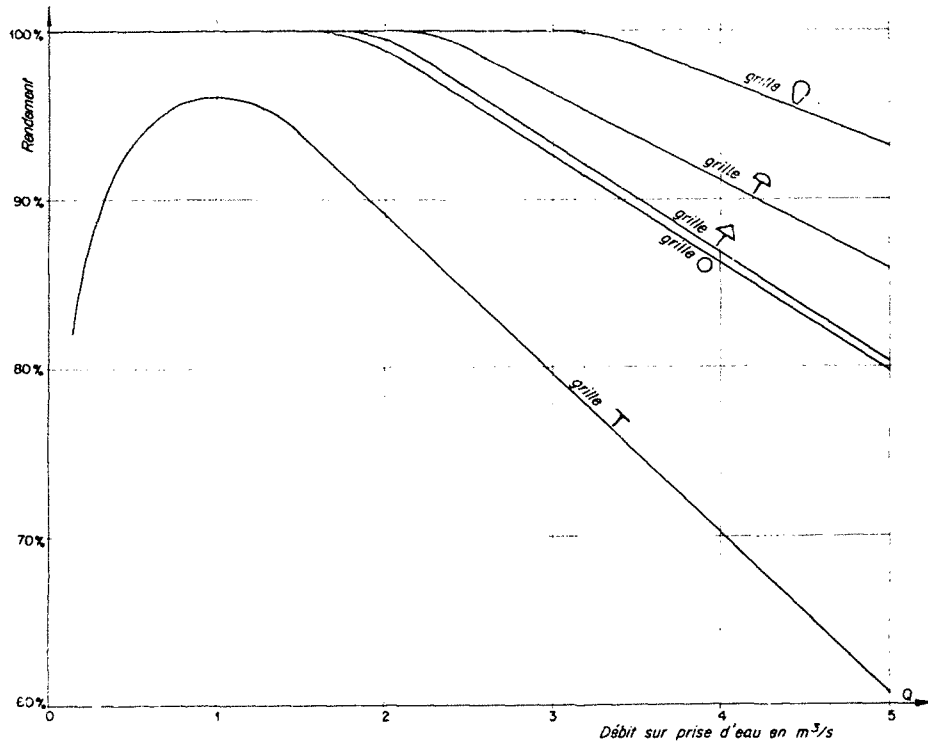


FIG. 5

COURBES DE RENDEMENT DES GRILLES  
(grilles inclinées à 20°)

Mesures sur modèle réduit au 1/5°

	Modèle réduit	Prise d'eau
Dimension des grilles..	0,50 × 0,80 m	2,50 × 4 m
Vitesse de l'eau.....	2 m/s	4,5 m/s
Débit.....	de 16 à 80 l/s	0,56 à 4,48 m³/s

remarqué tout au long de nos essais, joue son rôle dans la caractéristique de rendement. Cela nous a conduits à profiler les traverses et à procéder à des mesures comparatives dont les résultats sont les suivants.

- Pour un débit de 50 l/s et une pente de 10 % :
- Avec des traverses rectangulaires, la longueur mouillée est de 75 cm;
  - Avec des traverses profilées, la longueur mouillée est de 60 cm.

Ces résultats se passent de commentaires; il faut donner un profil hydraulique aux traverses.

Cette constatation semble assez bien expliquer les différences de rendement qui ressortent des graphiques 3, 4 et 5 entre les grilles en ronds de 16 et celles en demi-fonds fixés sur les T, alors que nous pouvions prévoir des résultats équivalents. Les traverses, dans les deux cas, sont à des distances différentes de la surface libre de la grille : 16 mm pour les ronds, 25 pour les

demi-ronds. Il en résulte un rebondissement plus intense dans le premier cas que dans le second et, par suite, une appréciable augmentation des pertes.

#### Comparaison des résultats obtenus avec les résultats théoriques

Les essais sur le modèle réduit de la grille munie de barreaux en « couteau » nous ont permis une comparaison fort intéressante entre certaines valeurs mesurées expérimentalement et les mêmes valeurs calculées d'après une méthode exposée dans un des numéros précédents de *la Houille Blanche* (\*) par notre collègue M. BOUVARD.

Rappelons brièvement le principe de cette méthode :

(\*) Cf. *la Houille Blanche*, n° 3, mai 1953.

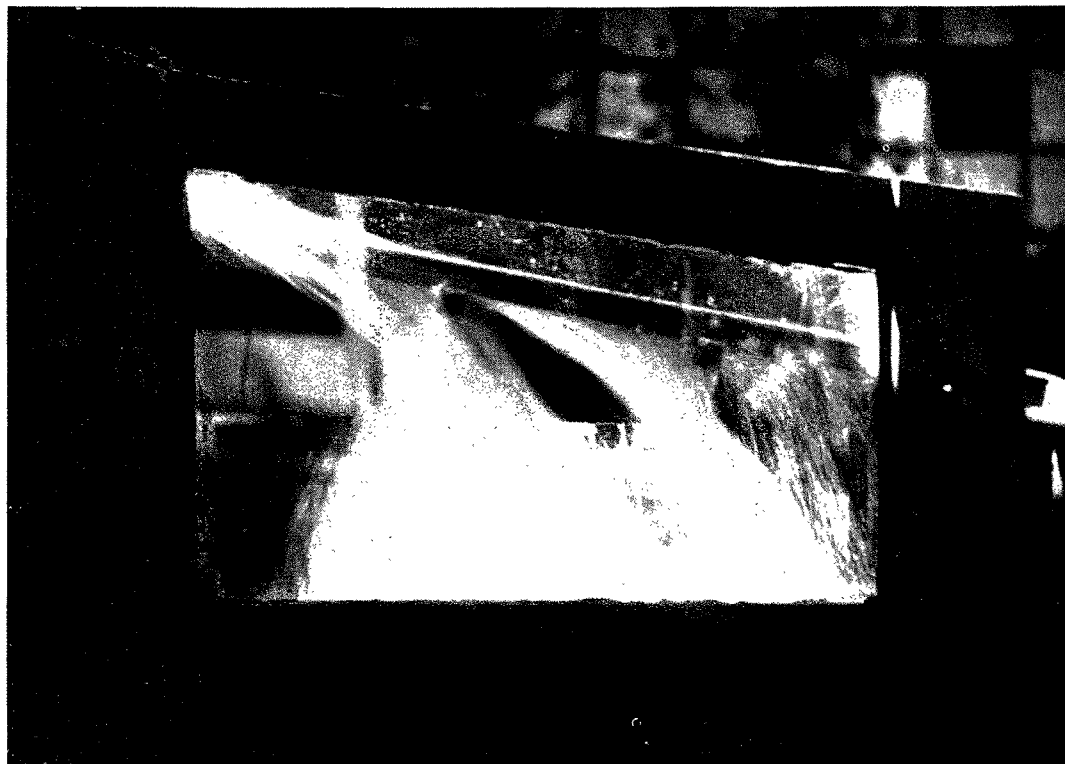


FIG. 6. --- Débit 10 l/s --- pente 20 % --- profil en T

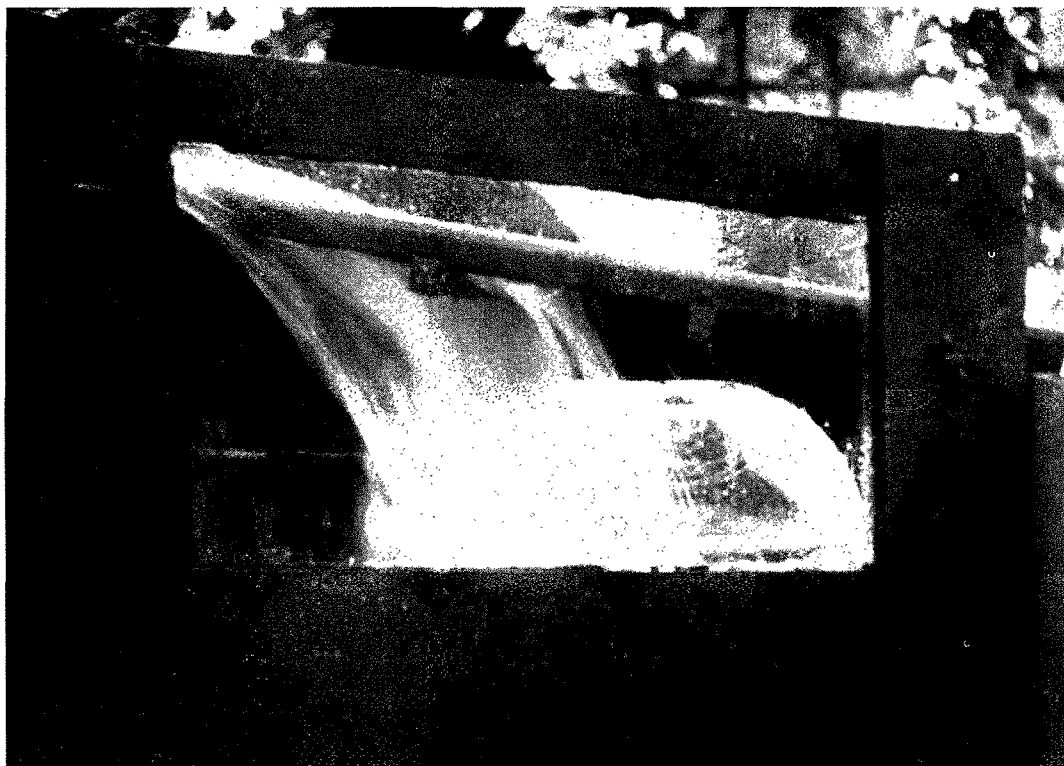


FIG. 7. --- Débit 10 l/s --- pente 20 % --- profil couteau



FIG. 8. — Débit 60 l/s -- pente 20 % -- profil en T



FIG. 9. — Débit 60 l/s -- pente 20 % -- profil couteau

La longueur de la grille est divisée en plusieurs tronçons.

Soit  $S_1$  et  $S_2$  les sections limitant à l'amont et à l'aval un de ces tronçons,  $h_1$  et  $V_1$  la hauteur d'eau et la vitesse à l'entrée.

La méthode permet de calculer  $h_2$  et  $V_2$ , c'est-à-dire de tracer la ligne d'eau en partant des conditions à l'entrée de la grille.

Si  $h_2$  est la valeur recherchée, supposée connue, le débit  $q$  traversant la grille dans le tronçon  $S_1 - S_2$  est égal à :

$$q = l \Delta S \alpha \frac{\sqrt{2g} h_1 + \sqrt{2g} h_2}{2} \quad (I)$$

( $l$  = largeur de la grille;  $\alpha$  = coefficient de vide)

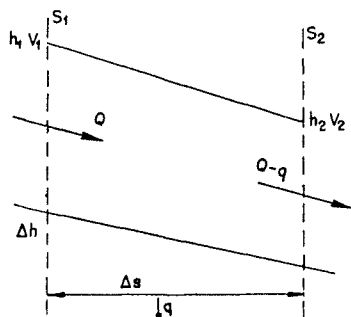


FIG. 10

D'autre part, si l'on suppose que les pertes de charge sont nulles, le théorème de BERNOULLI permet d'écrire que la charge spécifique dans la section 2 est égale à celle dans la section 1 majorée de  $\Delta h$  :

$$h_1 + \frac{V_1^2}{2g} + \Delta h = \frac{Q - q}{l} + \frac{(Q - q)^2}{2g l^2 h_2^2} \quad (II)$$

Le système I — II résoud implicitement le problème. Pratiquement, on choisit, comme première valeur pour  $h_2$ ,  $h'_2 = h_1$ . On en déduit  $q'$ , première approximation de  $q$  par excès. La connaissance de l'énergie spécifique dans la section 2, où le débit approché par défaut est  $Q - q'$ , permet le calcul classique de  $h''_2$ , seconde approximation de  $h_2$ , par défaut cette fois-ci.

$$h''_2 < h_2 < h'_2$$

On continue ainsi de suite, le calcul est rapidement convergent.

La comparaison a été faite pour trois essais relatifs au panneau de grille avec barreaux, profil « couteau ». Le tableau suivant donne les résultats de cette comparaison :

Essais	Débit	Pente	Longueur mouillée	
			Calculée	Mesure moyenne
I	30 l/s	10 %	30 cm	30 cm ± 2
II	60 l/s	20 %	50 cm	50 cm ± 4
III	80 l/s	10 %	60 cm	65 cm ± 5

(Voir les figures 11, 12, 13.)

La concordance est très satisfaisante. On peut en conclure que la méthode de calcul proposée traduit suffisamment bien la réalité, dans le cas du profil essayé.

### Essais de charriage

Il fallait également examiner comment l'engravement des grilles pouvait être évité. Etant donné la diversité de formes et de natures des matériaux charriés par l'eau, il a fallu se borner à une étude purement qualitative.

En prenant pour base ce que nous avons observé sur les ouvrages existants et au cours des expériences faites sur le modèle réduit, expériences qui consistaient à faire passer des graviers sur les grilles, nous avons constaté qu'un solide, d'une dimension voisine de l'espacement entre deux barreaux, se coince inmanquablement quel que soit le profil utilisé. Il est utile de signaler ici que tout profil, dont la partie supérieure est arrondie, facilite l'engagemment des cailloux entre les barreaux.

Toutefois, des éléments de formes quelconques peuvent parcourir la grille de bout en bout, s'ils ne se trouvent pas dans une position favorable au coincement. Il est possible de parvenir à un tel résultat, ou, plus exactement, de diminuer les risques de coincement, en évitant le roulement désordonné des corps solides. Il faut pour cela s'attacher à ne pas perturber l'écoulement de la lame d'eau, ce qui peut être obtenu en donnant au canal d'approche et sur une longueur suffisante, une pente identique à celle des grilles.

Dans cette perspective, nous avons constaté, en étudiant le problème général du passage des matériaux sur les grilles, celles-ci étant plus ou moins inclinées, que le « facteur pente » intervient peu, tout au moins dans les limites admises par la condition de rendement, ce qui s'explique par les frottements des pierres sur les barreaux,

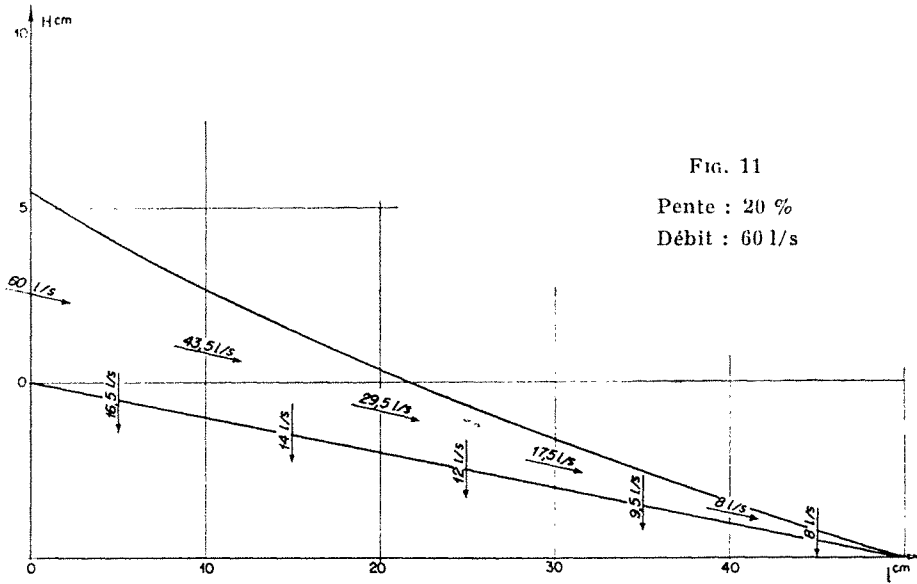


FIG. 11  
Pente : 20 %  
Débit : 60 l/s

GRILLES  
DE PRISE  
PAR  
EN-DESSOUS

Caractéristiques :  
Largeur, 50 cm  
Profil couteau

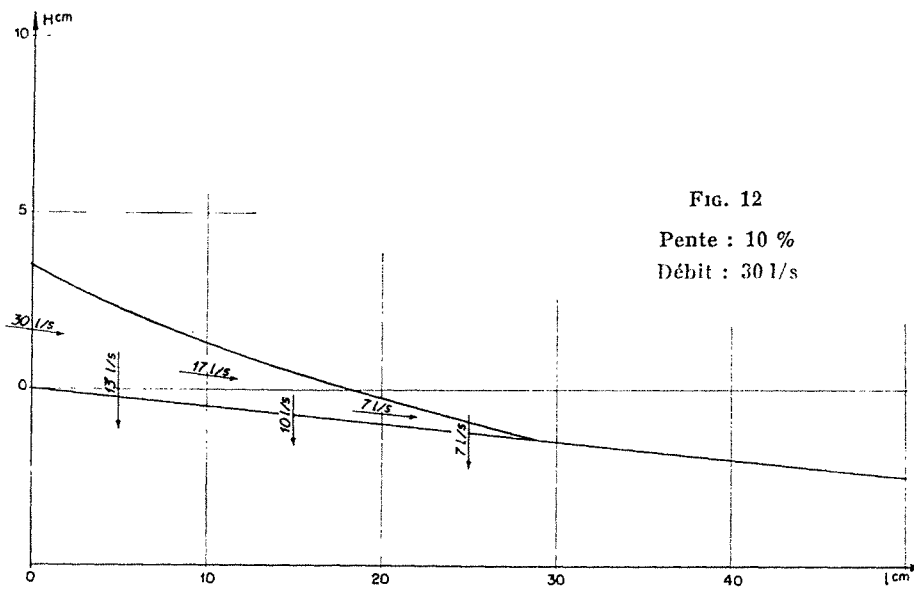


FIG. 12  
Pente : 10 %  
Débit : 30 l/s

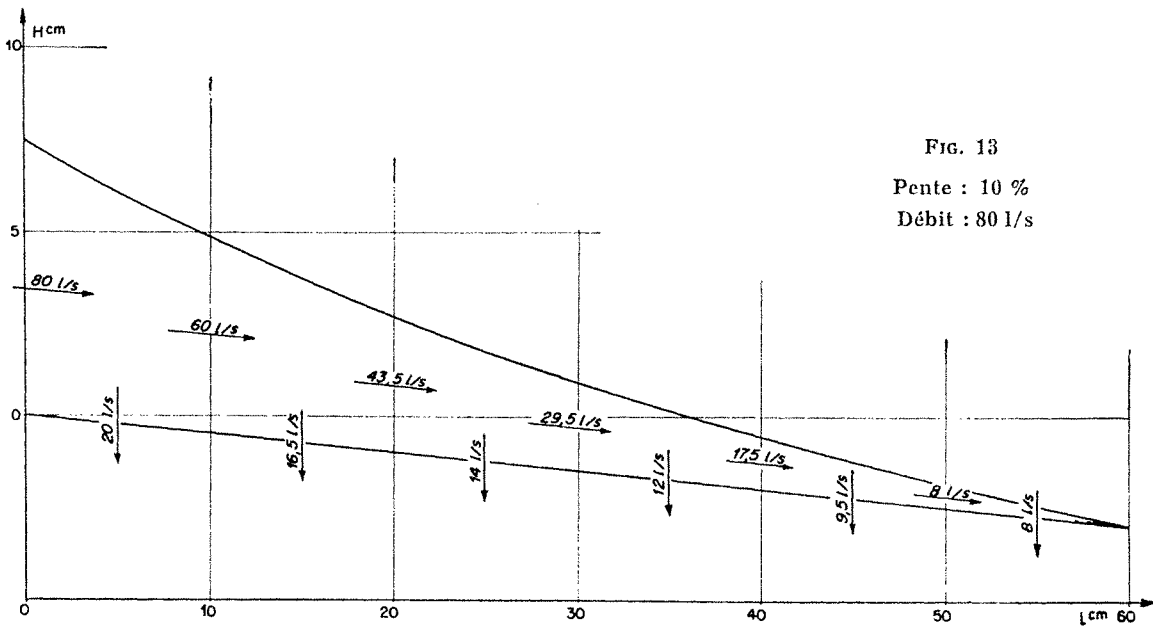


FIG. 13  
Pente : 10 %  
Débit : 80 l/s



considérablement augmentés par la charge de l'eau. Il leur faut donc une énergie d'un autre ordre de grandeur que celle fournie par la pesanteur pour vaincre ces efforts de frottement. Cette énergie leur sera communiquée par la lame d'eau dans le canal d'amenée; elle sera d'autant plus importante que la vitesse de l'eau sera plus grande, d'où la nécessité d'avoir un canal d'amenée incliné et assez long.

**Conclusion**

Il paraît bien résulter de nos expériences que l'utilisation d'un simple rail renversé est à proscrire. Il est au moins nécessaire d'arrondir la

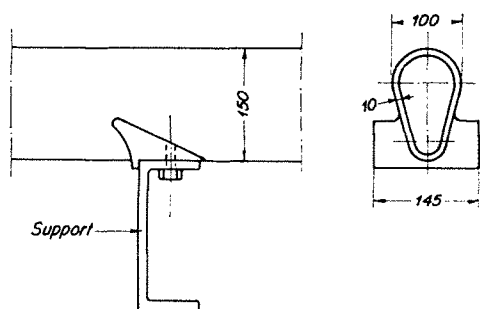


FIG. 14. — Le profil en couteau

partie supérieure des barreaux, mais l'efficacité maximum n'est obtenue que par emploi du profil « en couteau », avec traverses profilées. La disposition la plus avantageuse alignera, sur la même pente comprise entre 10 et 20 %, le canal d'amenée et le panneau de grille.

La réalisation des barreaux type « couteau » ne présente aucune difficulté exceptionnelle. Le modèle que nous avons étudié et fait réaliser

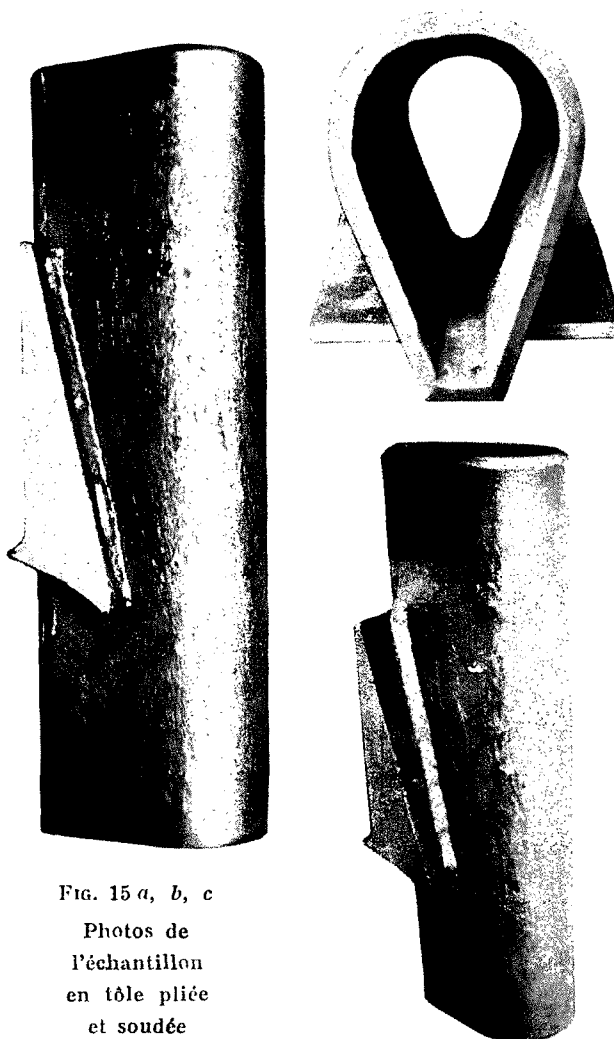


FIG. 15 a, b, c

Photos de l'échantillon en tôle pliée et soudée

en tôle pliée offre les caractéristiques suivantes (fig. 14, 15) :

- Moment d'inertie : 1.020 cm<sup>4</sup>;
- Module d'inertie : 145 cm<sup>3</sup> — 128 cm<sup>3</sup>;
- Poids au mètre avec entretoise : 30 kg.