

# Usine hydro-électrique de Fully (Valais, Suisse): la plus haute chute du monde (1650 mètres)

Autor(en): **Chenaud, H. / Bois, L. du**

Objektyp: **Article**

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

Band (Jahr): **48 (1922)**

Heft 22

PDF erstellt am: **13.09.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-37428>

## **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

## **Haftungsausschluss**

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

# BULLETIN TECHNIQUE

## DE LA SUISSE ROMANDE

Réd. : D<sup>r</sup> H. DEMIERRE, ing.

Paraissant tous les 15 jours

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

SOMMAIRE : *Usine hydro-électrique de Fully (Valais, Suisse), la plus haute chute du monde (1650 mètres)*, par H. CHENAUD et L. DU BOIS, ingénieurs (suite). — *De la construction de galeries sous pression intérieure*, par R. MAILLART, ingénieur. — *Concours d'idées pour l'étude de bâtiments pour bureaux et ateliers à l'usage des Services industriels à Lausanne (suite)*. — *Un nouvel alliage d'aluminium*. — NÉCROLOGIE : *George Autran*. — BIBLIOGRAPHIE.

### Usine hydro-électrique de Fully.

(Valais, Suisse.)

La plus haute chute du monde (1650 mètres),

par H. CHENAUD et L. DU BOIS, ingénieurs.

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

#### Clapet de fermeture.

L'organe obturateur est un clapet *E* (fig. 12) en acier coulé, muni de quatre ailes de guidage *F* en tôle d'acier, le tout assemblé par rivets, et formant un ensemble très rigide et très robuste. Le clapet s'applique sur un siège *G* également en fonte d'acier scellé dans la maçonnerie, d'un diamètre intérieur de 400 mm.

On remarquera que ce diamètre intérieur de 400 mm. est sensiblement plus petit que celui de la conduite dans sa partie supérieure, qui est de 600 mm. Il en résulte au passage à travers le clapet, et pour le débit maximum, une vitesse assez grande, soit 6,30 m. par seconde. Mais cette vitesse est parfaitement admissible ; elle produit une perte de charge d'environ 2 m. seulement, qui est très faible en comparaison de la hauteur de chute dont on dispose.

Le clapet obturateur est pourvu d'un petit clapet de remplissage *H* en acier coulé. Le fonctionnement à l'ouverture est le suivant : le clapet étant fermé et la conduite vide, lorsqu'on exerce une traction au moyen du treuil de levage sur l'anneau de suspension *J* qui est relié à la tige *K*, laquelle porte à son extrémité inférieure le petit clapet *H* et la plaque de butée *L*, on commence par soulever ce petit clapet jusqu'à ce que la plaque *L* arrive à buter contre le gros clapet. A ce moment l'orifice de remplissage de 150 mm. de diamètre intérieur se trouve ouvert en plein et le remplissage de la conduite s'opère lentement. Il y a impossibilité de continuer le mouvement d'ouverture parce que l'effort à vaincre pour soulever le grand clapet est trop considérable, et que la manœuvre du treuil n'est pas possible. Ceci a été fait intentionnellement pour empêcher un remplissage trop rapide, opération qui, dans bien des cas, a provoqué des ruptures de conduite.

Le lac étant à sa cote supérieure, lorsqu'on ouvre le clapet de remplissage en plein, la conduite se remplit en

une heure environ ; l'évacuation de l'air par le remflard peut s'opérer facilement. Ce n'est qu'au moment où la conduite est tout à fait remplie qu'il se produit un équilibre de la poussée agissant sur le clapet *E*, et c'est à ce moment-là seulement que l'on peut opérer l'ouverture de ce clapet. On peut alors soit l'ouvrir de la quantité strictement nécessaire au passage du débit maximum, c'est-à-dire une levée de 10 à 15 cm. seulement, soit le faire monter jusqu'à l'étage supérieur, c'est-à-dire hors de l'eau où on peut le visiter. C'est ce qui se fait habituellement.

La fermeture du clapet, par contre, peut être opérée à n'importe quel moment, et même si ensuite d'un accident la conduite était vide ou en train de se vider ; le treuil est spécialement calculé pour cela ainsi que nous l'expliquerons plus loin. Si donc il se produisait une rupture de la conduite entre la prise d'eau et le clapet automatique se trouvant à la sortie de la galerie et qui est décrit plus loin, on aurait toujours la possibilité de fermer le clapet de prise et d'empêcher ainsi que le lac ne se vide. Le diamètre relativement faible du clapet de prise (400 mm. de diamètre intérieur) aurait l'avantage de limiter autant que possible la quantité d'eau qui pourrait s'écouler à partir du moment de l'accident jusqu'à celui de la fermeture. Le fait de pouvoir sortir de l'eau le clapet obturateur avec son petit clapet de remplissage permet de se rendre compte, à n'importe quel moment, de l'état dans lequel se trouvent ces organes et éventuellement de les réparer ou les remplacer.

La liaison du clapet au treuil est réalisée au moyen d'un câble d'acier très souple de 30 mm. de diamètre, de 21 000 kilogs de résistance à la rupture. Le maximum de traction qui peut s'exercer sur le clapet, et par conséquent sur le câble, est de 5 250 kilogs. La sécurité du câble est donc de 4. Dans le cas tout à fait improbable où le câble viendrait à se rompre, on aurait encore la possibilité de repêcher le clapet par son anneau de suspension *J* en fixant une ancre à l'extrémité d'un câble de secours.

#### Treuil de levage.

Le treuil de levage est un appareil extrêmement simple comprenant un tambour d'enroulement du câble *T*, d'un diamètre de 515 mm. et d'une largeur de 590 mm., contre lequel est fixée une grande roue à vis sans fin *R*, d'un diamètre primitif de 955,6 mm., à 60 dents. Cette roue est

<sup>1</sup> Voir *Bulletin technique* du 14 octobre 1922, page 241.

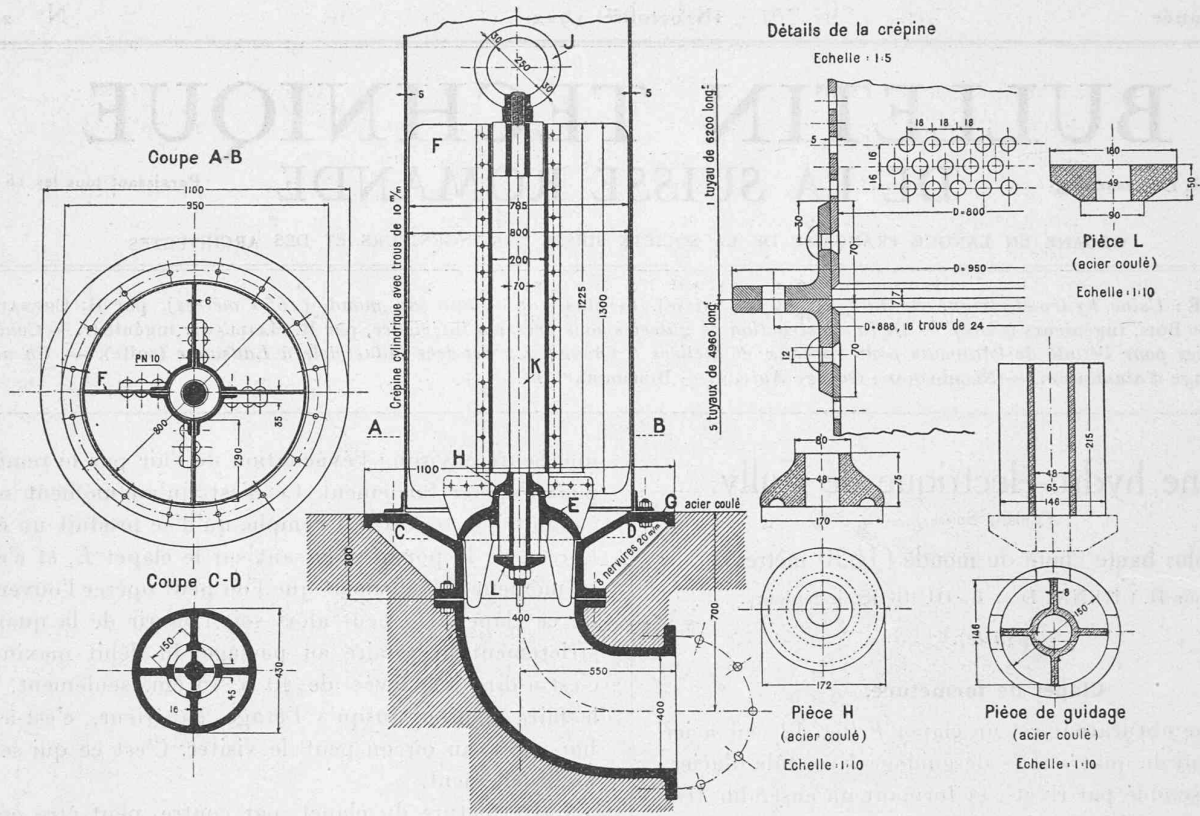


Fig. 12. — Clapet et crépine de la prise d'eau. — Echelle 1 : 25.

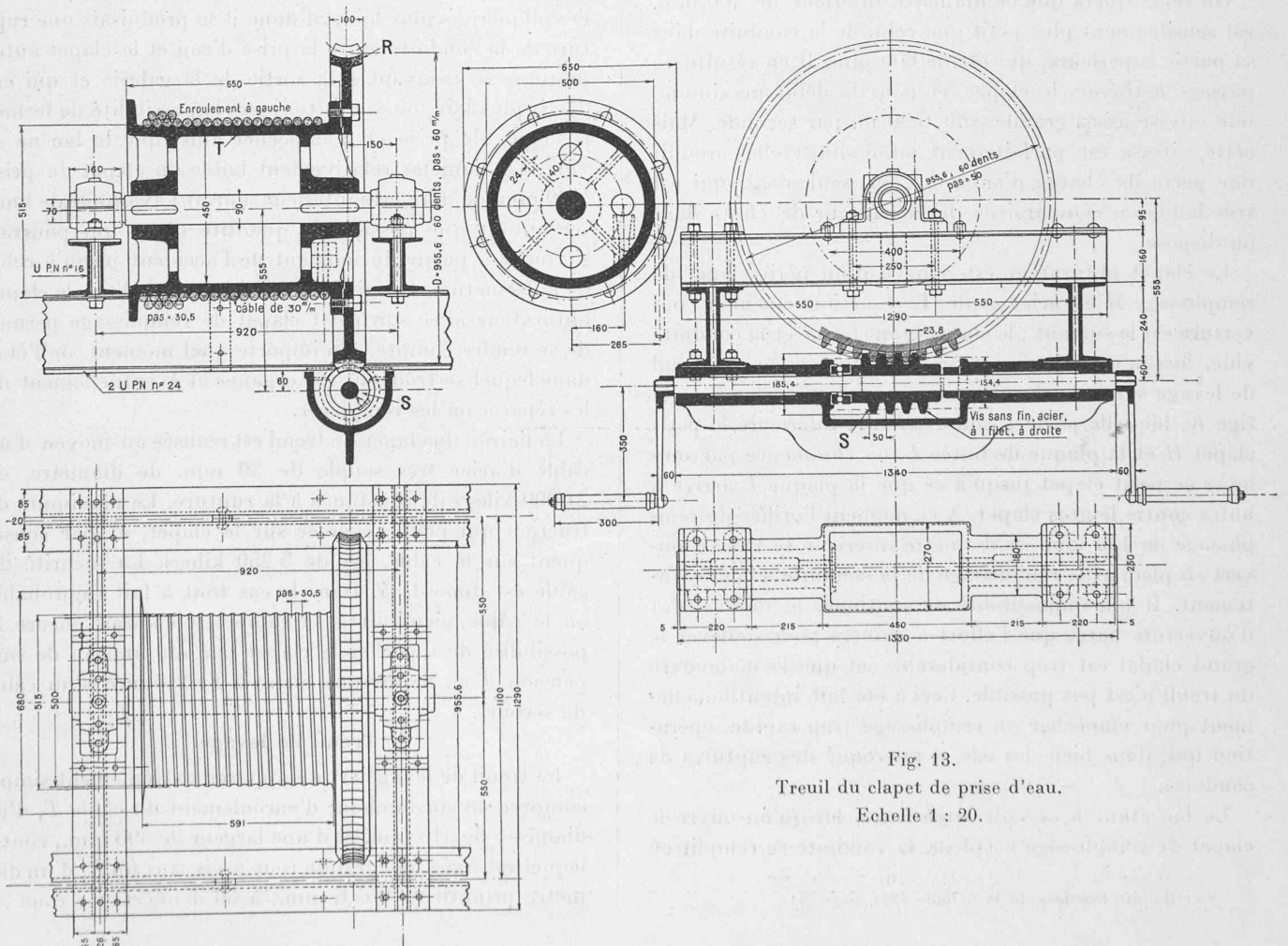


Fig. 13.

Treuil du clapet de prise d'eau.

Echelle 1 : 20.

actionnée par une vis sans fin  $S$  et sur l'arbre de cette vis sans fin sont calées deux manivelles de commande, d'un rayon de 350 mm. (fig. 13).

L'inclinaison des dents de la roue est calculée de telle sorte que l'on se trouve voisin de la limite entre la réversibilité et l'irréversibilité du mécanisme. Ainsi que nous l'avons mentionné plus haut, l'effort maximum s'exerçant sur le clapet lorsque celui-ci est fermé, le lac étant à sa cote maximum et la conduite étant vide, est de 5250 kg. Si l'on voulait à ce moment-là soulever ce clapet, l'effort à vaincre aux manivelles serait d'environ 150 kg. Cette valeur est beaucoup trop forte et il y a donc impossibilité

### Crépine.

La crépine se compose d'un tube vertical en tôle perforée avec des trous de 10 mm. ; le dessin fig. 12 donne le détail de cette crépine qui n'offre rien de particulier. Sa hauteur totale est de 35,50 mètres ; elle se compose de sept tuyaux droits à brides, assemblés par des boulons. Le diamètre intérieur est de 800 mm. L'eau du lac étant toujours très pure, et comme il n'y a jamais de feuilles mortes vu l'altitude du lac, l'obstruction de la crépine n'est pas à craindre. On profite des périodes où le lac est bas pour enlever les quelques corps étrangers qui ont pu s'y attacher.

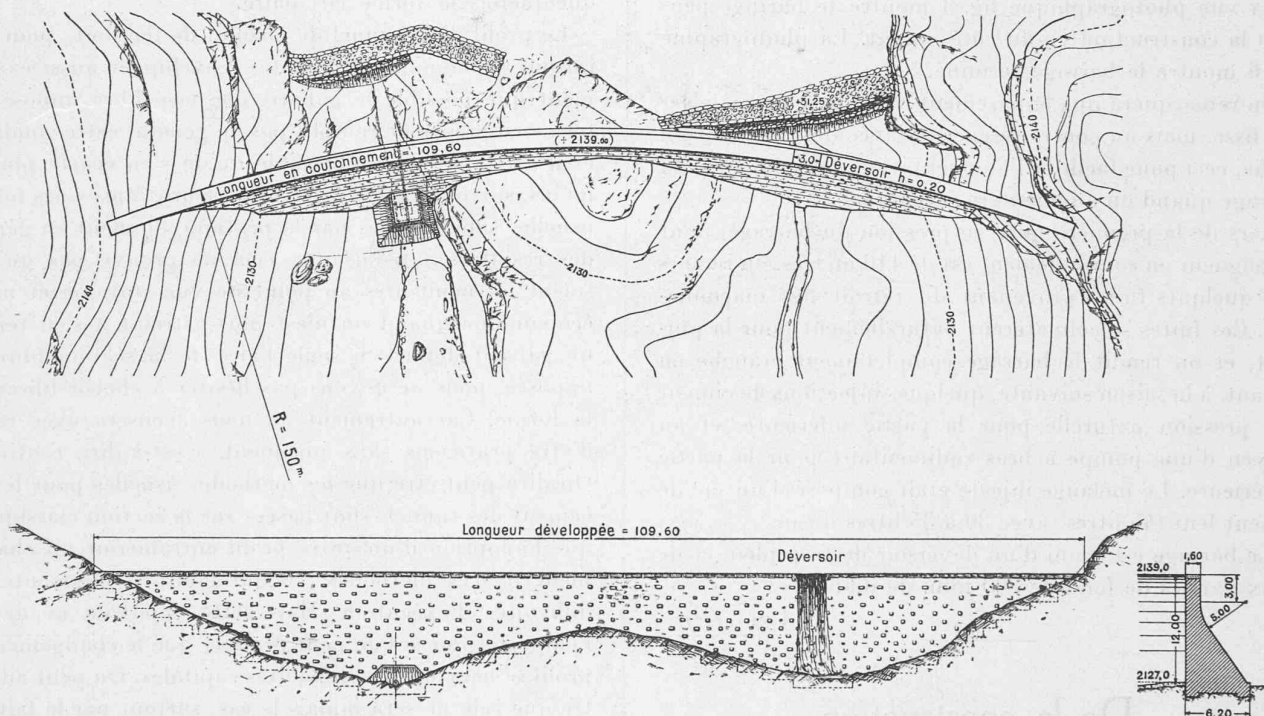


Fig. 14. — Plan, élévation et coupe transversale du barrage. — Echelle 1 : 800.

d'opérer l'ouverture ; c'est bien là ce qu'on a cherché. Par contre, à la descente du clapet, en cas d'accident par exemple, la manœuvre peut se faire aisément et même vers la fin de la fermeture où les 5250 kg. agissent en plein sur le clapet. L'effort aux manivelles est presque nul.

L'emploi d'un mécanisme à vis sans fin irréversible présente, grâce à sa simplicité, de sérieux avantages du fait qu'il évite tous les freins automatiques, cliquets d'arrêt et autres dispositifs de sécurité nécessaires dans les treuils à engrenages droits.

Le mécanisme à vis sans fin irréversible pour de tels appareils de levage, où la question de rendement n'entre pour ainsi dire pas en ligne de compte, est donc très avantageux en ce sens qu'il constitue par lui-même un frein dont le fonctionnement est absolument certain et automatique. Il ne peut pas ne pas fonctionner.

L'ensemble du mécanisme est supporté par deux poutrelles **I** de 240 mm. de hauteur qui reposent sur les murs de la tour qui couronne le puits. Une passerelle métallique relie la tour à la rive du lac et permet l'accès au treuil.

### Barrage.

Avant le commencement des travaux, les paysans avaient construit à la sortie du lac une petite digue en pierres sèches et en terre, arrasée à la cote 2131, pour emmagasiner partiellement l'eau provenant de la fonte des neiges et augmenter la quantité d'eau utilisable en été pour les arrosages.

C'est à l'aval de cette digue qu'on construisit complètement à sec le barrage définitif dont la figure 14 montre le plan et le profil.

Pour compenser le volume d'eau compris entre la cote 2100 et la cote 2121, on décida de remonter le niveau supérieur du lac de 6 mètres, soit à la cote 2137, mais deux ans après la construction du barrage on le suréleva de deux mètres pour augmenter la capacité du réservoir, qui contient actuellement un volume d'eau utilisable de 3 200 000 mètres cubes.

Le niveau maximum de la retenue permis par la concession est de 2145 mètres. La hauteur maximum du barrage est de 14 mètres, fondations comprises.

En examinant la section du barrage, on remarquera que les épaisseurs ont été calculées en tenant compte de la forme cintrée du barrage, qui a été implanté suivant une courbe de 150 mètres de rayon.

Les parements amont et aval ont été construits en maçonnerie de moellons rejointoyés. Les moellons provenaient d'une carrière située à proximité immédiate du barrage. Entre les parements, on a damé du béton de ciment dans lequel étaient noyés de gros blocs de rocher. Ce procédé de construction a permis une exécution très rapide et a évité l'emploi de coffrages toujours coûteux.

Le barrage est partout fondé sur le rocher.

La vue photographique fig. 5 montre le barrage pendant la construction vu du côté amont. La photographie fig. 6 montre le barrage terminé.

On remarquera que le parement aval du barrage n'est pas lisse, mais au contraire exécuté avec des moellons en saillie, ceci pour faciliter l'augmentation de l'épaisseur du barrage quand on augmentera sa hauteur.

Lors de la première mise en pression du barrage, dont la longueur en couronnement est de 110 mètres, on remarqua quelques fuites provenant du retrait des maçonneries. Ces fuites se colmatèrent naturellement pour la plupart, et on rendit le barrage complètement étanche en faisant, à la saison suivante, quelques injections de ciment par pression naturelle pour la partie inférieure, et au moyen d'une pompe à bras rudimentaire pour la partie supérieure. Le mélange injecté était composé d'un sac de ciment lent (45 litres) avec 30 à 35 litres d'eau.

Le barrage est muni d'un déversoir de trop-plein et de deux vannes de fond de 300 mm. de diamètre.

(A suivre.)

## De la construction de galeries sous pression intérieure

par R. MAILLART, ingénieur.

Dans une note publiée dans ce périodique<sup>1</sup>, j'ai déjà étudié ce problème de grande actualité. Qu'il me soit permis de compléter cette première notice par quelques considérations supplémentaires qui, sans trancher la question, peuvent fournir des éléments utiles pour arriver à des résultats satisfaisants. Ce problème dépend de plusieurs sciences bien différentes : la géologie, la résistance des matériaux, la statique, l'hydraulique, la physique et même la chimie y jouent un rôle. Nous devons en tenir compte sans nous départir de l'expérience acquise dans l'art de bâtir et spécialement dans celui de percer et de consolider des tunnels. Une question aussi complexe ne peut être résolue d'une manière générale. Notre aperçu n'a donc pas la prétention d'approfondir le problème sous tous ses aspects. Nous nous bornerons à élucider son côté statique et les questions ayant trait aux propriétés des matériaux.

<sup>1</sup> Voir *Bulletin technique* du 20 août 1921, page 198.

La section ordinairement adoptée jusqu'ici en Suisse pour les galeries destinées au passage de l'eau est le profil classique du tunnel de chemin de fer : un plein cintre avec pieds-droits très légèrement cintrés. Une voûte renversée, également à grand rayon, forme le radier ; mais tandis que dans les tunnels de chemin de fer le raccordement du radier avec les pieds-droits est à angle vif, on intercale pour les galeries une courbe à petit rayon. Voir, par exemple, *Bulletin technique* 1921, p. 199, types I, II et III. *Schw. Bauzeitung*, vol. 67, p. 294, vol. 67 p. 36 (avec pieds-droits verticaux), vol. 69 p. 13 et beaucoup d'autres. Dans la roche très mauvaise seulement on a prévu quelquefois la forme circulaire.

Le profil d'un tunnel de chemin de fer doit, pour des raisons économiques évidentes, envelopper aussi exactement que possible le gabarit d'espace libre imposé. La forme circulaire ne remplit pas en général cette condition et il est donc compréhensible qu'on s'en écarte plus ou moins, surtout dans la partie inférieure. Mais si les formes usuelles sanctionnées par la pratique donnent en général des résultats satisfaisants, cela ne prouve pas qu'elles soient les meilleures au point de vue statique et même économique quand on n'est plus astreint à s'en tenir à un gabarit donné. Si seule l'aire de la section libre est imposée, nous ne devons pas hésiter à choisir librement la forme. Car autrement on nous accusera avec raison d'être praticiens sans jugement, c'est-à-dire routiniers. On dira peut-être que les méthodes usuelles pour le percement des tunnels sont basées sur la section classique et que l'adoption d'un autre profil entraînerait un changement de ces méthodes, ce qui pourrait augmenter les difficultés d'exécution. Mais cette objection ne devrait l'emporter que si l'on peut prouver que le changement de profil se heurte à des difficultés capitales. On peut admettre que cela ne sera jamais le cas, surtout par le fait que la section des galeries est généralement beaucoup plus petite que celle des tunnels, ce qui exige, tout en facilitant la tâche, d'autres procédés pour le percement.

### I

Pour déterminer le meilleur profil pour une galerie, faisons d'abord abstraction de la pression intérieure.

Dans un terrain sans cohésion, nous aurons à prendre en considération le poids du terrain agissant de haut en bas, la poussée des terres agissant latéralement et la réaction agissant de bas en haut. En admettant que pour l'unité de surface la poussée soit une fraction du poids, disons la moitié, la forme idéale de la galerie sera une ellipse à grand axe vertical, dont le rayon de courbure au sommet et à la base sera la moitié de celui à mi-hauteur. Le rapport des diamètres sera alors de 1 : 1,26. Ce profil ne s'écarte donc pas essentiellement du cercle et la différence sera d'autant plus petite que le terrain sera plus mauvais, la pression active du terrain augmentant en conséquence.

En faisant donc les suppositions les plus défavorables sur la nature du terrain, nous arriverons à la forme cir-