

# Les derniers perfectionnements en matière de pompage

Autor(en): **Lavanchy, M.J.**

Objektyp: **Article**

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

Band (Jahr): **53 (1927)**

Heft 10

PDF erstellt am: **20.09.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-41054>

## **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

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

DE LA SUISSE ROMANDE

Paraissant tous les 15 jours

ORGANE DE PUBLICATION DE LA COMMISSION CENTRALE POUR LA NAVIGATION DU RHIN  
 ORGANE DE L'ASSOCIATION SUISSE D'HYGIÈNE ET DE TECHNIQUE URBAINES  
 ORGANE EN LANGUE FRANÇAISE DE LA SOCIÉTÉ SUISSE DES INGÉNIEURS ET DES ARCHITECTES

**SOMMAIRE :** *Les derniers perfectionnements en matière de pompage*, par M. J. LAVANCHY, ingénieur, à Winterthour. — *Usine hydro-électrique du Coghinas (Sardaigne)*. — *L'extension de la ville moderne*. — *Le problème des carburants dans les pays dépourvus de pétrole*, par J. de SEZE, ingénieur des Ponts et Chaussées (suite). — *A propos de l'utilisation de l'énergie thermique des mers*. — *La prospérité des chemins de fer des Etats-Unis*. — *Association suisse pour l'essai des matériaux*. — *Congrès international des architectes*. — SOCIÉTÉS : *Société suisse des Ingénieurs et des Architectes*. — *Association suisse d'hygiène et de technique urbaines*. — CARNET DES CONCOURS. — *Service de placement*.

Ce numéro contient 16 pages de texte.

## Les derniers perfectionnements en matière de pompage<sup>1</sup>,

par M. J. LAVANCHY, ingénieur, à Winterthour.

### I. GÉNÉRALITÉS.

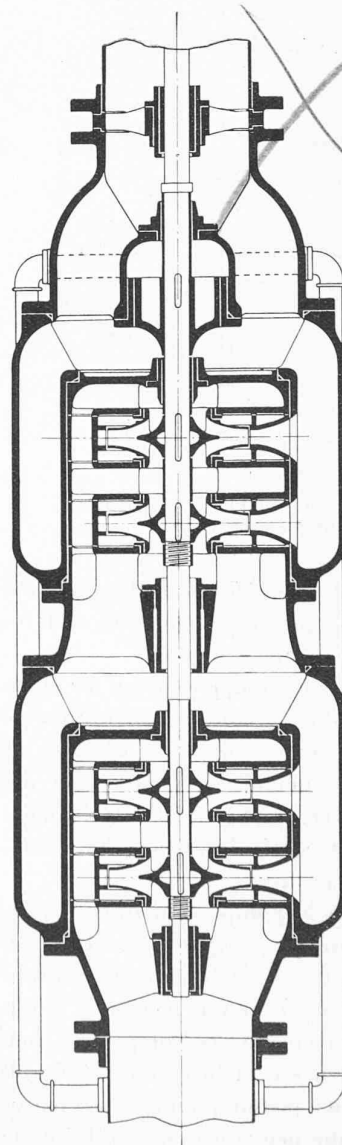
Le développement moderne, en matière de pompage, est caractérisé par une application toujours plus générale de la pompe centrifuge. En fait, grâce aux progrès considérables réalisés dans la construction de ces pompes, on peut dire qu'aujourd'hui, surtout lorsqu'il s'agit de débits de quelque importance, on n'envisage plus guère l'emploi d'un autre genre de pompes.

#### Fonctionnement des pompes centrifuges.

Examinons tout d'abord en quelques mots, en nous bornant aux grandes lignes, le fonctionnement d'une pompe centrifuge. La fig. 1 représente une coupe d'une telle pompe. L'organe essentiel est une roue mobile, cloisonnée par des aubes, roue à laquelle un moteur imprime un mouvement rapide de rotation. L'eau qui pénètre par la conduite d'aspiration au centre de la roue est entraînée par les aubes dans un mouvement de rotation, et, sous l'action de la force centrifuge, est refoulée d'une manière continue de l'intérieur vers l'extérieur de la roue. A la sortie de la roue, l'eau traverse un organe spécial — diffuseur — dans lequel une partie de l'énergie cinétique est transformée en pression. Dans certains cas (basse pression), ce diffuseur est constitué simplement par une bêche en forme de spirale, dans d'autres cas (haute pression), le diffuseur comporte des canaux de forme appropriée. Du diffuseur l'eau est refoulée dans la conduite de refoulement (pompes à un étage).

Au début de leur application, les pompes centrifuges n'étaient guère employées que pour de faibles hauteurs. Actuellement des hauteurs d'élévation de 1000 m. ont déjà été réalisées. Lorsqu'une seule roue ne suffit pas pour vaincre la hauteur demandée on prévoit une pompe à plusieurs roues montées en série. L'eau est conduite du diffuseur de la première roue au centre de la deuxième,

du diffuseur de la deuxième roue au centre de la troisième, et ainsi de suite ; du diffuseur de la dernière roue à la conduite de refoulement. C'est le cas de la figure 1.



#### Caractéristiques d'une pompe centrifuge.

Si l'on fait tourner une pompe centrifuge à une vitesse de rotation constante, il est possible d'en faire varier le débit au moyen d'une vanne de réglage placée dans la conduite de refoulement. Le débit sera nul lorsque la vanne est complètement fermée et atteindra un certain maximum quand la vanne est grande ouverte. On peut observer que la hauteur d'élévation fournie par la pompe varie en fonction du débit. Portons (fig. 2) sur un axe horizontal le débit, sur un axe vertical la « hauteur d'élévation », la « puissance absorbée » et le « rendement ». A partir du débit zéro la hauteur d'élévation augmente d'abord, atteint un maximum puis diminue. De l'allure même de cette courbe on déduit que des surpressions ne sont à craindre ni dans la pompe ni dans la conduite de refoulement. Le rende-

Fig. 1. — Coupe d'une pompe centrifuge de forage Sulzer, à haute pression. Deux groupes en série comprenant chacun 2 étages en parallèle.

<sup>1</sup> Conférence faite à l'assemblée de l'Association suisse d'hygiène et de technique urbaines, à Lausanne, le 17 septembre 1926.

ment, nul pour le débit zéro, augmente jusqu'à un certain maximum puis diminue. La puissance absorbée augmente avec le débit. La marche normale de la pompe correspond dans la règle au rendement maximum ; mais on voit d'après la forme de la courbe du rendement que l'on peut s'écarter un peu du débit normal tout en restant dans de bonnes conditions de rendement.

*Comparaison entre la pompe centrifuge et la pompe à piston.  
Avantages de la pompe centrifuge.*

Il convient tout d'abord de remarquer qu'il n'est pas possible de fixer par des chiffres pouvant prétendre à une valeur générale l'importance des avantages que nous allons énumérer. Ce que l'on peut dire, c'est que l'avantage de la pompe centrifuge sur la pompe à piston sera d'autant plus grand que l'on aura affaire à des débits élevés sous des hauteurs moyennes ou faibles. Ce n'est que

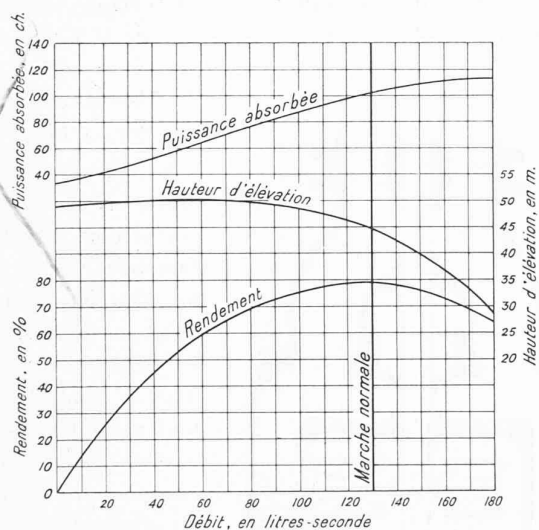


Fig. 2. — Caractéristiques d'une pompe de forage Sulzer, à moyenne pression.

pour des débits extrêmement minimes, sous des hauteurs très grandes, que la pompe à piston pourra, dans certains cas, être en avantage sur la pompe centrifuge.

La pompe centrifuge a sur la pompe à piston les avantages du mouvement de rotation continu sur le mouvement alternatif ; encombrement moindre, d'où frais de fondation et de bâtiments moindres ; suppression des effets d'inertie ; vitesse élevée permettant l'entraînement direct par moteur électrique ; prix inférieur ; frais d'entretien et de surveillance minimes.

Un avantage essentiel de la pompe centrifuge résulte de l'absence totale de soupapes, organes sensibles qui sont comme l'on sait sujet à de fréquentes détériorations ; la pompe centrifuge est de ce fait beaucoup moins sensible aux impuretés de l'eau que la pompe à piston. Au sujet du rendement, il a été maintes fois démontré que lors même que la pompe à piston quand elle est neuve donne un rendement quelque peu supérieur à celui de la pompe centrifuge, le rendement moyen effectif en service régulier est généralement inférieur pour la pompe à piston, étant donné qu'après une période relativement

courte, les soupapes perdent de leur étanchéité. Il ne faut pas perdre de vue que de l'eau en apparence limpide contient toujours des particules de sable en suspension qui exercent une action corrosive sur la soupape et son siège.

Enfin les réservoirs d'air indispensables aux pompes à piston sont supprimés, les coups de béliers n'étant pas à craindre.

## II. STATIONS AUTOMATIQUES DE POMPAGE.

La très grande sécurité de marche et la simplicité de surveillance d'une pompe centrifuge moderne ont permis d'envisager des stations automatiques de pompage et dans cette deuxième partie de notre causerie, nous nous proposons de donner quelques indications nécessairement sommaires sur ces installations.

Ces installations sont caractérisées par le fait que la mise en marche et l'arrêt du groupe ont lieu, non pas à la main, mais par un moyen mécanique qui dépend lui-même de conditions déterminées. Il est clair que c'est surtout pour les petites installations isolées que sera intéressante la réduction de surveillance qui découle de dispositifs automatiques. Ces dernières années, les stations automatiques de pompage avec pompes centrifuges entraînées par des moteurs électriques se sont rapidement répandues, alimentant non seulement des maisons d'habitation, des exploitations agricoles, mais encore des localités entières. Une description de l'appareillage de ces stations ne rentre pas dans le cadre de cette causerie ; nous nous bornerons, sans entrer dans des détails, à indiquer quelques possibilités de fonctionnement.

Une disposition très simple est celle dans laquelle la mise en marche et l'arrêt du moteur sont obtenus au moyen de flotteurs. Ces flotteurs peuvent être placés soit dans le bassin d'aspiration, soit dans le réservoir de refoulement. Le groupe fonctionne entre certaines limites déterminées de niveau d'eau.

On installe souvent des groupes domestiques accumulant l'eau sous pression dans un réservoir à air placé au sous-sol à côté de la pompe. Cet emplacement présente l'avantage que l'eau reste constamment fraîche. Grâce au fait que le réservoir contient de l'air on peut utiliser une certaine quantité d'eau sans remettre en marche le groupe, à condition d'admettre une variation de pression dans le réservoir. Un interrupteur manométrique qui est une combinaison d'un manomètre et d'un interrupteur électrique agit de telle façon que le groupe fonctionne dans des limites déterminées de pression : le moteur est mis automatiquement en marche, lorsque la pression a atteint la limite inférieure et est arrêté automatiquement quand la pression maximum est atteinte. Par la suppression des démarrages et arrêts fréquents, il résulte non seulement une économie appréciable de courant, mais encore un grand ménagement de l'appareillage de démarrage et d'arrêt.

Enfin dans les groupes alimentés par des réseaux à tarification multiple, on réalisera des économies en

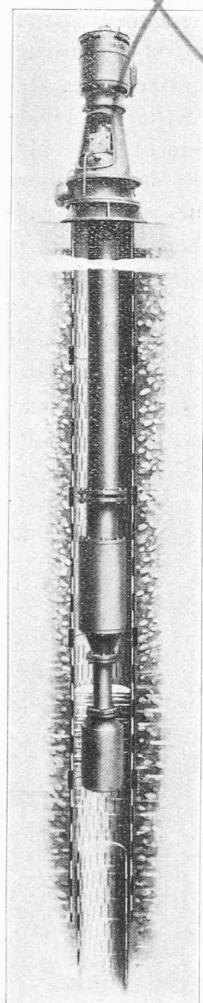


Fig. 3.  
Pompe centrifuge de forage Sulzer.

prévoyant des interrupteurs horaires, si les conditions de l'installation s'y prêtent. Ces interrupteurs limiteront le fonctionnement du groupe aux heures à tarif réduit.

Dans toutes ces installations automatiques, il faudra naturellement toujours attacher une importance toute particulière à la simplicité et à la sûreté du fonctionnement.

### III. POMPES DE FORAGE.

L'utilisation des nappes souterraines pour l'alimentation en eau potable des agglomérations devenant de plus en plus fréquente, la pompe centrifuge a trouvé dans le pompage des eaux des puits de forage un vaste champ d'application. Un nouveau type de pompe spécialement adapté aux conditions particulières de ce service a été créé. Le moteur est placé à la surface du sol tandis que la pompe est suspendue librement dans le forage au moyen d'une colonne formée par des tuyaux assemblés, cette colonne étant utilisée comme conduite de refoulement (Fig. 3). Lors de l'établissement de ce type de pompes on a eu tout spécialement en vue d'obtenir une construction d'un diamètre aussi faible que possible de manière à pouvoir les loger dans des puits de forage de diamètres réduits. La com-

paraison entre une installation avec pompe de forage (Fig. 4) et une installation avec pompe ordinaire (Fig. 5) montre immédiatement l'énorme avantage de la pompe de forage, tant au point de vue de la simplicité de l'installation et des fondations que de la commodité de la surveillance. La pompe de forage est indépendante du puits et les faibles déplacements de terrain, tels qu'ils se produisent dans la pratique, n'ont aucun effet nuisible. Cette disposition permet de retirer facilement le groupe entier hors du puits.

Comme le diamètre d'une pompe dépend dans une certaine mesure du débit à élever, il est intéressant d'examiner les débits fournis par les puits de forage. La fig. 6 donne en fonction du diamètre du forage les débits approximatifs moyens pratiquement obtenus. Ce graphique ne peut que fixer des ordres de grandeur, les débits dépendant évidemment beaucoup de conditions locales. Or, aujourd'hui, non seulement ces débits peuvent être élevés sans difficulté au moyen de pompes centrifuges d'un diamètre ne dépassant pas celui du forage, mais il est même possible au besoin de loger

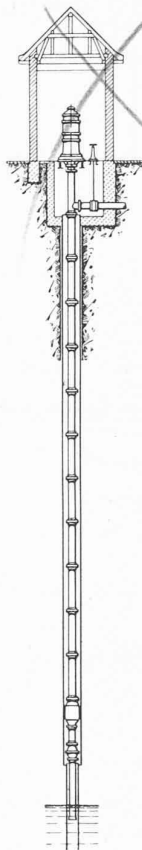


Fig. 4.  
Pompe de forage Sulzer.  
Débit : 230 l/sec.  
à la hauteur de 30 m.  
Vitesse : 1450 t/min.  
Diamètre du puits :  
960 mm.  
La pompe, située à 31 m.  
de profondeur,  
est accouplée avec  
un moteur de 150 ch.  
placé sur le sol.

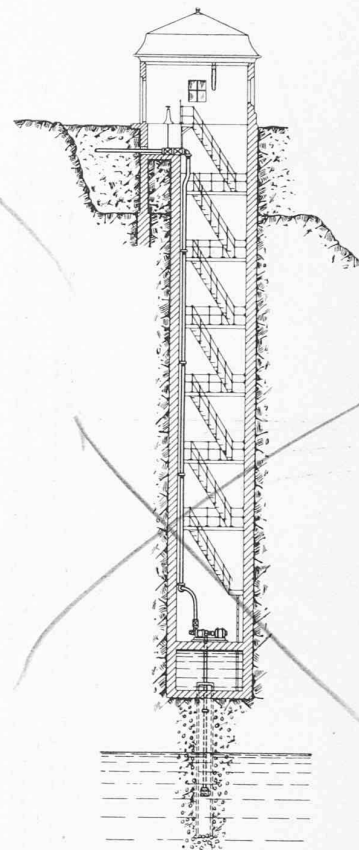


Fig. 5. — Pompe centrifuge ordinaire.  
Débit : 5 l/sec.  
à la hauteur de 85 m.  
Vitesse : 2900 t/min.  
Diamètre du puits :  
3050 mm.  
La pompe est accouplée  
directement  
avec un moteur  
électrique de 12 ch.  
et située à 23 m.  
en contre-bas du sol.

des pompes d'un débit plus fort dans l'espace disponible.

Un point important à considérer dans l'établissement d'une pompe de forage est l'amplitude des variations du niveau de l'eau dans le puits. Ces variations de niveau sont souvent très considérables : d'une part, le niveau

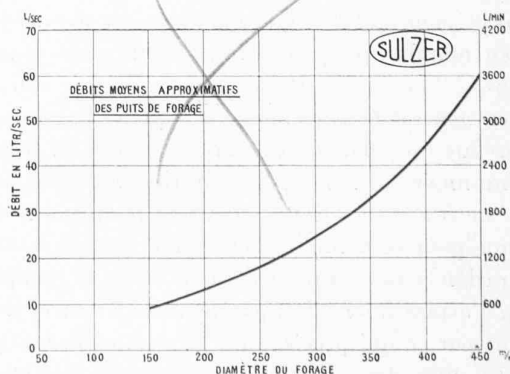


Fig. 6. — Débit approximatif moyen en fonction du diamètre du forage.

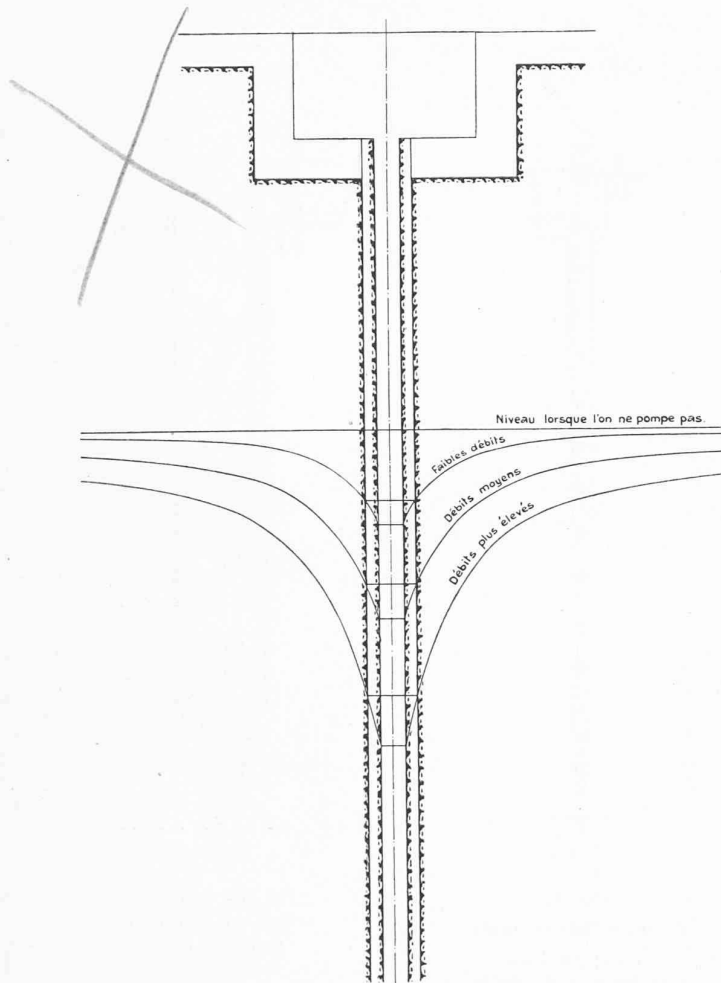


Fig. 7. — Inflexions de la nappe souterraine pendant le pompage.

de la nappe souterraine elle-même peut varier en fonction du temps ; d'autre part, pendant le pompage, la nappe souterraine s'infléchit en entonnoir par suite des pertes de charges dues au mouvement de l'eau vers le forage (fig. 7). La dépression est, pour un terrain donné, d'autant plus forte que le débit extrait est plus grand et le diamètre du forage plus faible. La valeur de cette dépression qui ne peut être déterminée que par des essais est très variable d'un endroit à l'autre.

La pompe est placée normalement à une profondeur suffisante pour qu'elle soit immergée au moment de la mise en marche qui peut ainsi se faire sans amorçage. De plus, — et c'est cette seconde condition qui détermine en général la profondeur à laquelle la pompe doit être prévue — pendant le pompage, après la formation de l'entonnoir, le niveau d'aspiration ne doit pas être à plus de 5 à 6 m. au-dessous de la pompe. On sait en effet que pour la bonne marche d'une pompe la hauteur d'aspiration, c'est-à-dire la hauteur entre la pompe et le niveau d'aspiration ne doit pas dépasser 6 mètres environ. On voit par ce qui précède que la pompe de forage doit répondre aux deux conditions suivantes : faibles diamètres et possibilité de travailler sous l'eau. Le principe de fonctionnement des pompes est le même que celui

que nous avons vu au début. Suivant les conditions particulières à remplir les pompes sont à un ou à plusieurs étages. On peut prévoir pour réduire le diamètre extérieur de la pompe une construction permettant de répartir non seulement la hauteur de refoulement entre plusieurs étages disposés en série, mais encore de fractionner dans chaque étage le débit entre plusieurs roues travaillant en parallèle. L'arbre de transmission qui relie la pompe au moteur est guidé par des paliers fixés dans la colonne montante.

Les paliers de la pompe et l'arbre de transmission sont à garniture de bois de gaïac pour lequel l'eau fait office de lubrifiant ; ainsi les paliers qui sont dans l'eau n'exigent aucun graissage spécial et l'eau reste exempte des souillures que produirait l'huile ou la graisse. Grâce au clapet de retenue placé à l'extrémité inférieure de la pompe, la colonne montante et le corps de pompe restent

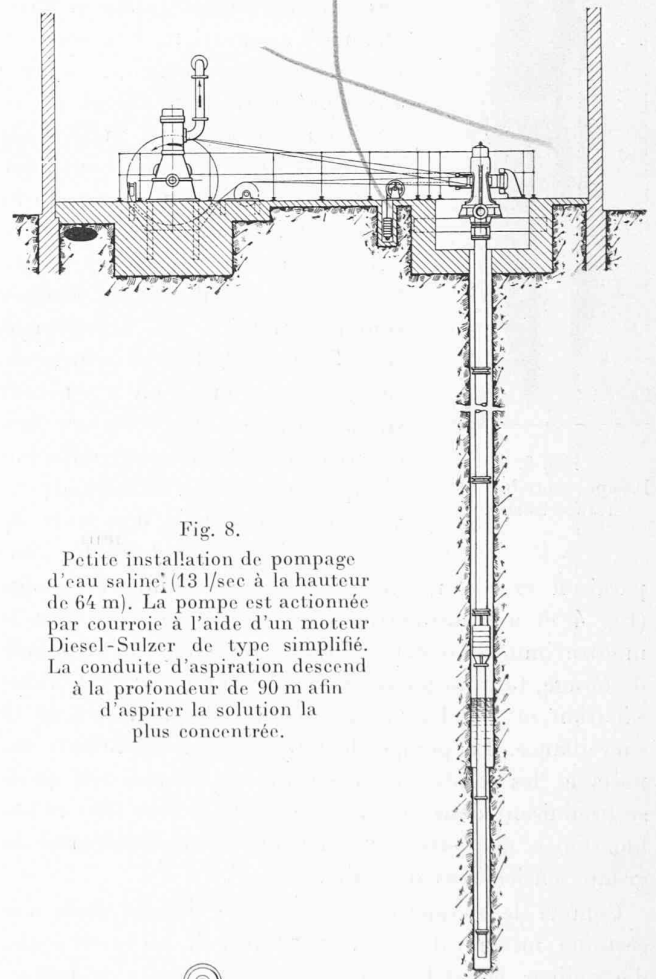
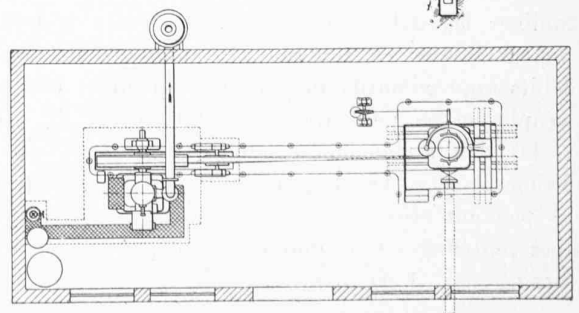


Fig. 8.

Petite installation de pompage d'eau salée (13 l/sec à la hauteur de 64 m). La pompe est actionnée par courroie à l'aide d'un moteur Diesel-Sulzer de type simplifié. La conduite d'aspiration descend à la profondeur de 90 m afin d'aspirer la solution la plus concentrée.





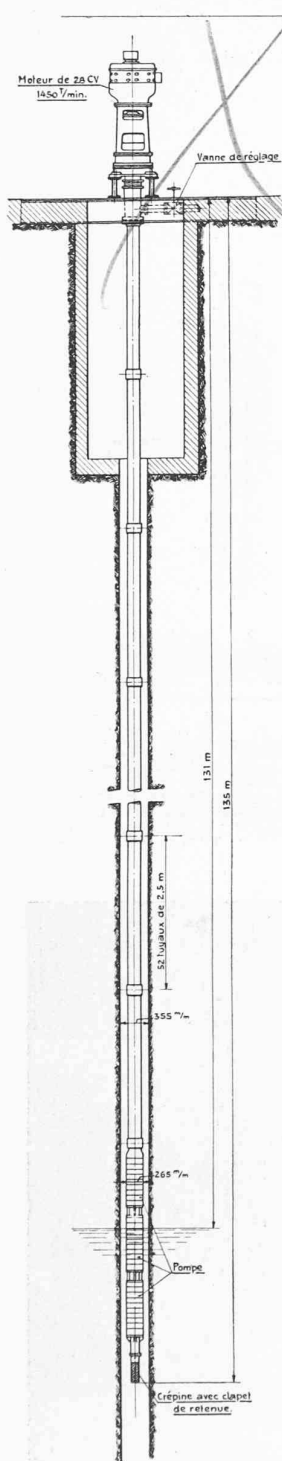


Fig. 9.  
Station de pompage  
de Watford.  
Longueur de l'arbre  
135 m.

Si l'on ne dispose pas d'énergie électrique, l'emploi d'un moteur Diesel pourra être conseillé en raison de l'économie de sa marche. Un bon moteur peut travailler avec des huiles lourdes bon marché et ne consomme que 180-220 gr. d'huile par cheval-heure. L'entraînement se fera alors soit par courroie pour les petites et moyennes puissances, soit par l'intermédiaire d'un engrenage conique pour les puissances plus importantes (fig. 8).

remplis, de sorte que la lubrification des paliers est assurée dès la mise en marche.

L'arbre de transmission et la colonne montante sont divisés en plusieurs tronçons d'égale longueur. Les tronçons d'arbre sont assemblés par des accouplements spéciaux offrant le moins de résistance possible au passage de l'eau. Dans les paliers l'arbre est protégé par des douilles de bronze d'un remplacement facile.

Les tronçons de la colonne montante sont boulonnés entre eux par des brides. Pour les forages à faibles diamètres la maison Sulzer a construit une pompe de forage spéciale. Dans ce type de pompe les tubes constituant la colonne montante sont assemblés non par des brides, mais par des manchons vissés afin de réduire le diamètre.

L'arbre de transmission est supporté par un palier de butée avec graissage automatique par huile, disposé en dehors de la conduite de refoulement.

Bien que la pompe de forage soit caractérisée par un faible encombrement et une grande sécurité de marche, de bons rendements peuvent cependant être obtenus. Dans le cas d'une pompe de forage Sulzer de grandeur moyenne, marchant à vitesse constante, le rendement maximum est de 77 % environ. Dans ce cas particulier les pertes de frottement de l'arbre mesurant 30 m. ne dépassent pas 5 % de la puissance transmise de sorte que le rendement total de la pompe et de l'arbre est supérieur à 70 %.

La pompe de forage se prête à tous les genres de commande. Là où l'on dispose de courant électrique à bon marché la commande par moteur électrique vertical, directement accouplé est la solution la plus simple (fig. 4 et 5).

Pour terminer donnons encore les caractéristiques de deux pompes remarquables, construites par la maison Sulzer :

Celle de Watford (Grande-Bretagne), la pompe de forage la plus longue qui ait été construite jusqu'à ce jour. La pompe proprement dite comporte 29 roues travaillant en série et l'arbre a une longueur de 135 m. Le diamètre du puits est de 355 mm., le débit de 4,42 l./sec. et la hauteur manométrique de 155,5 m. Le moteur d'une puissance de 28 ch. placé hors du puits tourne à la vitesse de 1440 tours./min. (fig. 9).

Les pompes de forage Sulzer les plus puissantes construites jusqu'à cette date sont celles de l'usine élévatrice de Prestwood. Le débit de chacun des deux groupes de pompes est de 158 l./sec. et la hauteur d'élévation totale de 255,5 m., dont 61 mètres sous terre. Le diamètre du puits est de 838 mm. Les pompes sont actionnées chacune par un moteur triphasé de la maison Brown, Boveri & C<sup>ie</sup> d'une puissance de 710 ch. pourvu d'un dispositif permettant de régler la vitesse entre 625 et 725 tours.

Ces exemples montrent que dans ce domaine aussi la pompe centrifuge, si elle est bien étudiée, présente assez de souplesse pour s'adapter à tous les besoins.

#### Usine hydroélectrique du Coghinas (Sardaigne).

La caractéristique essentielle de cet aménagement, exécuté par la *Società Imprese Idrauliche ed Elettriche nel Tirso* — qui a construit et exploite les deux autres installations hydro-électriques de la Sardaigne, savoir celles du Tirso et de Basachi — est sa centrale souterraine.

Un barrage-poids, haut de 55 m., crée un réservoir de 250 000 000 m<sup>3</sup> alimenté par un bassin de 1600 km<sup>2</sup> environ. Le projet primitif comportait la dérivation des eaux du réservoir au moyen d'une galerie d'amenée en charge, longue de 4 km., à laquelle ferait suite une conduite forcée aboutissant à une usine située dans une région d'ailleurs très défavorable. Mais, en raison de la solidité douteuse des terrains qu'aurait traversés le tunnel, on se décida à inverser en quelque sorte le système de construction, c'est-à-dire que la longueur des ouvrages d'amenée fut réduite au minimum, tandis que le canal de fuite s'allongeait jusqu'à mesurer 3,6 km.

La conduite forcée débouche directement dans le réservoir, à la cote 135, traverse le barrage, puis descend verticalement le long d'un puits foré dans le rocher, jusqu'à la cote 66,50. (Voir fig. 1 et 2.)

La salle des machines, excavée dans le rocher, mesure 80 m. de long, 9 m. de large et 12 m. de haut. On y accède par un puits muni d'une échelle, d'un ascenseur pour les personnes et de deux monte-charges et dans lequel passent tous les câbles de commande et de transmission d'énergie. Un troisième puits débouchant à l'origine du tunnel de décharge sert à l'aération du souterrain. Ce tunnel, d'une section de 16 m<sup>2</sup> environ et long de 3600 m., restitue l'eau au Coghinas, à la cote 60.

La centrale est équipée de 4 groupes électrogènes de 6000 kW chacun. La production annuelle escomptée est de  $90 \times 10^6$  kWh environ.

Le nombre des entreprises hydroélectriques italiennes était, à la fin de 1925, de 467, correspondant à un capital de