

<b>Zeitschrift:</b>	Bulletin technique de la Suisse romande
<b>Band:</b>	84 (1958)
<b>Heft:</b>	18
<b>Artikel:</b>	Modernisation des branches principales d'un réseau d'irrigation en Provence
<b>Autor:</b>	Combes, G. / Hirbec, M.
<b>DOI:</b>	<a href="https://doi.org/10.5169/seals-63503">https://doi.org/10.5169/seals-63503</a>

#### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

#### **Conditions d'utilisation**

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

#### **Terms of use**

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

**Download PDF:** 26.01.2026

**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>**

# BULLETIN TECHNIQUE DE LA SUISSE ROMANDE

paraissant tous les 15 jours

**ORGANE OFFICIEL**

de la Société suisse des ingénieurs et des architectes  
de la Société vaudoise des ingénieurs et des architectes (S.V.I.A.)  
de la Section genevoise de la S.I.A.  
de l'Association des anciens élèves de l'E.P.U.L. (Ecole polytechnique  
de l'Université de Lausanne)  
et des Groupes romands des anciens élèves de l'E.P.F. (Ecole  
polytechnique fédérale de Zurich)

**COMITÉ DE PATRONAGE**

Président: J. Calame, ing. à Genève  
Vice-président: † G. Epitaux, arch. à Lausanne  
Membres:  
Fribourg: H. Gicot, ing.; M. Waeber, arch.  
Genève: Cl. Grosgruin, arch.; E. Martin, arch.  
Neuchâtel: J. Béguin, arch.; R. Guye, ing.  
Valais: G. de Kalbermatten, ing.; D. Burgener, arch.  
Vaud: A. Chevalley, ing.; A. Gardel, ing.; E. d'Okolski, arch.;  
Ch. Thévenaz, arch.

**CONSEIL D'ADMINISTRATION**

de la Société anonyme du « Bulletin technique »  
Président: A. Stucky, ing.  
Membres: M. Bridel; R. Neeser, ing.; P. Waltenspühl, arch.  
Adresse: Ch. de Rosenneck 6, Lausanne

**RÉDACTION**

D. Bonnard, ing.  
Rédaction et Edition de la S. A. du « Bulletin technique »  
Tirés à part, renseignements  
Adresse: Case Chauderon 475, Lausanne

**ABONNEMENTS**

1 an . . . . .	Suisse	Fr. 26.—	Etranger . . .	Fr. 30.—
Sociétaires . . . . .	»	» 22.—	» . . .	» 27.—
Prix du numéro . . . . .	»	» 1.60		
Chèques postaux: « Bulletin technique de la Suisse romande », N° II. 87 78, Lausanne.				
Adresser toutes communications concernant abonnement, changements d'adresse, expédition, etc., à: Imprimerie La Concorde, Terreaux 29, Lausanne				

**ANNONCES**

Tarif des annonces:  
1/1 page . . . . . Fr. 275.—  
1/2 » . . . . . » 140.—  
1/4 » . . . . . » 70.—  
1/8 » . . . . . » 35.—

Adresse: Annonces Suisses S. A.  
Place Bel-Air 2. Tél. (021) 22 33 26. Lausanne et succursales

**SOMMAIRE**

Modernisation des branches principales d'un réseau d'irrigation en Provence, par G. Combes et M. Hirbec, ingénieurs à la Société grenobloise d'études et d'applications hydrauliques.  
Nécrologie: Alexis Petitpierre, ingénieur.  
Bibliographie. — Documentation générale. — Documentation du bâtiment.  
Nouveautés, informations diverses: La station d'épuration des eaux usées du Grand-Saconnex (Genève), par H.-L. Bendel.

## MODERNISATION DES BRANCHES PRINCIPALES D'UN RÉSEAU D'IRRIGATION EN PROVENCE

par G. COMBES et M. HIRBEC, ingénieurs à la  
Société grenobloise d'études et d'applications hydrauliques, Grenoble

**Introduction****Historique**

Au cours de l'année 1932, l'ingénieur J. Rigaud, de l'Administration du génie rural, fervent Provençal, publiait une brochure intitulée *Les eaux du Verdon à Marseille, Aix et la région*. Il y proposait des solutions aux problèmes posés depuis fort longtemps par les distributions d'eau et les irrigations dans la région d'Aix et par l'alimentation en eau de la grande cité phocéenne.

« Nous avons limité, disait l'auteur, les problèmes à résoudre à ceux que les possibilités régionales nous permettaient d'envisager ; mais il nous est apparu qu'après donné les pénuries d'eau l'été, il était d'une mauvaise économie de laisser gaspiller les eaux d'hiver toujours en excès. Mettre en réserve ces dernières, les accumuler aux périodes où elles sont inutilisées pour les faire servir en temps opportun, tel a été le but de l'étude et du projet ci-joints. Ainsi, l'extension des irrigations dans les territoires d'Aix-en-Provence, Gardanne et Trets, l'alimentation en eau des villes et villages déshérités du massif de l'Etoile, l'alimentation en eau potable de Marseille ont pu être envisagées, tant avec l'aide du canal du Verdon agrandi, qu'avec le concours des eaux d'hiver inutilisées de ce même canal

et l'appoint des eaux zénithales, l'ensemble de ces eaux étant contenues par des barrages à asseoir dans les massifs de Sainte-Victoire et du Montaigut, pour former les grandes réserves si précieuses en été. »

Du projet Rigaud initial, l'Administration du génie rural des Bouches-du-Rhône a réalisé une grande partie: l'irrigation de l'ensemble Gardanne-Trets à partir de la réserve de Bimont dans le massif de Sainte-Victoire. Une partie du volume est fournie par une dérivation du vieux canal du Verdon, le tunnel de Campane, qui débouche dans le lac de Bimont. Dans l'état actuel des choses, une étape ultérieure est prévue; une branche du grand canal de Provence viendra fournir à Bimont un surplus dont on a besoin pour remplir gravitairement la réserve.

On aurait donc pu penser que, cette dernière étape étant réalisée, l'Administration estimerait avoir mis en place un appareil suffisant à combler les vœux d'une population rurale attachée au développement de son terroir. Pourtant, dans le courant de l'année dernière, le Service spécial du bassin de la Durance a décidé la modernisation des branches d'extension du canal

du Verdon en adoptant le principe de la commande par l'aval. Il faut, en effet, reconnaître que cet ensemble forme un système d'adduction remarquable par la richesse des zones qu'il domine, l'altitude élevée du tracé par rapport à ces zones facilitant la mise en pression naturelle des réseaux d'irrigation par aspersion et l'importance du réservoir d'alimentation. Tenant compte de ces caractéristiques favorables, le Service responsable de l'Administration a posé deux principes :

- Il convient de ne pas perdre la moindre part d'une eau si précieuse dans ces régions.
- La tendance actuelle de l'irrigation par aspersion conduit à la conception d'une distribution entièrement à la demande, ce qui impose de conserver ce principe depuis la prise de l'usager jusqu'à la vanne de prise d'eau du barrage de Bimont. Le volume tampon de ce dernier permet, dans ce cas, d'étaler les variations continues de la demande.

Les bases du problème étant ainsi définies, la solution est donnée par la disposition judicieuse, le long des branches, d'appareils de régulation automatique des débits. Encore faut-il procéder avec méthode afin de mettre au point les dispositions les mieux adaptées aux caractéristiques très variables des canaux existants.

Le présent article a pour but principal de montrer comment l'organisme chargé des études a résolu le problème posé par l'équipement en commande par l'aval d'un système de canaux existants, pour lesquels un tel équipement n'était pas prévu à l'origine.

#### *Situation et caractéristiques du système*

Nous donnons sur la figure 1 un extrait de la carte de la région. L'ensemble des branches d'extension du canal du Verdon est situé à l'est de la transversale Aix-Marseille. On remarquera tout d'abord le lac artificiel de Bimont, et l'aboutissement de la dérivation en provenance du Verdon. La branche mère, qui prend

son départ au pied du barrage, se termine à 10,7 km de là, au point de partage des Sauvaires. Une partie du débit est acheminé au sud-ouest vers Gardanne-Simiane et l'autre partie vers Trets à l'est.

La branche de Gardanne alimente une région à la fois agricole et industrielle. On trouve dans cette région des mines de charbon, une centrale thermique et diverses usines formant un complexe auquel il faut fournir quotidiennement un volume d'eau bien déterminé. A cet égard, le maintien pendant les travaux d'un débit minimum dans le canal est un impératif absolu. La longueur de ce tronçon est d'environ 12,8 km. On notera que l'on a réservé la possibilité d'alimenter la ville de Marseille en eau depuis Simiane-Collongue.

La branche de Trets se subdivise en deux tronçons consécutifs de capacité différente. Elle traverse une région purement agricole et prend fin à Trets même, à 25,5 km des Sauvaires. La variation de la demande y est relativement plus grande, mais les débits maxima des tronçons moins élevés que celui de la branche de Gardanne.

L'ensemble représente 49 km de canaux traversant des terrains variés allant du sol argileux meuble au rocher en passant par le conglomérat graveleux. On y rencontre de multiples ouvrages tels que les bâches, siphons, tunnels, ponceaux et déversoirs habituels de ce genre de réalisation. L'établissement d'un tel système représente déjà une importante somme de travaux divers qui se sont étalés sur plusieurs années.

Le profil en long, la pente, la section transversale et le revêtement des canaux présentent des caractéristiques fort diverses suivant les endroits. Ceci n'était pas pour faciliter la tâche du chargé d'étude, et c'est justement là qu'il faut trouver la particularité intéressante du projet, tant du point de vue de l'hydraulicien que de celui de l'ingénieur civil.

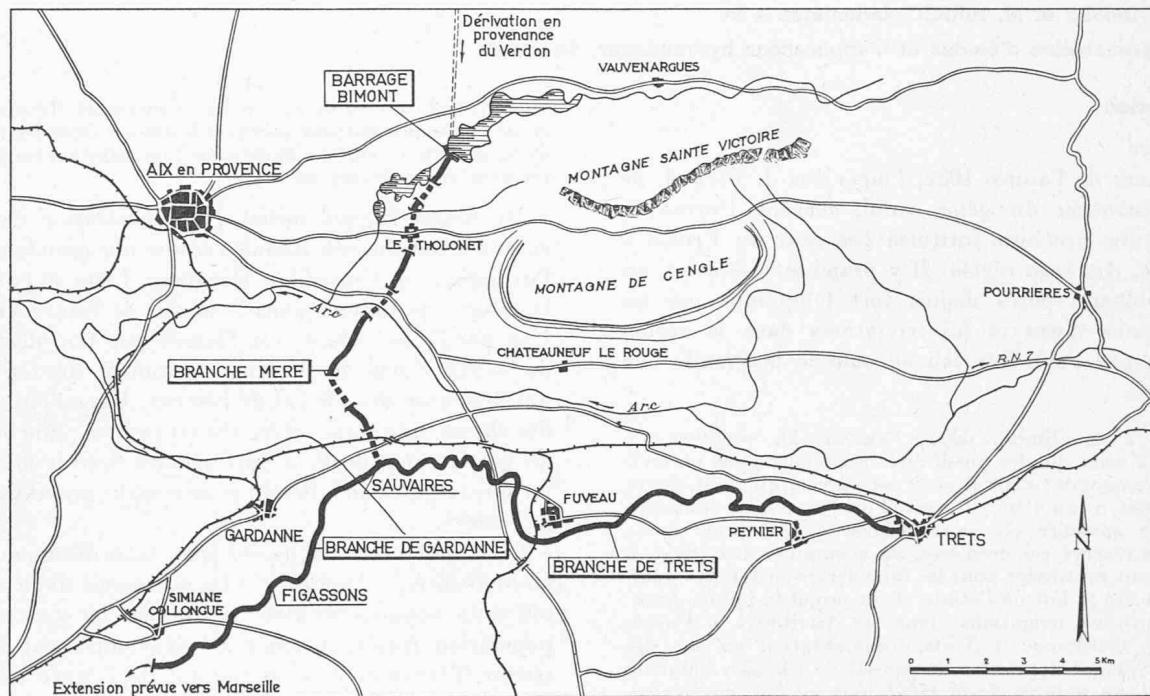


Fig. 1. — Situation.

## I. La régulation par l'aval des débits et les conditions de son application

### Définition de la « commande par l'aval » Avantages — Matériel nécessaire

Lors de la conception d'un réseau d'irrigation, la régulation des débits dans les canaux pose un problème qui peut être résolu de différentes façons. Nous ne parlerons que des deux classes principales de distribution et les définirons toutes les deux afin de bien délimiter celle dont nous parlerons plus spécialement dans cet exposé.

- Les débits sont réglés en tête du réseau et répartis selon un programme établi à l'avance entre différents abonnés qui utilisent le débit qui leur parvient : c'est ce que nous convenons d'appeler « commande par l'amont ».
- Dans le deuxième système de distribution qui fait l'objet de cet article, les débits sont réglés par les usagers eux-mêmes (usagers directs ou collectivités dépendant d'une même prise), grâce aux manœuvres qu'ils effectuent en se servant dans le canal d'aménée : c'est ce que nous convenons d'appeler « commande par l'aval ».

D'après la définition ci-dessus, pour la « commande par l'aval » le débit appelé en tête du réseau est assujetti à la somme des débits demandés à chaque instant par les usagers : c'est l'utilisateur situé à l'aval qui, en ouvrant sa prise, provoque par la même occasion un appel de débit égal à celui qu'il utilise. Cet appel peut être transmis vers l'amont par voie purement hydraulique et entièrement automatique jusqu'à l'ouvrage régulateur de tête. Celui-ci s'adapte donc continuellement aux demandes de débit venant de l'aval : d'où l'expression condensée de « commande par l'aval ».

Un canal ainsi équipé est divisé, dans ce but, en un certain nombre de biefs *par des vannes réglant le plan d'eau à une cote constante à leur aval immédiat*. Un appel de débit venant de l'aval aura tendance à abaisser le plan d'eau dans un bief, et en particulier à l'aval d'une vanne. Celle-ci s'ouvrira par conséquent plus ou moins pour appeler de l'amont le débit qui lui est demandé de l'aval.

Les niveaux ne sont constants qu'à l'aval immédiat de ces vannes. En effet, le débit étant variable par hypothèse, la ligne d'eau aura, dans chaque bief, une forme d'équilibre pour chaque débit. Toutes les lignes d'eau, en régime permanent, sont évidemment situées en dessous de celle correspondant au débit nul, c'est-à-dire au-dessous de l'horizontale. Elles possèdent un point commun à l'extrémité amont du bief.

La « commande par l'aval des débits » présente plusieurs intérêts, dont nous examinerons successivement les principaux :

#### a) Réduction du gaspillage d'eau

De la définition même du principe de la commande par l'aval, il ressort que les pertes en eau, en bout de chaque canal, dues à un défaut d'ajustement entre le débit envoyé et le débit nécessaire, sont annulées. Il subsiste évidemment les pertes par évaporation et par manque d'étanchéité des canaux, mais celles-ci relèvent d'un problème indépendant et sont, à peu de chose près, égales à celles qu'aurait le même réseau en commande par l'amont.

Dans les pays tempérés, le problème de l'élimination de tout gaspillage d'eau n'est, en général, pas capital lorsque le réseau est un réseau gravitaire. Il prend, par contre, une importance primordiale dans de nombreuses zones semi-arides ou arides, et, en règle générale, pour toute

installation alimentée par un réservoir d'accumulation (par opposition à la prise au fil de l'eau) et par pompage.

En ce qui concerne les pertes inévitables (fuites, évaporation), elles sont compensées automatiquement à partir de l'amont grâce au réglage automatique des vannes. Ainsi, le débit d'alimentation du canal est égal au débit utilisé majoré de la seule valeur des pertes inévitables.

Tout gaspillage est ainsi évité.

#### b) Rapidité des changements de régime

La commande par l'aval est très séduisante par la rapidité qu'elle autorise dans les changements de régime des canaux.

En commande par l'amont, les tronçons sont séparés par des vannes ou des réservoirs qui maintiennent sensiblement constant le niveau de l'eau à leur amont immédiat. La ligne d'eau de chaque bief, lorsque le débit augmente lentement<sup>1</sup>, monte en pivotant autour de son extrémité aval.

En commande par l'aval, c'est le niveau en tête de chaque tronçon qui est maintenu constant par les vannes. La ligne d'eau, dans la même hypothèse, descend en pivotant autour de son extrémité amont (voir ci-après le schéma des diverses lignes d'eau caractéristiques).

Dans le premier cas, le canal doit s'emplir davantage avant de pouvoir transiter un débit plus grand.

Dans le second cas, il doit se vider. Autrement dit, chaque bief contient la réserve qui lui permet de faire face à un certain accroissement de la demande. Dans la marche inverse, c'est-à-dire lors de la réduction de débit, ces réserves se reconstituent.

Ce détail montre l'aptitude à la rapidité de « réponse » d'un réseau à commande par l'aval, grâce à la présence ou à la formation de réserves que nous appellerons « réserves de fonctionnement ».

#### c) Commodités d'exploitation

Les avantages précédents sont liés à l'automatisme que la commande par l'aval permet d'introduire dans l'exploitation.

L'équipement actuellement mis au point pour ce type de régulation évite pratiquement toute intervention manuelle et, par là, réduit fortement le personnel d'exploitation nécessaire.

Les faiblesses toujours possibles des aiguadiers ne sont plus à craindre.

#### d) Liaison aisée d'un réseau d'irrigation par aspersion ou d'un réseau d'adduction d'eau potable à un réseau en commande par l'aval

Il est fréquent qu'à un réseau de distribution à surface libre, on adjointe quelques branches en conduite destinées à desservir un réseau d'irrigation par aspersion. Il arrive également souvent qu'on prévoie le branchement d'un ou plusieurs réseaux d'alimentation de villes et de villages en eau potable.

Ces deux genres de réseaux secondaires (aspersion et alimentation urbaine) répondent aux conditions de la commande par l'aval, et leur branchement sur un réseau adducteur en commande également par l'aval ne présente généralement pas de problème de régulation, puisque celle-ci est automatique de l'extrémité amont à l'extrémité aval de l'installation ainsi réalisée.

Il en serait autrement si un réseau à commande par l'amont devait alimenter, par exemple, un réseau d'irrigation par aspersion mis en pression par simple dénivellation. Il y a évidemment, à la jonction, un manque d'homogénéité, que même un ouvrage parfaitement conçu et imposant certaines conditions ne peut pas rétablir intégralement.

En effet, en « commande par l'amont », il sera nécessaire d'avoir un débit souvent surabondant, car les asperseurs ont un débit variable suivant l'endroit où ils sont branchés, et le nombre de ceux qui sont en fonctionnement varie sans cesse.

Si le canal fournit plus de débit qu'il n'est nécessaire pour les asperseurs en fonctionnement, le reliquat ira à la décharge. C'est une perte d'eau qui représente une dépense inutile et qui nécessite un ouvrage évacuateur. Ce sont donc des inconvénients pour une solution hydrauliquement non homogène.

Si, au contraire, le débit alimentant la conduite est trop faible vis-à-vis du nombre d'asperseurs en fonctionnement, l'abaissement du plan de charge peut être tel que tous les

<sup>1</sup> S'il varie vite (vis-à-vis des durées de propagation d'ondes), la question est plus complexe.

asperseurs seront alimentés sous une pression insuffisante. Nous ne nous étendrons pas sur les inconvénients d'une mauvaise pulvérisation.

Le plan de charge peut même être tel, que de l'air circule dans la conduite, ce qui perturbera encore le fonctionnement.

Tous ces inconvénients disparaissent en cas de fonctionnement en commande par l'aval pour le canal adducteur et pour le réseau de distribution en conduite.

Lorsque l'agriculteur fermera le robinet de sa prise particulière, ce refus se transmettra automatiquement par l'intermédiaire des conduites en charge, puis par l'intermédiaire des canaux équipés de vanne à niveau aval constant, jusqu'à la vanne du barrage qui fermera à son tour de la quantité voulue.

Les divers avantages que nous venons d'énumérer trouvaient particulièrement leur raison dans le cas des branches d'extension du Verdon puisque, comme nous l'avons vu, ces branches doivent permettre l'alimentation et la mise en charge de réseaux de distribution entièrement en charge et fonctionnant « à la demande ». Il apparaît indispensable que cette demande puisse se transmettre automatiquement de ces réseaux jusqu'à la réserve de Bimont à travers des canaux convenablement équipés.

L'idée d'ajuster continuellement et d'une manière automatique le débit véhiculé par les canalisations au débit demandé par les utilisateurs est évidemment venue à tous les projeteurs de réseaux de distribution.

Si, jusqu'à ces dernières années, ils n'avaient principalement appliqué ce principe qu'aux conduites en charge de caractéristiques simples, c'est qu'ils n'avaient pas à leur disposition, surtout pour les canaux, un matériel simple et robuste permettant la transmission des appels de débit de l'aval vers l'amont.

Mais à l'heure actuelle cet obstacle est tombé et plusieurs constructeurs proposent des vannes à commande purement hydraulique qui règlent des niveaux

constants à leur aval immédiat. Sur la planche ci-jointe, nous avons schématisé une telle vanne construite par les Etablissements Neyric qui ont été, semble-t-il, les premiers à étudier et fabriquer un tel matériel. Ce constructeur fabrique actuellement, pour l'équipement de canaux en commande par l'aval, deux types principaux de vannes d'automatisme entièrement hydraulique :

- une vanne appelée vanne Avis (vanne à niveau aval constant sur plan d'eau à surface libre) ;
- une vanne appelée vanne Avio (vanne à niveau aval constant sur orifices en charge).

Leur principe est sensiblement identique :

- tablier secteur pouvant obturer plus ou moins, par rotation autour de son axe de révolution, le canal ou l'orifice ;
- flotteur de manœuvre, également secteur baignant dans le plan d'eau aval ;
- équilibre de l'ensemble de l'équipage mobile tel que la vanne n'est en équilibre que pour un niveau aval voisin de la cote de son axe de rotation.

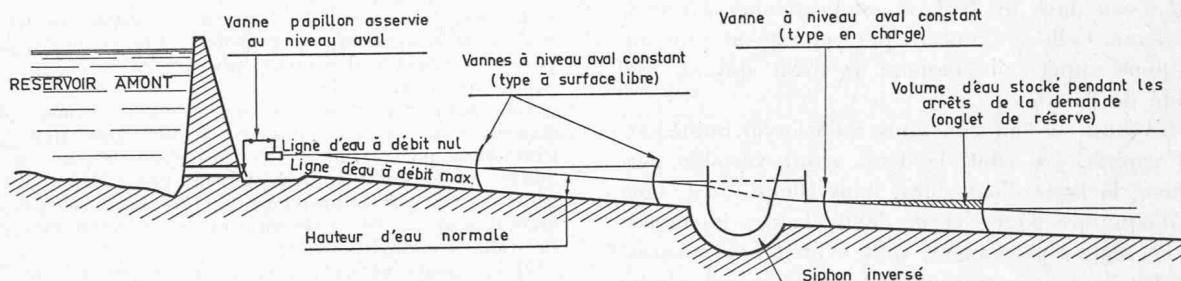
Lorsqu'un appel de débit provenant de l'aval provoque un affaissement du plan d'eau sous le flotteur, la vanne ouvre et laisse passer assez de débit pour que le plan d'eau se rétablisse à sa cote primitive.

Les vannes type Avio peuvent, par construction, supporter des charges amont beaucoup plus importantes que les vannes Avis.

*Sujétions d'application de la commande par l'aval — Difficultés de l'appliquer à une installation existante prévue pour la commande par l'amont*

Comme nous l'avons vu plus haut et comme le montre aussi la figure 2, la régulation par l'aval des débits impose des berges horizontales aux canaux. Il

### PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT



### TYPE DE VANNE A NIVEAU AVAL CONSTANT

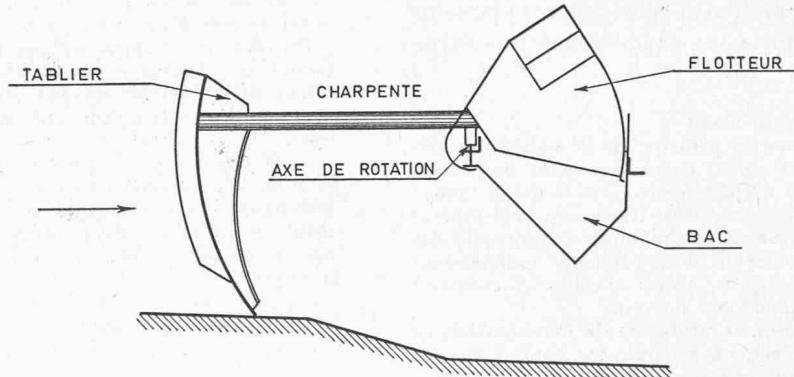


Fig. 2. — Schéma de commande par l'aval.

en résulte un léger accroissement du coût du canal par rapport au canal fonctionnant en commande par l'amont, accroissement compensé par les avantages que l'on retire par ailleurs du système.

Ce mode de réalisation des canaux ne présente pas, en général, de difficultés.

Il n'en est pas de même lorsqu'on veut transformer un ancien canal équipé pour la régulation depuis l'amont des débits. Les berges de ce canal sont, en effet, parallèles à la ligne d'eau à débit maximum et il devient, le plus souvent, nécessaire de les surélever, en particulier à l'aval de chaque bief. Cette surélévation sera d'autant plus importante que les régulateurs seront espacés. Il y aura donc, dans chaque cas, une longueur économique de bief à calculer, ou, si l'on préfère, un nombre économique de vannes à définir.

Le problème de l'adaptation d'un vieux canal au fonctionnement en commande par l'aval est d'ailleurs chaque fois un cas d'espèce.

Dans le cas des « branches d'extension du canal du Verdon », il était particulièrement complexe.

Ces canaux sont, en effet, coupés de souterrains, d'aqueducs, de siphons inversés qui augmentaient singulièrement les difficultés.

Prenons le cas d'un souterrain, par exemple : le canal actuel en traverse un certain nombre en surface libre, le ciel de galerie se trouvant parallèle au radier et à la ligne d'eau à débit maximum. Si l'intervalle entre les régulateurs respectivement situés à l'amont et à l'aval du souterrain est trop grand, le marnage (ou différence de cote entre le plan d'eau à débit maximum et le plan d'eau à débit nul) sera trop important et, à faible débit, la ligne d'eau viendra toucher le ciel de galerie : le souterrain se mettra donc en charge sur une longueur variable dépendant du débit véhiculé. Il en résultera un fonctionnement défectueux, des ressauts instables apparaissant aux points de contact entre l'écoulement à surface libre et l'écoulement en charge.

L'écartement des régulateurs et leur emplacement devra donc tenir compte de ces éléments.

Dans le cas d'un siphon inversé (bief avec conduite sur le schéma), la difficulté proviendra de l'augmentation de pente de la ligne piézométrique dans le siphon. Le marnage à la sortie de ce dernier sera augmenté.

Indépendamment de ces ennuis, les branches d'extension présentaient d'autres obstacles pour leur transformation :

L'existence d'ouvrages particuliers, tels que ceux des Sauvaires ou des Figassons que nous décrirons plus loin, dont le rôle disparaissait ou était profondément modifié, rendait encore plus difficile la tâche du projecteur.

Enfin, ce dernier devait au cours de son travail, non seulement choisir chaque fois la solution la plus économique, mais encore tenir compte, dans une certaine mesure, de conditions locales de réalisation et d'esthétique. Il devait rechercher tous les moyens susceptibles d'éviter des reprises toujours délicates des ouvrages existants.

Toutes ces conditions n'auraient pu être tenues s'il n'avait existé un élément favorable, en l'occurrence le fait que le débit maximum que les branches devront transporter en commande par l'aval est, pour de

nombreux tronçons, inférieur au débit pour lequel ils avaient été prévus autrefois.

Cette diminution du débit nominal d'utilisation peut paraître curieuse en premier examen. Elle est due, entre autres raisons, aux prévisions actuelles d'utilisation des eaux qui tiennent compte des études récemment menées sur des ensembles d'irrigation voisins de celui des branches d'extension du Verdon ; pour une certaine part aussi, au fait que l'irrigation par aspersion permet des économies en eau non négligeables.

C'est ainsi que la branche mère ne devra finalement transporter, en régulation par l'aval, qu'un débit maximum de  $4,4 \text{ m}^3/\text{s}$ , alors qu'elle est actuellement prévue pour transporter, en régulation par l'amont, un débit voisin de  $7 \text{ m}^3/\text{s}$ .

Pour le débit de  $7 \text{ m}^3/\text{s}$ , la ligne d'eau était parallèle au radier (et aux berges) et à une distance  $h$  de ce radier.

Pour le débit de  $4,4 \text{ m}^3/\text{s}$ , la ligne d'eau sera à une distance  $h'$  du radier. On bénéficie donc d'une revanche supplémentaire de  $h - h'$ , ce qui permet d'éviter (même si on ne retouche pas aux berges) des débordements pour les lignes d'eau à débit nul de commande par l'aval, pour autant que l'écartement des régulateurs  $L$  soit tel que :

$$L \times i < h - h' \quad (i \text{ pente du radier}).$$

Pour les autres branches, cette revanche supplémentaire est moins importante et il se trouve même que certains tronçons doivent transporter, en « commande par l'aval », un débit identique à celui qui avait été initialement prévu au moment de la construction du canal.

On se trouve alors dans l'impossibilité de conserver, avec les berges actuelles, une revanche suffisante pour les lignes d'eau horizontales de débit nul.

Diverses solutions ont été alors étudiées en vue de trouver la plus économique : en général, on a retenu celle qui consiste à admettre une ligne d'eau à débit nul exactement tangente en fin de bief à l'arasement de la maçonnerie existante. La surélévation de maçonnerie qu'on est, dans ce cas, obligé de faire pour se protéger contre les vagues ou intumescences diverses n'a pas besoin d'être absolument étanche puisqu'elle ne joue alors qu'un rôle intermittent. Elle reste ainsi peu onéreuse.

## II. Transformations nécessaires pour assurer la commande par l'aval des débits

### La prise d'eau

Les volumes d'eau nécessaires à l'irrigation sont accumulés dans un ouvrage appelé « retenue de Bimont ». A l'aval immédiat du barrage de Bimont, un contre-barrage crée un plan d'eau à la cote 285,28. C'est sur la culée rive gauche de ce contre-barrage que se trouve la tête du canal dit « branche mère ».

Le barrage de Bimont est actuellement équipé de papillons de vidange (diamètre 500 et 1500, manœuvrables à main) qui alimentent la petite retenue du contre-barrage et, par là, le premier bief de la « branche mère ».

D'après la figure n° 2, on se rend compte que tout appel ou refus de débit en provenance des réseaux

d'irrigation se transmettra vers l'amont, de bief en bief, par le jeu des vannes automatiques à niveau aval constant. Ces appels ou ces refus tendront à faire baisser ou monter le plan d'eau derrière le contre-barrage. La commande par l'aval pourra donc être transmise d'une manière simple jusqu'à la retenue principale, en asservissant le fonctionnement d'un des papillons au niveau en tête de la branche mère (285,28). (On voit le départ de la branche mère et la retenue au contre-barrage de Bimont sur la photographie de la figure 3.)

Un flotteur détectera ce niveau et transmettra les ordres d'ouverture ou de fermeture au papillon Ø 500 par l'intermédiaire d'un « régulateur différentiel type Selsyn ».

Le système permettra de régler le niveau à 20 cm près pour une gamme de débits s'échelonnant de 0 à 4,4 m<sup>3</sup>/s.

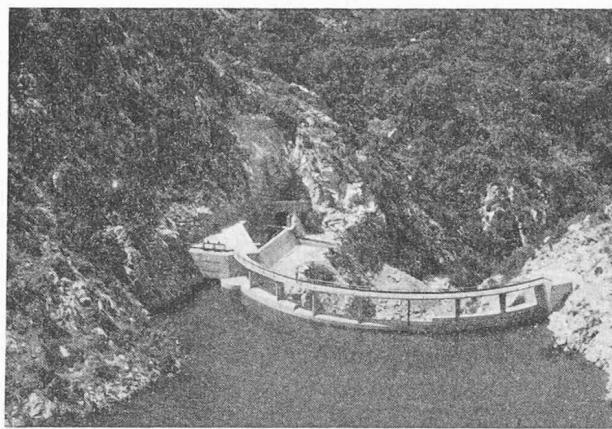


Fig. 3. — Départ de la branche mère et la retenue du contre-barrage de Bimont.

#### La branche mère

Deux types d'ouvrages ont été prévus :

- le premier consiste en l'implantation d'une vanne type Neyrpic Avis réglant, entre deux surfaces libres, son niveau aval constant ;
- le deuxième consiste en l'implantation d'une vanne type Neyrpic Avio réglant, à l'aval d'une conduite en charge (extrémité aval d'un siphon inversé), le niveau constant à l'extrémité amont du bief de canal qui la suit.

On notera la présence d'un déversoir placé en by-pass par rapport à la vanne automatique.

Le rôle de cet organe est d'assurer la sécurité de fonctionnement du canal dans les cas suivants :

Supposons qu'à la suite de fortes pluies ou de fuites d'une vanne située en amont, un débit accidentel (c'est-à-dire non demandé par les irrigations) pénètre dans le bief situé immédiatement en amont de la vanne considérée.

Il faut, si l'on veut éviter des débordements, évacuer ce débit, soit par un déversoir latéral si un exutoire naturel se présente sur le tracé du canal, soit par le déversoir by-pass dont nous venons de parler, dans le cas où aucun exutoire naturel ne se trouverait le long du bief inondé. Bien entendu, le fonctionnement de ce déversoir n'aura lieu que si le débit accidentel pénétrant dans le bief est supérieur au débit demandé depuis l'aval.

Cinq vannes type Avio et deux vannes type Avis seront ainsi placées sur la branche mère entre le barrage de Bimont et le point dit « Les Sauvaires », où cette branche se divise en deux : branche de Gardanne d'une part, branche de Trets de l'autre.

Longueur totale de cette branche . . . 10 700 m  
Nombre de vannes automatiques . . . 7  
Débit maximum à l'extrémité amont 4,4 m<sup>3</sup>/s

#### L'ouvrage de partition des Sauvaires

Actuellement, les branches d'extension du Verdon fonctionnent en « commande par l'amont », c'est-à-dire que les diverses branches absorbent le débit qui leur est envoyé sur programme depuis Bimont.

Aux « Sauvaires », un partiteur constitué d'un volet pivotant sur un seuil de révolution partage le débit, entre Gardanne et Trets, suivant une proportion réglable.

La figure 4 montre l'ouvrage actuel.

En commande par l'aval, chaque branche devra transmettre automatiquement sa demande de débit à la branche mère. Ce résultat sera obtenu en plaçant, à l'extrémité aval du dernier bief de la branche mère, un petit bassin sur lequel seront piquées deux conduites obturées chacune par une vanne automatique réglant le niveau en tête de chacune des branches de Gardanne et de Trets.

Comme vu plus haut pour d'autres ouvrages, un déversoir by-pass permettra d'évacuer vers l'aval des débits accidentels en provenance de l'amont, même si la demande est nulle au moment de ces incidents.

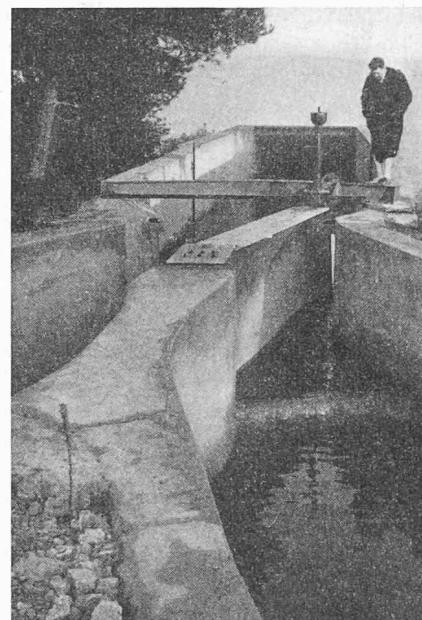


Fig. 4.  
Situation  
actuelle  
des  
Sauvaires.

#### La branche de Gardanne

L'équipement de cette branche a été facilité en certains endroits par l'existence d'une revanche importante due au fait que ce canal a été récemment revêtu et exige, de ce fait, des hauteurs d'eau normales bien moins grandes que la profondeur du canal.

On retrouve la succession des vannes Avis ou Avio suivant qu'il s'agit de régler un plan d'eau aval immédiatement à l'aval d'un bief à surface libre ou immédiatement à l'aval d'une conduite en charge.

Un problème particulier se posait au lieu dit « Les Figassons », où se trouvait un coursier créant entre les tronçons de canaux situés en amont et en aval de l'ouvrage une dénivellation de 5,40 mètres.

Une vanne du type classique (Avio, par exemple) ne pouvait s'adapter sans que d'importantes démolitions de l'ouvrage existant n'interviennent. La solution considérée comme économique et d'exécution la plus commode est celle d'une vanne cylindrique à niveau aval constant.

Le seuil existant subsiste : il fait office de by-pass de la vanne cylindrique en cas de crue accidentelle en provenance de l'amont.

Remarquons qu'il est prévu, dans un stade ultérieur d'aménagement, de relier l'extrémité aval de la branche de Gardanne à la ville de Marseille, de manière à pouvoir assurer une alimentation de secours de la grande ville en cas de panne sur son adduction principale.

Dans ce cas de fonctionnement exceptionnel, la ville serait prioritaire et les irrigations seraient stoppées pendant la durée de l'incident.

Longueur totale de la branche . . .	12 700 m
Nombre de vannes automatiques . . .	16
Débit maximum à l'extrémité amont	2,6 m <sup>3</sup> /s

#### *La branche de Trets*

Cette branche présente la particularité de comporter, dans sa partie amont, un tronçon de canal de dimensions surabondantes, ce qui a facilité l'équipement en commande par l'aval et, dans sa partie aval, plusieurs tronçons de canaux très ajustés et où l'espacement entre les vannes automatiques a dû être réduit, en même temps que quelques berges devaient être relevées.

Dans la partie amont, les vannes type Avio (vanne à niveau aval constant sur orifice) sont utilisées même lorsqu'il s'agit de les placer à l'aval d'un bief à surface libre. Les dimensions de leur orifice peuvent, en effet, pour diverses raisons, être beaucoup plus faibles que celles de la section courante du canal et on a intérêt à placer, en travers du canal, un masque en béton

dans lequel se trouve l'orifice d'alimentation de la vanne type Avio.

Longueur totale de la branche . . .	25 500 m
Nombre de vannes automatiques . . .	37
Débit maximum à l'extrémité amont	1 m <sup>3</sup> /s

### **III. Problèmes particuliers de génie civil**

#### *Généralités*

Pour mener à bien un tel projet, l'ingénieur civil doit disposer :

- des plans d'exécution des parties existantes ;
- des données topographiques et géotechniques ;
- des données définitives de l'hydraulicien ;
- des caractéristiques détaillées du matériel

Il est parfois difficile de savoir exactement si les ouvrages existants ont bien été exécutés conformément aux plans, ou s'ils ont fait, sur place, l'objet de modifications portées sur des dessins de chantier non récupérables. Dans l'ensemble, l'Administration a pu remettre au projeteur les dessins d'exécution complets des ouvrages. Pour certains d'entre eux toutefois (déversoirs), il fallut se contenter de croquis levés lors de la visite des branches, ces petits ouvrages devant être adaptés sur place par l'entreprise à la topographie des lieux.

Les données topographiques résultèrent, soit de leviers effectués par l'Administration, soit pour les environs des ouvrages et certains talus de canaux des croquis et estimations du chargé d'étude. La nature des sols fut également estimée par observations directes.

Pour le reste, on disposait évidemment des catalogues du fournisseur. Dans les cas où le matériel n'était pas un matériel standard, le fournisseur put procurer toutes indications concernant les dimensions principales et les scellements à prévoir.

On trouvera, dans la suite de ce chapitre, la description de certains ouvrages particuliers, tels que ceux des Sauvaires et des Figassons, ainsi que l'exposé des solutions adoptées pour des ouvrages-types : vanne Avio et petites vannes automatiques.

*(A suivre)*

## **NÉCROLOGIE**

### **Alexis Petitpierre, ingénieur**

Le 18 juin nous rendions les honneurs à notre collègue Alexis Petitpierre, enlevé à l'affection des siens après une pénible maladie.

Après avoir obtenu sa maturité au Gymnase scientifique de Neuchâtel, il poursuivit ses études à l'Ecole polytechnique de Zurich de 1905 à 1909.

De 1910 à 1914, il fit différents stages à l'étranger : Technische Schule Reutlingen ; Raleigh Co., Nottingham ; MM. de Mestral & Harlé, Paris.

Au printemps de 1914, il rentra au pays pour prendre la direction de l'Ecole de mécanique de Sainte-Croix, qu'il dirigea avec succès jusqu'en 1918.

En 1916, la ville de Lausanne décida la création d'une école professionnelle pour suppléer au manque de main-d'œuvre qualifiée en Suisse romande. Elle fit appel à M. Petitpierre, qui fut chargé de son organi-

sation tout en gardant son poste à l'Ecole de Sainte-Croix. Il l'abandonna en 1918 pour se vouer entièrement à l'Ecole des métiers de Lausanne. Les débuts furent difficiles, par suite de la dispersion des locaux, mal conditionnés pour une école, et de l'insuffisance des crédits. M. Petitpierre ne cessa de lutter pour obtenir la construction d'une école digne de ce nom, et ce n'est qu'en 1930 qu'il obtint satisfaction. Dès lors il put donner toute sa mesure et l'Ecole prit, sous son impulsion, un essor réjouissant. Aux deux sections de mécanique et du bois vinrent s'ajouter successivement la section des électriciens, la section des installateurs puis celle des mécaniciens sur auto et enfin la section des courants faibles.

Le nombre des apprentis ne cessant d'augmenter et la loi sur la formation professionnelle ayant porté de trois à quatre ans la durée de l'apprentissage, il fallut doubler toutes les sections. Grâce à son talent d'organisateur et à sa ténacité, M. Petitpierre réussit à faire