

**COMMISSION INTERNATIONALE DES IRRIGATIONS ET  
DU DRAINAGE  
INTERNATIONAL COMMISSION ON IRRIGATION AND  
DRAINAGE**

**THIRTIETH CONGRESS**

**K. 15**

**THIRD CONGRESS**

**QUESTION 9**

**LES OUVRAGES HYDRAULIQUES DANS LES CANAUX  
D'IRRIGATION ET DE DRAINAGE**

**POSSIBILITES DE COMMANDE PAR L'AVAL DANS LES CANAUX  
DECOUVERTS\***

**L. Dumay†**

**RESUME**

En matière d'irrigation, l'usager est aussi désireux que le Maître de l'ouvrage de pouvoir prendre l'eau au "robinet" selon ses besoins de chaque instant; seul l'emploi de conduites forcées permet de réaliser intégralement cette condition. Cependant, leur prix de revient est plus élevé que celui des canaux découverts.

Dans ces derniers, la commande par l'aval n'a de sens que pour une pente longitudinale faible: le prélèvement aval d'un débit supplémentaire se traduit alors par une onde qui sert de "signal" et remonte le courant pour agir, en définitive, sur les organes de commande situés à l'amont.

Dans les irrigations par pompage, où le souci d'éviter de trop grandes dépenses d'ouvrage conduit précisément à adopter pour les canaux des pentes relativement faibles (généralement inférieures à 0,001), les conditions requises pour une commande par l'aval sont réalisées. Le problème à résoudre se réduit alors à un problème d'emmagasinage de l'eau, soit dans le canal lui-même soit dans des poches latérales.

Divers systèmes de vannes à commande par l'aval existent; les uns tendent à asservir l'ouverture de la vanne au niveau aval seul: leur inconvénient est d'abaisser d'autant plus le plan d'eau moyen dans un bief que le débit à transporter devient plus grand, de sorte que la débitance utile du canal se réduit lorsque les besoins de transport d'eau s'accroissent. Les tranchées supérieures du canal ne jouent qu'un rôle de réservoir, dont le prix unitaire est élevé.

\* Hydraulic structures in Irrigation and Drainage Schemes. (Possibility of downstream control in uncovered canals.)

† Ingénieur en Chef des Travaux de Conception du Service de la Direction de l'Hydraulique et d'Équipement Rural à Constantinople.

TE. ~~Il est possible de concevoir à l'avance l'ouverture de la vanne à l'aval d'abord puis, avec un certain décalage, la différence de niveau entre l'amont et l'aval: ce dispositif, bien que représentant une amélioration notable, ne peut pas se prêter à la fermeture totale, lorsque cette fermeture est réalisée, de ne pas amorcer automatiquement l'ouverture.~~

Enfin, il faut observer que dans les grands réseaux d'irrigation par pompage, le débit des stations est invariable. Il faut donc pouvoir assurer du temps, en un faible débit fourni d'une manière régulière: ce résultat peut être obtenu à l'aide de vannes à déclenchement, qui sont décrites au chapitre 10. Elles sont étalées sur l'ensemble du réseau, à des intervalles égaux, à des écarts de 25% sur la totalité des canalisations.

#### POSSIBILITES DE COMMUNICATION ENTRE LES CANAUX

Those who use, quite as much as those who build irrigation networks, are anxious to have water always 'on tap' to meet requirements as and when they occur. Penstocks alone are able to fully meet this contingency. Their cost, however, is higher than that of uncovered canals.

In such canals downstream control is feasible only when the longitudinal slope is small. If this is the case, the removal of an extra flow downstream is accompanied by a 'signal' wave which moves upstream against the current and acts on the upstream control equipment.

In schemes of irrigation by pumping, where the desire to limit the expenditure of power leads to the choice of relatively small slopes (usually less than 0.001), the conditions for downstream control are fully realised. The problem then reduces to a problem in water storage, either in the canal itself or in side pockets.

There exist several systems of gates controlled from downstream: in some, the gate opening is directly controlled by the downstream level alone: their disadvantage lies in the fact that the greater the flow in a reach, the greater is the lowering of the mean water level. This means that whenever there is an increase in the demand for water there is a reduction in the useful capacity of a canal. The upper sections of the canal act only as a reservoir the price of each of which is high.

Another system consists in controlling the gate opening first of all by the downstream level and then after a certain lapse by the difference between the upstream and downstream levels. This arrangement, whilst being an improvement on the first, has the disadvantage either of making it difficult to shut the gates completely or, if this has been achieved, of not automatically causing the gates to re-open.

Finally, it should be remarked that in large projects of irrigation by pumping, the discharge from each station is invariable. It must, therefore, be possible to change from a high discharge operative for part of the time

to a low regular discharge. This can be achieved using special gates which are described in this paper and which lead, under comparable conditions, to economies of the order of 25 per cent of the canal costs.

### 1—CONDUITES ET CANAUX

Alors qu'il apparaît naturel, dans une distribution d'eau urbaine, de voir l'usager ouvrir son robinet selon ses besoins, il est presque communément admis en matière d'irrigation, que le cultivateur doit se plier à la discipline du "tour d'eau", le cas échéant, au prix d'un arrosage de nuit, à seule fin de permettre un fonctionnement du réseau répondant aux caractéristiques propres des canalisations employées.

Lorsque ces canalisations sont constituées par des conduites forcées, rien ne s'oppose en principe à ce que les débits servis aux irrigants correspondent exactement à leurs besoins : le système de commande par l'aval ne soulève alors aucune difficulté de principe.

Par contre, dans le cas des canaux découverts, la commande par l'aval ne peut être réalisée que dans des conditions bien définies (pente faible, canaux d'assez grande dimension) et moyennant l'utilisation d'un appareillage approprié.

### 2—RESEAUX EN COMMANDE PAR L'AMONT

Dans les aires d'irrigation desservies par gravité à partir de barrages réservoirs, l'alimentation par canaux conduit la plupart du temps à l'institution d'une commande par l'amont : en effet le Maître de l'Oeuvre, guidé par le souci de réduire les investissements et profitant de la hauteur d'eau dont il dispose grâce à la marge de retenue du barrage, réduit la plupart du temps le calibre de ses canalisations jusqu'à leur donner des pentes critiques ou supra-critiques. Le seul moyen concevable pour proportionner raisonnablement les débits envoyés en tête du réseau aux besoins manifestes, consiste alors à réduire les délais de transmission des demandes et à disposer, au point de partage principal des eaux (aboutissement du tronc commun), d'un bassin de compensation suffisant pour amortir les erreurs d'ouverture, ou simplement les variations intervenues dans la demande. Encore faut-il remarquer que dans les dernières ramifications des canaux de distribution, une quantité d'eau importante est perdue à l'aval si l'on ne veut pas risquer de desservir insuffisamment les usagers correspondants. A cette perte s'ajoute la dépense matérielle de main-d'oeuvre nécessitée par les différentes opérations de manoeuvre de l'appareillage, main-d'oeuvre qui représente pour un territoire comme celui de l'Algérie, une dépense annuelle de plusieurs centaines de millions, et qui serait mieux employée à cultiver les terres elles-mêmes qu'à répéter des opérations mécaniques fastidieuses.

### 3—RESEAUX EN COMMANDE PAR L'AVANT

Au contraire, dans les irrigations par pompage, qui représentent à l'heure actuelle une part notable des ressources hydrauliques des territoires

nords-africains\*, la considération des prix respectifs des canalisations d'une part, de l'énergie d'autre part, conduit à donner au diamètre des canaux une valeur notable pour éviter des dépenses de pompage trop élevées : le calcul économique fixe alors les pentes optima à des valeurs comprises entre 0,0006 et 0,001 ; ces pentes qui sont de l'ordre de 4 à 6 fois plus faibles que les pentes critiques, permettent aux intumescences venues de l'aval de remonter facilement le courant et de commander ainsi les manoeuvres des appareils. Il en est de même de certaines irrigations par gravité au fil de l'eau, où la préoccupation dominante de desservir les superficies les plus grandes possibles, entraîne nécessairement l'adoption de pentes hydrauliques faibles.

De nombreux cas d'aménagement d'aires irrigables sont donc justiciables d'une commande par l'aval, même dans le cas de canaux découverts : encore faut-il prévoir, dès avant l'aménagement de ces aires d'irrigation, la fixation simultanée des dispositions des canalisations elles-mêmes et de leur appareillage, pour former un tout indissoluble conçu dans le seul intérêt de l'exploitation : c'est précisément l'objet de la présente étude d'examiner ce problème.

#### 4—APPAREILLAGES ACTUELS

Différents systèmes sont actuellement construits pour assurer la commande par l'aval dans les réseaux d'irrigation : ces systèmes se rattachent principalement à deux types : les vannes à niveau aval constant et les vannes à différence de niveau constante.

Les avantages et inconvénients de chacun de ces systèmes sont étudiés ci-dessous :

##### (A) VANNES A NIVEAU AVAL CONSTANT (FIGURE 1)

Ces vannes ont comme propriété de maintenir un niveau constant

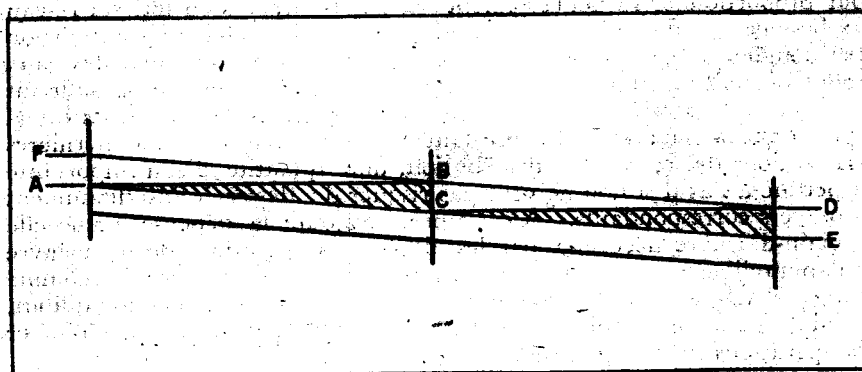


FIGURE 1 :—Vannes à niveau aval constant.

\* soit qu'il s'agisse de grands oueds (Chélim, Soummam, Kébir), soit qu'il s'agisse de réserves des nappes souterraines.

à l'aval de l'appareil (c'est-à-dire à l'amont du bief aval correspondant), point C de la figure.

A débit nul, la ligne d'équilibre de l'eau est figurée par les horizontales A B, C D; lorsque les débits demandés s'accroissent, les lignes d'eau dans chacun des biefs s'abaissent jusqu'à atteindre les positions A C et C E. Les réserves d'eau disponibles pour assurer le débit pendant le délai de réponse des vannes sont constitués par les volumes hachurés A B C et C D E; ces réserves représentant le principal avantage des vannes à niveau aval constant. Par contre, un inconvénient apparaît dans ce système de commande: à plein régime, la débitance utilisable du canal correspond à la ligne inférieure A C E, alors que la débitance maxima propre à ce canal est représentée par la ligne F B D. Ainsi, c'est au moment où les besoins sont les plus importants que le canal fonctionne dans les conditions de débitance les plus mauvaises.

**(B) VANNES A DIFFERENCE DE NIVEAU CONSTATE (FIGURE 2)**

Le fonctionnement de ces vannes résulte des considérations suivantes :

Alors que, dans la vanne à niveau aval constant, la fermeture de la vanne est asservie à un flotteur relié au bief aval, dans la vanne à différence de niveau constante, ce flotteur aval (qui présente une forme cylindrique à axe vertical) est alimenté intérieurement par un tuyau souple, lui même relié au niveau amont. Le fonctionnement de cet appareil se comprend aisément en régime moyen : la différence de niveau maintenue constante, est en effet représentée respectivement par les pertes de charge B C, B' C'. Pour de petites variations de débit, on conçoit aisément que si un premier régime correspond à la ligne d'eau A B, C D considérée comme stable, un autre débit, représenté lui même par la ligne d'eau A' B', C'D'

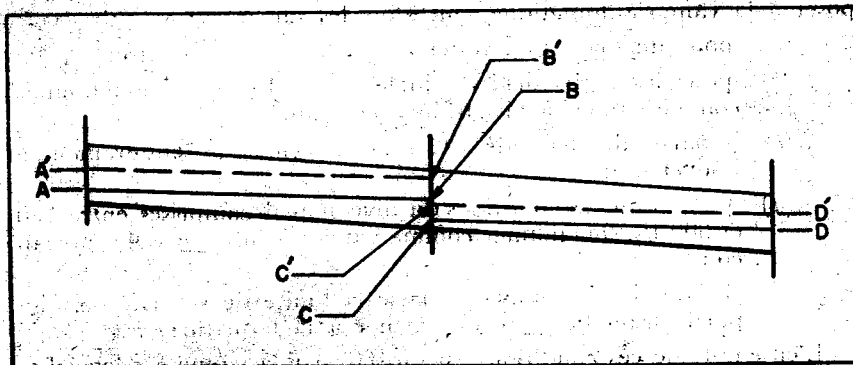


FIGURE 2 :—Vannes à différence de niveau constante

est également stable, de sorte que les variations de débitance utile du canal sont de même sens que les variations de demande de débit : en fait l'étranglement constitué par le tuyau souple qui alimente l'intérieur du

flotteur joue un rôle prépondérant, puisqu'il permet au niveau intérieur de ne pas suivre immédiatement les variations instantanées du niveau amont, de sorte qu'à un abaissement brusque du plan d'eau aval ne correspond pas à titre immédiat une ouverture complète de la vanne, celle-ci ne s'effectuant que progressivement durant le délai où le tuyau souple assure le remplissage intérieur. Ce délai permet à l'onde de dépression remontante d'assurer la commande de la vanne située en A qui, à son tour, envoie une lâchure se traduisant par une onde de gonflement descendante, laquelle assure alors le régime A/B'.

Un inconvénient subsiste toutefois dans ce dispositif, c'est celui de ne pas satisfaire à l'annulation de débit : en effet, si l'on se reporte au cas précédent de la Figure 1 (ligne ABCD), la perte de charge B'C requise dans la position de repos est supérieure à la différence de niveau caractéristique de la vanne, et celle-ci reste alors ouverte. On est donc obligé de recourir à d'autres dispositions si l'on veut pouvoir, ~~assure~~ ~~dans tous les cas~~, la commande automatique du réseau par l'aval.

##### 5—CONDITIONS REQUISES POUR UNE COMMANDE PAR L'AVAL AUTOMATIQUE

Nous observerons tout d'abord que les stations de pompage électriques assurent des débits constants, mais ne fonctionnent généralement pas à des débits intermédiaires. Nous considérerons alors, pour fixer les idées, l'exemple concret d'un canal dont le débit maximum est de 300 l/s, et sur lequel un débit de 100 l/s est prélevé à l'aval; le programme de marche à faire assurer par la station de pompage consistera donc à fonctionner pendant le tiers du temps et à s'arrêter pendant les deux autres tiers (par exemple 20' de fonctionnement et 40' d'arrêt); les conditions à imposer à la vanne automatique sont alors les suivantes :

- (a) pour un débit nul, rester en position de fermeture;
- (b) pour les petits débits (inférieurs à 100 l/s), fonctionner comme vanne à niveau aval constant;
- (c) à partir du débit de 100 l/s, se déclencher entièrement à l'ouverture;
- (d) pour toutes les positions du niveau aval comprises entre 100 et 300 l/s, fonctionner comme vanne à différence de niveau constante;
- (e) dès que le niveau aval dépasse la limite de sécurité permise par le franc-bord, se déclencher à la fermeture.

L'ensemble de ces conditions est satisfait par la vanne à déclenchement hydraulique, faisant l'objet des Figures 3 et 4.

##### 6—DESCRIPTION DE LA VANNE ET DE SON FONCTIONNEMENT

En position fermée (Figure 3), l'action du niveau aval se fait sentir sur le flotteur cylindrique C; l'action du niveau amont s'applique, par

l'intermédiaire de la vanne tubulaire T, au renforcement supérieur de la dite vanne, constituant dash-pot.

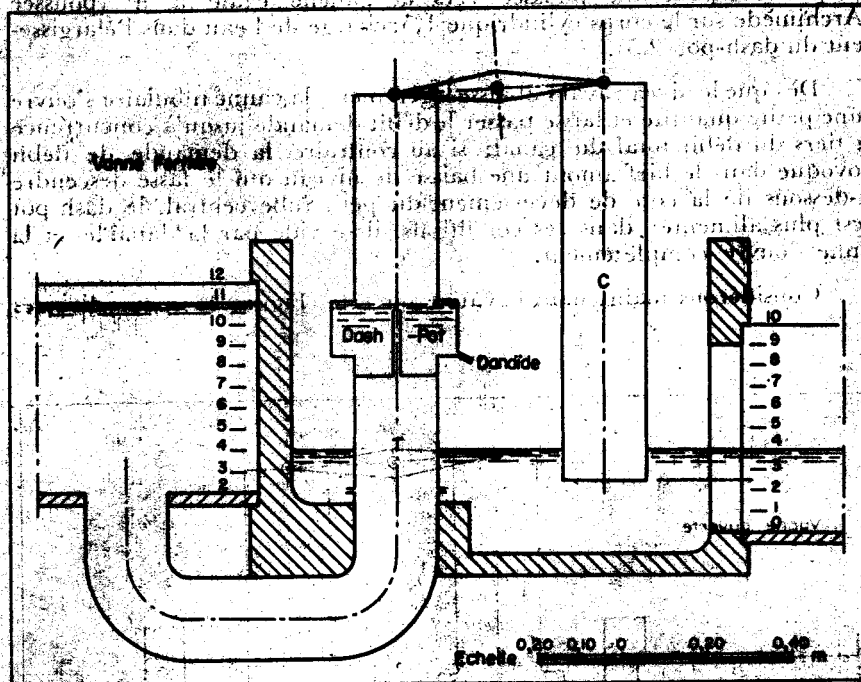


FIGURE 3 : Vanne à déclanchement hydraulique

Pour fixer les idées, le dessin a été fait pour des biefs de 300 mètres de longueur, constitués chacun par un canal à section demi-circulaire de 1 m. de diamètre et présentant une pente de 0,0008 donnant sensiblement, entre l'amont et l'aval d'un même bief, une différence de niveau de 0 m, 25. Dans ces conditions, si l'on fixe à 0 m, 45 la profondeur normale dans le canal, compte-tenu du franc-bord de la ligne d'eau marge (0 m, 25), la hauteur de l'eau dans le bief aval est égal à 0 m, 20 (cote conventionnelle 4)\*.

\* La perte de charge caractéristique de la vanne est prise égale à 0 m, 10 dans ces conditions, si l'on considère une échelle d'étage comprenant des graduations étalonnées au 1/10<sup>e</sup> de la hauteur du canal (soit 0 m, 05), les niveaux aux abords immédiats de la vanne sont ainsi gradués :

Bief	Graduations	Cotes (mètres)
Amont	2 à 12	0,10 à 0,60
Aval	0 à 10	0,00 à 0,50



À l'état de repos (Figure 3), la section intérieure du dash-pot étant par construction égale au double de la section courante du tube, la vanne est équilibrée pour une poussée vers la gauche égale à 4 (poussée d'Archimède sur le corps cylindrique 1,5; charge de l'eau dans l'élargissement du dash-pot 2,5).

Dès que le niveau aval s'abaisse légèrement, la vanne tubulaire s'ouvre d'une petite quantité et laisse passer le débit demandé jusqu'à concurrence du tiers du débit total du canal; si au contraire, la demande de débit provoque dans le bief amont une baisse de niveau qui le fasse descendre au-dessous de la cote de déversement du petit tube central, le dash-pot n'est plus alimenté; dans ces conditions, il se vide par la danaïde et la vanne s'ouvre complètement.

Considérons maintenant la vanne ouverte (Figure 4) : pour diverses

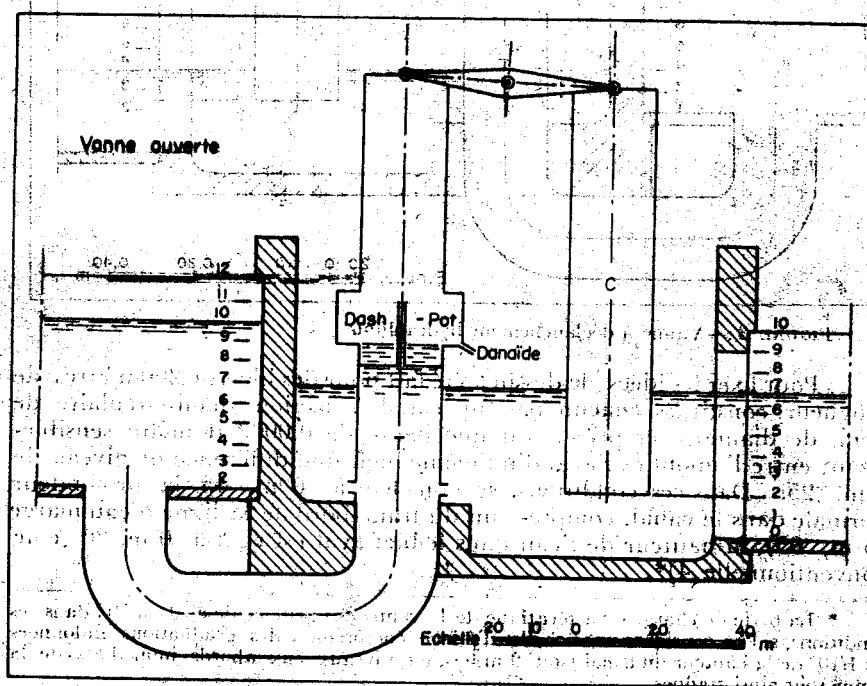


FIGURE 4 :—Vanne à déclenchement hydraulique

valeurs du niveau aval, les flottaisons sont représentées par la poussée



d'Archimède sur le corps cylindrique ce qui lui donne les valeurs suivantes :

Niveau aval	Flottaison
2	0
3	1
4	2
5	3
6	4

Jusqu'à la cote 6 du niveau aval, la vanne reste donc ouverte.

Au-dessus de cette valeur, deux cas peuvent se produire : — ou bien le niveau amont ne dépasse pas de deux graduations le niveau aval ; dans ce cas, la vanne se ferme par flottaison prépondérante du corps cylindrique. C'est ce qui se produirait si les appels de débit avaient été trop importants par rapport aux arrivées de l'amont ; ce cas, comme nous le verrons plus loin, est extrêmement rare ;

— ou bien le niveau amont dépasse de plus de deux graduations le niveau aval ; dans ce cas, la poussée de l'eau provenant de l'amont sur le diaphragme inférieur du dash-pot est suffisante pour maintenir la flottaison du corps C au-dessous de la valeur critique 4, et la vanne reste ouverte ; l'on voit effectivement qu'elle fonctionne alors comme vanne à différence de niveau constante.

Ce régime se maintient jusqu'aux valeurs suivantes :

Niveau aval	...	9
Niveau amont	...	11

à ce moment, le canal fonctionne à pleine débitance et le régime obtenu est stable.

Si, par suite d'un refus du débit, le niveau aval s'élève légèrement au-dessus de la cote 9, un nouveau phénomène se produit : l'eau du regard pénètre à l'intérieur du dash-pot par la danatde ; elle vient donc alourdir ce dernier et donner prépondérance à la fermeture. Qui plus est, si le niveau amont s'élève lui-même légèrement, l'eau pénètre également dans le dash-pot par le tube intérieur et vient encore l'alourdir de tout le volume annulaire de ce dernier.

En définitive (Figure 5), le cycle de fonctionnement de la vanne est le suivant :

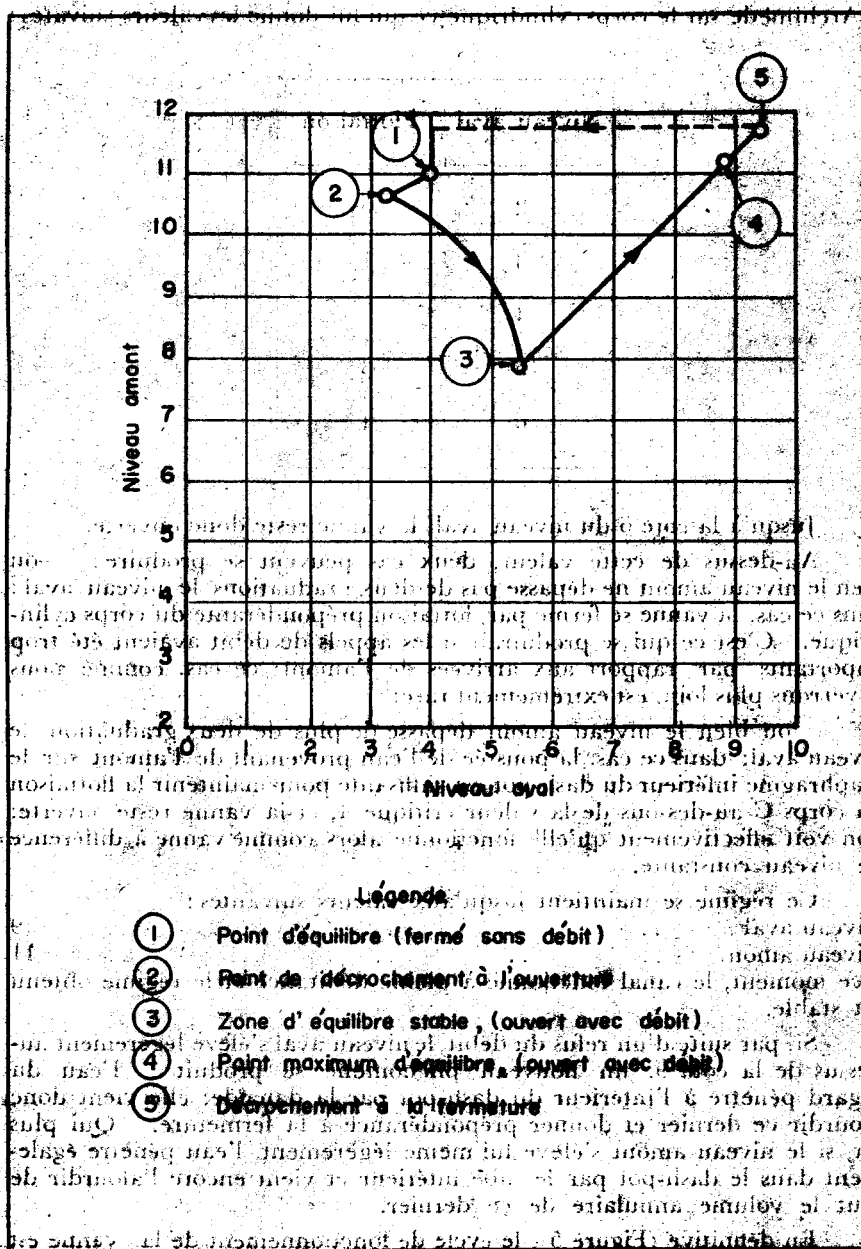


Figure 5

—Au point 1 : position d'équilibre avec stabilité de fonctionnement pour les petits débits;

—Au point 2 : ouverture de la vanne par cessation d'alimentation du dash-pot; la vidange du bief amont dans le bief aval est représentée par la courbe 2-3, où l'on voit le niveau amont s'abaisser progressivement, pendant que le niveau aval commence d'abord par s'élever puis se maintient sensiblement constant.

Lorsque l'intumescence résultant de la réponse de la station arrive sur la vanne, le fonctionnement de cette dernière est représenté par l'élément de droite 3-4, situé au-dessus de la bissectrice correspondant à la perte de charge caractéristique de cette vanne.

Lorsque le débit qui traverse l'appareil atteint le débit normal maximum du canal, le fonctionnement de la vanne est caractérisé par le point 4 du diagramme, dans lequel le niveau aval s'établit à la cote 9 et le niveau amont à la cote 11.

Aussitôt que le refus d'absorption de l'aval parvient à la vanne, le point caractéristique de fonctionnement atteint le point 5, et la vanne se ferme à nouveau. Le niveau amont restant se maintient alors à son maximum, tandis que le niveau aval baisse rapidement pour descendre en définitive à sa cote d'équilibre, représentée par la graduation 4.

## 7—RAPPEL DE LA THEORIE DES INTUMESCENCES

Il importe maintenant de donner une consistance plus rationnelle à ces différentes considérations en les faisant reposer sur la théorie bien connue des intumescences, dont nous rappellerons ci-dessous le principe :

Lorsque une onde solitaire se propage dans un canal de section mouillée  $\omega$  et de largeur  $L$  à la surface (de sorte que la hauteur du rectangle de surface  $\omega$  est  $h = \frac{\omega}{L}$ ), la célérité de cette onde est :

$$V = \sqrt{g \cdot h} \quad (1)$$

D'autre part, si l'on appelle  $U$  la vitesse de l'eau, la caractéristique d'une intumescence descendante est :

$$U - 2V = C^o \quad (2)$$

la caractéristique d'une intumescence remontante est :

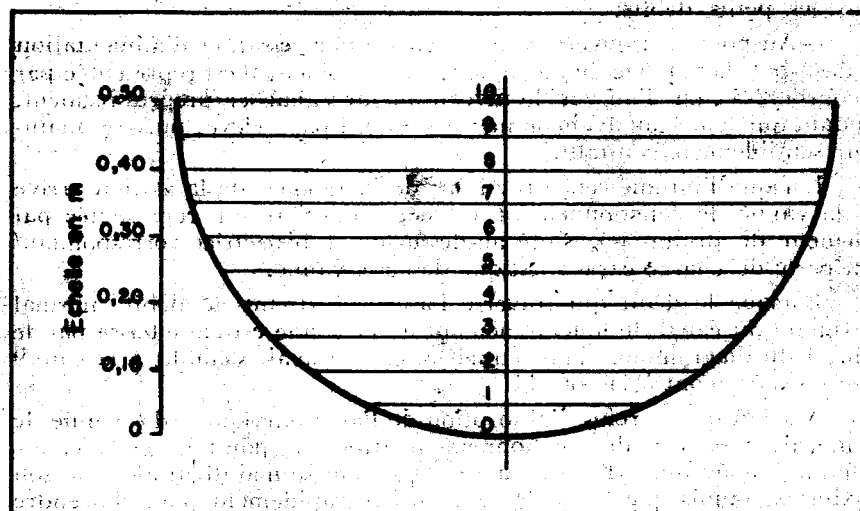
$$U + 2V = C^o \quad (3)$$

Ceci posé, les valeurs numériques des caractéristiques d'intumescence du canal de 1 m. de diamètre sont définies par la Figure 6; cette figure permet d'établir la relations entre :

—la hauteur géométrique de l'eau  $H$ ;

—la section  $\omega$ ;

—la hauteur caractéristique  $h$ ;

— la vitesse critique  $V$ .FIGURE 6 :—Caractéristiques numériques du canal  $\phi : 1 \text{ m}, 00$ 

Ces relations sont résumées par le tableau ci-dessous :

Plan de cote	(m/m) $L$	(m <sup>2</sup> ) $d_w$	(m <sup>3</sup> ) $\omega$	(m) $H$	(m) $h$	(m/s) $V$
0	0	0	0	0	0	0.000
1	440	014	014	05	032	0.566
2	600	026	040	10	067	0.818
3	715	033	073	15	102	1.010
4	795	038	111	20	140	1.180
5	865	042	158	25	177	1.330
6	920	045	198	30	215	1.460
7	955	047	245	35	257	1.600
8	980	048	293	40	299	1.730
9	995	049	342	45	344	1.850
10	1.000	050	392	50	392	1.980

8—ETUDE DU FONCTIONNEMENT DES DEUX BIEFS  
CONSIDERES—(FIGURE 7)

L'hypothèse faite pour ce fonctionnement est la suivante :

Le canal fonctionne comme *tronc commun sans prise en compte le système*

est d'abord au repos et l'on réalise brusquement au point D, une ouverture de 100 l/s (1er temps).

Les délais de transmission de l'onde de dépression remontante dans le bief aval (divisé en cinq tranches de 60 m.), sont les suivants (phase 1) :

Tranche No	H (mm)	V (m/s)	$\Delta t$ (sec.)
1	425	1,770	34
2	375	1,665	36
3	325	1,530	39
4	275	1,395	43
5	225	1,225	48
Total			200

Lorsque cette onde de dépression arrive au point C (2<sup>ème</sup> temps), la vanne intermédiaire s'ouvre avec un délai de réponse fixé à 5". Le bief amont s'abaisse ensuite selon la phase 2, identique à la phase 1, et dont la durée est elle aussi, de 200".

A l'achèvement de cette phase (3<sup>ème</sup> temps), la vanne amont répond à l'ouverture, avec un temps d'inertie de 5"; puis l'on passe à la phase 3 (remplissage du bief amont), dont la durée (justifiée au § 8 ci-dessous), est de 143". A l'achèvement de cette phase, l'onde descendante atteint la vanne intermédiaire (4<sup>ème</sup> temps); nous fixerons encore à 5" le temps de remplissage du bassin intérieur (la vanne elle-même restant ouverte, n'a pas de délai d'inertie).

Vient ensuite la phase 4, identique à la phase 3. L'onde de remplissage parvient alors à la vanne aval qui se ferme et produit une intumescence remontante (phase 5), dont la durée (également justifiée au § 8 ci-dessous), est de 334".

A l'achèvement de cette phase (6<sup>ème</sup> temps), la vanne intermédiaire se ferme et l'onde remontante dans le bief amont (phase 6) arrive en définitive à la vanne amont après un délai de 334". Pendant ce temps (phase 6-bis), l'onde descendante de fermeture du bief aval se dirige vers la vanne aval et l'atteint au bout d'un délai de 158"; l'état du bief aval est alors asymptote à son équilibre statique.

A son tour, l'onde de fermeture de la vanne amont descend le bief amont et atteint la vanne intermédiaire au bout de 158" après la fermeture de la vanne amont.

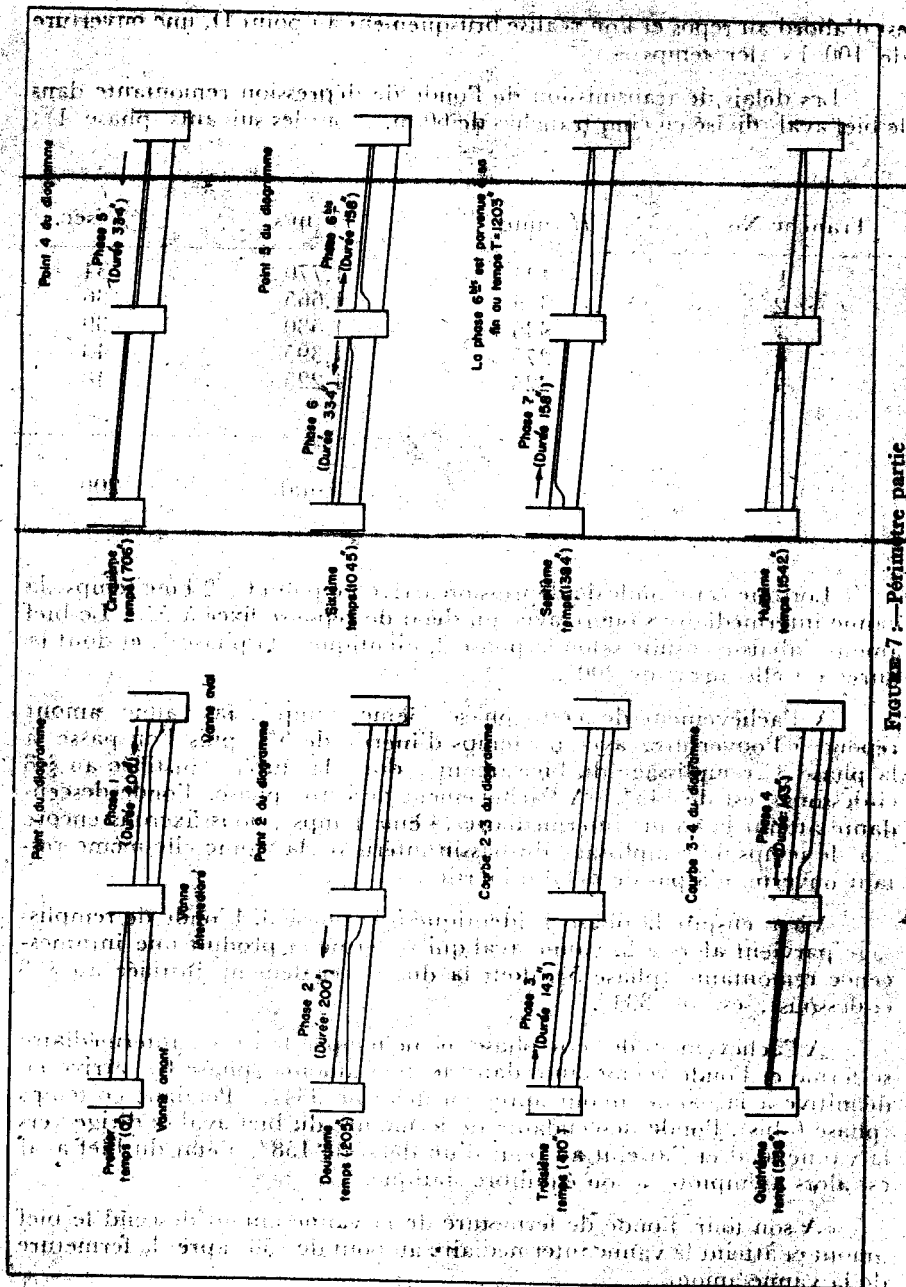


Figure 7: Période partie

L'ensemble de ces phénomènes est représenté par le tableau ci-dessous :

Phase N°	Désignation	Temps (secondes)		
		Elémentaire	Inertie vannes	Cumulé
1	Remontée bief aval	200	5	205
2	Remontée bief amont	200	10	410
3	Remplissage bief amont	143	5	558
4	Remplissage bief aval	143	5	706
5	Remontée bief aval	334	11	1.045
6	Remontée bief amont	334	5	1.384
7	Vidange bief amont	158	0	1.542
d'autre part, le retour de l'onde de fermeture à la vanne aval se produit suivant la phase 6 bis ci-dessous :				
6 bis	Vidange bief aval	158	0	1.203

### 9. APPLICATION DES EPURES SUR LES INTUMESCENCES

Il reste maintenant à justifier de la durée de chacune des phases et des conditions d'établissement des différents niveaux.

La Figure 8 est afférente aux caractéristiques ( $U$ ,  $V$ ) du canal au  $1/3$  du débit de la vanne (100 l/s); la Figure 9 est afférente aux mêmes caractéristiques au débit maximum de la vanne (300 l/s).

Reprenons alors les indications du précédent paragraphe :

— 1er temps : Abaissement du plan d'eau à l'amont d'une vanne pour un prélèvement de débit passant brusquement de 0 à 100 l/s : avant l'ouverture de la vanne aval, les caractéristiques du canal sont les suivantes (Figure 8) :

$$U=0$$

$K=1,85$  (correspond à la cote  $H=9$ )

Le point caractéristique du régime est alors  $M_0$ ;



Immédiatement après l'ouverture de la vanne, la caractéristique de l'onde remontante est la droite  $M_0 M'_0$ , et le niveau de dépression du

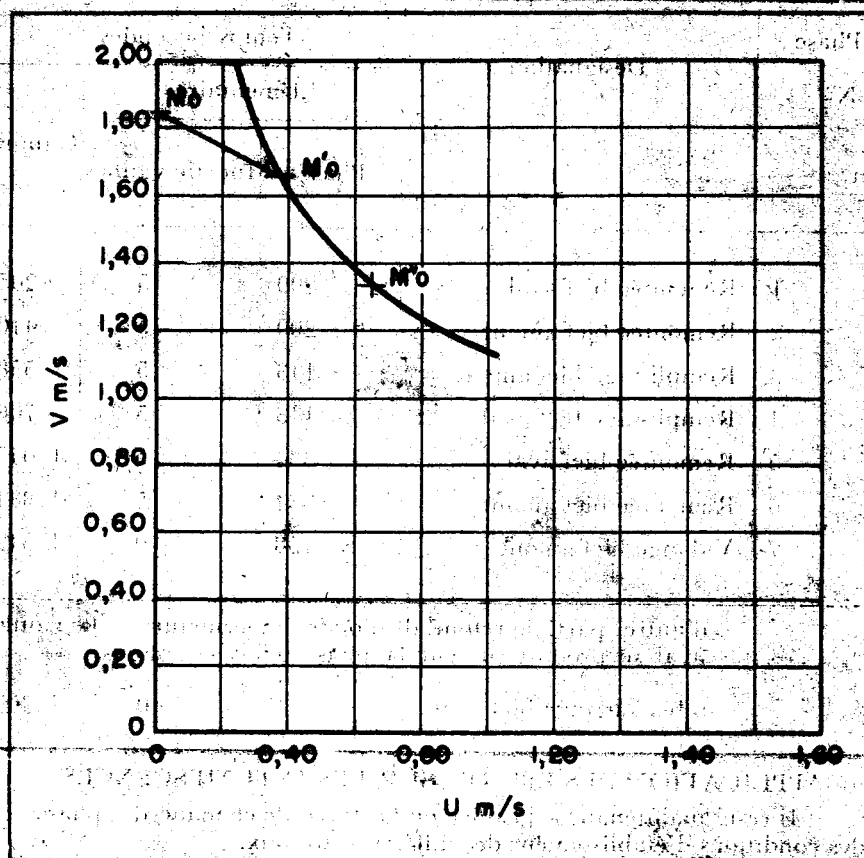


FIGURE 8

canal est celui qui correspond au point  $M'_0$  ( $V=1,66$ ).

La hauteur d'eau géométrique correspondante est alors égale à 0 m, 37 (point de graduation 7,5).

Au fur et à mesure de la propagation de l'intumescence vers l'amont, ces cotes s'abaissent progressivement pour atteindre le point de graduation 4 ( $M''_0$  du graphique). Ce point correspond aux caractéristiques :

$$U = 1,05$$

$$V = 1,18$$

Remarquons, à cette occasion que si, au contraire, l'on partait non pas de la situation au repos mais de celle à débit constant représentée par une valeur de 100 l/s, le point caractéristique de fonctionnement sur la

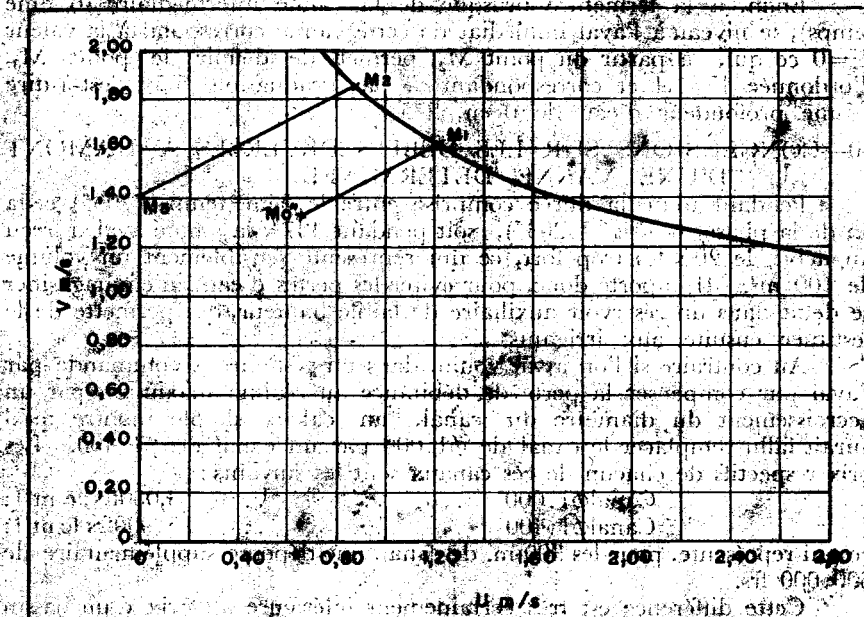


Figure 2

courbe correspondante serait précisément  $M''$ , représenté par le point de coordonnées

$$U = 0,63$$

$$V = 1,33$$

Le point se trouve bien entendu sur la courbe caractéristique de l'ouverture 100 et l'on voit qu'il n'est pas possible de dépasser ce débit sans entraîner "sans faute" un déséquilibre dans le canal. C'est en ce point exact que la vanne à "niveau aval pur" perd son avantage.

La Figure 3 permet d'illustrer la phase de remplissage du canal (3ème temps) : la hauteur de l'eau dans le canal est d'abord représentée par le point  $M''$  précédent. Ensuite, et correspondant au débit 100, si l'on trace à partir de ce point la caractéristique remontante aboutissant à la courbe d'ouverture 100 de la vanne, on obtient le point  $M'$  dont les coordonnées sont les suivantes :

Ce point correspond à la graduation 7,0, soit une hauteur d'eau de 0 m, 35. Au cours du remplissage du bief, la hauteur caractéristique s'élève ensuite jusqu'au point  $M_2$  ( $U=0,66$ ;  $V=1,95$ ).

Enfin, à la fermeture brusque de la vanne intermédiaire (6<sup>ème</sup> temps), le niveau à l'aval immédiat de cette vanne correspond à la valeur  $U=0$  ce qui, à partir du point  $M_2$ , permet de définir le point  $M_3$  d'ordonnée  $V=1,4$  et correspondant à la graduation 5,5 c'est-à-dire à une profondeur d'eau de 0 m, 275.

#### 10—CONCLUSIONS SUR LES DÉBITS DEVERSES A L'AMONT D'UNE VANNE DETERMINEE

Pendant toute la durée comprise entre le 5<sup>ème</sup> temps (706") et la fin de la phase 6—bis (1.203"), soit pendant 497", la vanne aval a reçu un débit de 200 l/s trop fort, ce qui représente sensiblement un volume de 100 m<sup>3</sup>. Il importe donc, pour éviter les pertes d'eau, d'entreposer ce débit dans un réservoir auxiliaire de faible hauteur, qui permette de le restituer ensuite aux irrigants.

Au contraire si l'on avait voulu, dans un système à commande par l'aval pur compenser la perte de débitance au régime maximum par un accroissement du diamètre du canal, un calcul simple montre qu'il aurait fallu remplacer le canal de  $\phi 1.000$  par un canal de  $\phi 1.400$ . Les prix respectifs de chacun de ces canaux sont les suivants :

Canal $\phi 1.000$	3.000 frs le m/l;
Canal $\phi 1.400$	5.000 frs le m/l;

ce qui représente, pour les 300 m. de canal, une dépense supplémentaire de 600.000 frs.

Cette différence est très certainement inférieure au prix d'un bassin de 100 m<sup>3</sup>, étant donné que ce dernier ne doit pas présenter de conditions d'étanchéité absolues, ne conservant sa réserve que durant quelques minutes.

Si l'on estime à la moitié de la valeur précédente le montant de la dépense correspondante (ce bassin peut très bien être constitué par un moyen de terre compactée et étanchée avec des produits bitumineux), on aboutit à la conclusion que le système de vannes à niveau aval constant conduit à une dépense supplémentaire de 66 % dans les canaux, alors que le système de vannes à déclenchement ne conduit qu'à une dépense supplémentaire de 33% pour les bassins de compensation.

En définitive, le système de commande par niveau constant conduit à une économie moyenne de l'ordre de 25 % sur les dépenses d'installation en commande par l'aval, tout en supprimant totalement les dépenses de main d'œuvre.

Pour terminer, disons que l'installation de réservoirs de compensation au droit de chaque vanne ne nous paraît pas le meilleur, et que nous préconisons la construction d'un réservoir unique au droit de la vanne inférieure du tronc, commun, réservoir dont la capacité devra en même temps permettre d'assurer les besoins temporaires des usagers. remarque faite que son prix de revient sera nettement plus faible que celui de chacun des réservoirs particuliers précédemment envisagés.