EXPÉRIENCE DE L'E.D.F. DANS LE DOMAINE DES PRISES D'EAU DE HAUTE MONTAGNE A CHASSES AUTOMATIQUES

par
A. PONSARD *
J. MOLBERT **
ET **E. CHARDONNET *****

Introduction

Les grands aménagements hydro-électriques des hautes chutes du type Roselend comportent en général un lac d'accumulation alimenté par une ou plusieurs galeries qui, par l'intermédiaire d'un certain nombre de prises d'eau, drainent les apports des bassins versants situés à proximité.

Ces prises ont pour caractéristiques d'être nombreuses, de taille relativement modeste (en France elles sont toutes équipées pour un débit inférieur à 10 m³/s), et sont situées parfois dans des endroits très difficiles d'accès. Elles posent donc au Service de la Production Hydraulique un problème de gardiennage assez compliqué, qui a pu être résolu grâce à la mise au point des prises d'eau à chasses automatiques.

Plusieurs articles ont déjà été écrits sur ce sujet entre 1955 et 1960, période au cours de laquelle ont été étudiés les principes de ces prises d'eau. Ils ne bénéficiaient donc pas, ou très peu, des résultats fournis par l'expérience.

Or cette expérience est maintenant effective. A Roselend, 18 prises d'eau fonctionnent automatiquement depuis 7 ans en moyenne. Par ailleurs,

de vieilles prises d'eau ont été automatisées à l'occasion de leur reconstruction par le Service de la Production; enfin, l'expérience des premières années d'exploitation a convaincu un certain nombre d'ingénieurs étrangers d'adopter, en accord avec E.D.F., certains de nos principes.

Actuellement il doit exister dans les Alpes et dans un certain nombre de pays environ 40 prises d'eau automatiques en service, dont les plus anciennes fonctionnent depuis une dizaine d'années.

Si l'on tient compte du fait que ces ouvrages sont situés sur des torrents de caractéristiques très diverses, on peut dire qu'E.D.F. a maintenant une expérience suffisante pour en tirer un certain nombre de conclusions pratiques sur cette question. Le but de cet article est précisément d'exposer ces conclusions. Mais auparavant, donnons les grandes lignes de ce type de prise.

Principe de fonctionnement.

Les eaux du torrent, après avoir été captées par l'ouvrage de prise en rivière, et avant d'être dirigées vers les conduits d'amenée, sont au préalable débarrassées de leurs cailloux dans un bassin de décantation à purge discontinue, obturé par une vanne de chasse. Dans ce bassin, les sables et graviers entraînés par l'eau se déposent de l'amont vers l'aval en un tas qui augmente au fur et à mesure des apports.

En l'absence d'automatisme le gardien vient, quand la nécessité s'en fait sentir, pour ouvrir la vanne afin de chasser les dépôts.

* Chef du G.R.P.H. Loire - Saint-Etienne.

** Chef de division au Service Etudes et Projets hydro-électriques, Direction de l'Équipement.

*** Chef du Service Etudes et Prospections. R.E.H. Alpes-Nord, Chambéry.

1/

Les systèmes automatiques, objet du présent article, servent à provoquer des chasses par des moyens purement hydrauliques, sans intervention du gardien, et uniquement quand l'état d'engrèvement du bassin de décantation le nécessite. Ces systèmes peuvent tous être décomposés, pour simplifier l'exposé, en trois parties (voir figure 1) :

- le détecteur d'engrèvement;
- le système amplificateur, qui provoque une arrivée d'eau, laquelle fournira l'énergie nécessaire au fonctionnement de la vanne de chasse;
- le système d'exécution des chasses, qui provoque une ouverture de la vanne d'une durée bien déterminée, permettant à la chasse de se faire.

Conception d'ensemble, automatisme exclus

Une prise d'eau formant un tout homogène dont le système automatique proprement dit ne constitue qu'un élément, il est bien évident que l'automatisation des chasses n'aura d'intérêt que si toutes les parties de l'ouvrage, de la prise en rivière au canal de chasse, fonctionnent parfaitement et ne nécessitent pas d'intervention spéciale. C'est pourquoi nous estimons indispensable de passer en revue les organes non automatiques de l'ouvrage, avant de décrire les systèmes automatiques proprement dits.

Ouvrage de prise en rivière.

PRISE LATÉRALE SANS GRILLE.

La solution la plus simple est souvent la meilleure. Dans le cas de prise alimentée par un bassin versant ne comportant que très peu de végétation et dont les eaux alimentent un lac d'accumulation, la prise d'eau peut n'être constituée que par un simple orifice calibré (ou section de contrôle) destiné à limiter grossièrement le débit à la valeur choisie, jumelé avec un barrage en rivière aussi sommaire que possible ne comportant pas de vanne.

Dans ce cas, le problème des grilles bouchées est résolu par leur suppression complète. On peut noter que sur les prises de ce type, jamais le moindre ennui n'a été signalé par les exploitants.

2/

3/ Prise du Mercuel. Débit $2 \text{ m}^3/\text{s}$. Prise latérale sans grille.
Mercuel intake for $Q = 2 \text{ cu.m/sec}$. A gratingless lateral type.

PRISE EN DESSOUS A BARREAUX ESPACÉS.

Si le torrent risque de charrier des corps flottants de grande dimension, mais alimente toujours un lac d'accumulation, il est préférable de prévoir la classique prise en dessous.

Pour éviter le risque de bouchage, l'espacement des barreaux doit être supérieur à la taille des cailloux les plus gros transportés par le torrent (figure 5). Cette taille est très variable, de 10 à 40 cm

4/

5/ Le Reclus. $Q = 3,2 \text{ m}^3/\text{s}$. Prise à barreaux espacés.
 Le Reclus. $Q = 3.2 \text{ cu.m/sec}$. Intake with wide bar spacing.

de diamètre suivant les cas. Au-delà de cette dimension, il ne s'agit plus de pierres véritablement roulées, mais de blocs tombés à partir des flancs de la rivière, qui restent en place dans le fond du lit ou ne bougent que très peu au cours des crues exceptionnelles. Nous excluons bien entendu le cas, très particulier, des torrents de lave.

Quant à la forme des barreaux, de simples et solides tubes ronds métalliques de 10 à 12 cm de diamètre, suivant la portée, font l'affaire.

PROBLÈME DE L'ENTONNEMENT DANS LES GRILLES.

Il y a intérêt à ce que l'eau arrive le plus calmement possible à l'entrée de la fosse.

Dans les torrents à faible pente et à fond alluvionnaire, un état d'équilibre satisfaisant se forme très vite naturellement.

Par contre, dans les torrents à forte pente coulant soit sur lit rocheux, soit sur lit encombré de très gros blocs, il est souvent utile d'aménager le lit à l'amont de la prise, sous peine de risquer des pertes d'eau en temps de crue. Notons à ce propos qu'il peut être intéressant, dans certains cas, d'aménager le lit de manière à constituer à l'amont des grilles une vasque permanente comparable à celle que l'on observe naturellement çà et là dans les torrents. Cette vasque peut être provoquée soit en constituant une cascade par un dérochement approprié, soit simplement en resserrant le flot par un ouvrage rustique en béton, de manière à augmenter localement son pouvoir d'entraînement.

6/

PRISE A BARREAUX SERRÉS

Si la prise alimente directement des turbines de haute chute : Pelton ou Francis poussée, il est nécessaire de se protéger par des grilles fines. En effet, le bassin de décantation ne protège efficacement les conduites d'amenée que contre les cailloux, graviers et sables, mais n'élimine évidemment pas les corps flottants. En principe ces grilles pourraient être placées n'importe où entre la prise et la cheminée d'équilibre. Mais il y a tout de même intérêt, quand on le peut, à les placer le plus à l'amont possible, soit sur la prise en rivière elle-même, soit de préférence sur le déversoir aval du bassin de décantation.

Dans le cas de grilles fines en rivière, il y a intérêt, à l'opposé de ce qui est recherché dans les prises à barreaux espacés, à prévoir un coursier à l'amont pour favoriser l'éjection des cailloux.

Il est certain qu'avec ce type de prise, munie de barreaux de forme étudiée, on élimine au maximum les risques d'obturation des grilles par les cailloux.

7/

8/ Prise de Tré-la Tête. $Q = 6,4 \text{ m}^3/\text{s}$.
Tré-la Tête intake. $Q = 6.4 \text{ cu.m/sec}$.

SECTION DE CONTROLE.

Le débit des torrents étant extrêmement variable, il est indispensable de limiter, au moins grossièrement, le débit à décanter, donc le débit dérivé. Dans ce but on place systématiquement à l'amont du bassin de décantation un orifice calibré agissant

comme section de contrôle; pour les prises latérales sans grille, l'ouvrage de prise en rivière est, comme on l'a vu, réduit à cette seule section de contrôle (voir figure 2).

Un autre avantage important de cette section de contrôle est que le niveau à l'amont étant désormais indépendant du niveau à l'aval, l'effet d'une chasse se trouve limité au bassin de décantation, à l'exclusion de tout ce qui existe à l'amont. En particulier dans le cas de prises latérales, l'absence de section de contrôle se traduirait, au moment d'une chasse, par une baisse de niveau dans la rivière, susceptible de provoquer une arrivée non contrôlée de cailloux. Le même risque, en moins grave, existerait aussi dans les prises « en dessous » dont la fosse contient souvent quelques gros cailloux en dépôt.

Cette section de contrôle n'était pas apparue comme indispensable de prime abord. Les plus vieilles prises d'eau n'en ont pas : Grand Pyx, Bon Rieu, etc.

Or, après dix ans environ de fonctionnement, ces prises ont toutes présenté quelques pannes (rares il est vrai : statistiquement, une tous les deux ou trois ans), provoquées par le coincement d'un caillou sous le couteau de la vanne de chasse au moment de sa fermeture.

Comme contre-épreuve, aucune des prises d'eau munie de section de contrôle n'a jamais, à notre connaissance, eu à souffrir d'un tel incident.

AUTRES OBSERVATIONS RELATIVES AUX PRISES EN DESSOUS.

— Il est utile de prévoir une passe latérale pour mise hors d'eau, cette passe pouvant être obturée par un simple batardeau, étant donné la rareté de son fonctionnement (voir figures 4 et 7).

— Il est indispensable de prévoir un revêtement d'usure dans le fond de la fosse de réception. C'est d'ailleurs en général le seul endroit sur la totalité de l'ouvrage, pour lequel ce revêtement soit vraiment indispensable. Il peut être constitué soit par de fortes pierres de taille résistantes à l'abrasion comme le granit, soit par des pavés de fonte. Les chapes d'usure superficielles ne sont pas recommandées car elles risquent de s'écailler à la longue sous le martèlement des cailloux.

Bassin de décantation.

C'est un canal élargi dans lequel l'eau ralentie se décante, avant de s'écouler vers le conduit d'amenée à l'usine par l'intermédiaire d'un déversoir à surface libre. Ce canal est obturé à son extrémité aval par une vanne-segment en charge qui sert à faire les purges périodiques (voir figure 1).

Le bassin de décantation fonctionne de la manière suivante : la vitesse de l'eau étant abaissée aux alentours de 30 cm/s, les apports solides se déposent dans le bassin, de l'amont vers l'aval, en un tas d'une épaisseur telle que la vitesse V au-dessus de ce tas soit égale à la vitesse critique d'entraînement des éléments les plus gros.

Ce tas se termine par un talus bien marqué, à l'aval duquel se dépose une couche mince et régulière de sable très fin qui s'étend jusqu'à la vanne

9/

de chasse. On voit donc que l'amont du bassin se comporte en dégraisseur dessableur, la grosse majorité des apports solides, mélange de cailloux sable et gravier, se déposant dans le talus d'engrèvement, tandis que l'aval du bassin se comporte en dessableur fin.

Remarquons en passant que le bassin de décantation fonctionne un peu mieux quand il est vide que lorsque le talus d'engrèvement est constitué. Il est évident qu'il faut faire une chasse avant que ce talus n'arrive trop près du déversoir si l'on veut que l'efficacité du dessablage reste acceptable. Pratiquement, on l'arrête à quelques mètres en amont du déversoir.

DIMENSION DU BASSIN DE DÉCANTATION.

Peu de choses ont été écrites sur ce sujet, les calculs théoriques laissent en général le projeteur désorienté, la preuve en est la grande variété des formes et des dimensions des dégrailleurs de ce type qui ont été exécutés il y a dix ou quinze ans.

Pour un débit donné, le projeteur essayait alors de tenir compte, dans son calcul, du volume des apports solides et de leur consistance (taille maximale des graviers en particulier), grandeurs en général très mal connues.

La mise au point des systèmes automatiques a énormément simplifié le problème et ce n'est pas là un de ses moindres avantages.

En effet, on peut admettre à l'heure actuelle que les systèmes automatiques n'ont pratiquement pas de défaillance. Dans ces conditions, le calcul du bassin de décantation consiste simplement à rechercher l'ouvrage de taille minimale permettant la décantation désirée :

- le bassin étant défini, c'est par le nombre de chasses qu'il s'adapte au volume des apports solides véhiculés par le torrent;
- quant à la taille maximale des cailloux, étant donné que le volume stocké est petit, il y a de fortes chances pour que la chasse se fasse au moment même de la crue, c'est-à-dire avec un fort débit. Dans ces conditions, l'expérience prouve que des pierres d'un diamètre d'au moins 50 cm sont chassées sans difficulté, ce qui n'était pas le cas lorsque le gardien montait quelque temps après la crue, alors que le torrent pouvait avoir repris son débit normal.

D'une manière concrète, dans l'éventail de débits habituels à ce genre d'ouvrage (de 1 à 5 m³/s), nous dessinons des bassins de décantation homothétiques dont les dimensions varient comme la racine carrée du débit. Ces dimensions sont données par la figure 10 ci-dessous :

Complétons ces données par quelques commentaires :

QUALITÉ DU DESSABLAGE OBTENU.

Des essais sur modèle réduit contrôlés par des observations sur des prises en fonctionnement ont permis de constater que la décantation est très bonne jusqu'au grain de 1/2 mm environ; entre le 1/2 mm et le 1/10^e de mm, une bonne proportion est encore arrêtée.

On pourrait évidemment obtenir un dessablage encore plus poussé en augmentant les dimensions du bassin, mais à notre avis, le 1/2 mm représente une sorte de seuil technique, à partir duquel, si l'on veut aller plus loin, la taille du bassin augmente d'une façon prohibitive.

Quoi qu'il en soit, il est prouvé que la décantation en dessous du 1/10^e de mm est pratiquement impossible; or, dans la plupart des torrents (les torrents glaciaires en particulier) ces très fines particules existent en grandes quantités et créent des usures notables. Il nous semble donc, du point de vue économique, que le dessablage poussé jusqu'au

10/

1/2 mm est bien suffisant; d'ailleurs les progrès constants de la métallurgie ont permis de réduire considérablement la vitesse d'usure des pièces métalliques les plus sollicitées, comme par exemple les injecteurs de Pelton. Cette orientation vers un dessablage peu poussé ira vraisemblablement en s'accroissant dans l'avenir.

CAS DES TORRENTS A FAIBLE PENTE.

Dans les torrents dont la pente ne dépasse pas 3 %, les dimensions données ci-dessus s'adaptent mal. Il est nécessaire d'aplatir l'ouvrage comme on l'a fait au Ribon. Mais quand on le peut, il est préférable de conserver les valeurs indiquées dans la figure 10.

DANGER DES CHASSES.

Les chasses inopinées créent évidemment un danger dans le lit aval du torrent, surtout dans les lieux touristiques. A ce propos, il est intéressant de signaler le cas de la prise d'eau de Tré-la Tête, dans le massif du Mont-Blanc, où l'appareil de chasses automatiques a été complété par un système utilisant l'énergie d'une batterie dont la fonction est d'empêcher les chasses pendant la journée. Ce système fonctionne très bien, mais dans ce cas particulier, on a dû augmenter la longueur du bassin de décantation pour lui permettre de stocker le volume supplémentaire d'apports solides qui peut arriver pendant la journée. Un deuxième dispositif de détection, non verrouillé, permet toutefois de déclencher la chasse en cas d'apports massifs.

REVÊTEMENT DES BASSINS DE DÉCANTATION SOUTERRAINS.

Quand les circonstances le permettent (terrain rocheux de bonne qualité), il n'y a pas d'inconvénients, en ce qui concerne la décantation des matériaux solides, à laisser la partie supérieure de la section du bassin de décantation brute, comme indiqué sur la figure ci-dessous :

11/

On ne bétonne que le coursier et on fait ainsi une économie appréciable, mais la section doit être de toute façon calculée dans l'hypothèse d'un revêtement total pour pouvoir éventuellement y revenir au cas où, après la perforation, le rocher s'avérerait être de mauvaise qualité. C'est d'ailleurs cette sur largeur qui compense, en quelque sorte, la légère turbulence provoquée par la rugosité des parois.

Vannes de chasse.

Nous utilisons des vannes-segment en charge qui ont été mises au point par le Service de la Production Hydraulique. Ces vannes présentent, par rapport aux vannes plates, de multiples avantages, entre autres : absence de rainures et facilité de manœuvre par rapport aux vannes-segment non en charge, la hauteur est réduite et le problème des étanchéités, surtout frontale, inhérent à ce type de vannes est maintenant parfaitement résolu grâce à un système de joints placés sur les parties fixes.

Ces vannes, dont environ cinquante sont actuellement en fonctionnement — certaines depuis dix ans —, donnent toute satisfaction. Il faut reconnaître que leur mise au point a beaucoup facilité la résolution des problèmes des prises automatiques.

DIMENSION DES PERTUIS.

Ces pertuis doivent avoir une taille suffisante pour laisser passer le débit maximal dérivé pendant la chasse, mais ils ne doivent pas être trop grands afin d'éviter qu'au moment de l'ouverture il ne passe un débit instantané trop important dans la rivière et bien entendu pour que le prix de la vanne ne soit pas trop élevé. Dans ces conditions, la largeur des pertuis de vannes est donnée par l'abaque ci-dessous en fonction du débit d'équipement.

12/

Quant à la hauteur, elle doit être telle que le rapport hauteur/largeur soit compris entre 0,8 et 1 pour que l'écoulement pendant la chasse soit nettement à surface libre.

Pratiquement, nous ne fabriquons bien entendu qu'un nombre limité de vannes normalisées et nous choisissons le type le plus proche de la valeur donnée par l'abaque.

Canal de chasse.

Il est conseillé de lui donner au moins la même pente que le dégraveur, et la même largeur. S'il y a des coudes ils seront progressifs et aussi éloignés que possible de la vanne pour éviter les rejaillements. A noter que l'usure dans les coudes est souvent importante et nécessite parfois un revêtement spécial comme dans la fosse de prise en rivière.

BASSIN D'AMORTISSEMENT.

Quand le canal aboutit dans un lit d'alluvions, il faut absolument ralentir l'eau à la sortie pour éviter les risques d'érosion régressive. Un système simple qui donne toute satisfaction, consiste à prévoir une fosse d'amortissement d'une largeur égale à

environ trois fois la largeur du coursier du canal de chasse et d'une longueur double de sa largeur. Les dimensions peuvent être réduites pour une pente du canal de chasse inférieure à 5 ‰.

13/

Systèmes d'automatisation des chasses

Deux systèmes assez différents ont été mis au point par E.D.F. Ils donnent tous les deux satisfaction; nous les décrirons l'un après l'autre.

1° SYSTÈME A : DÉTECTEUR CONIQUE - DÉVERSOIR OSCILLANT - VANNE DE CHASSE HYPER-ÉQUILIBRÉE.

Ce système, qui est le plus ancien, a déjà fait l'objet de plusieurs publications, c'est pourquoi nous le décrirons aussi brièvement que possible. Il peut être décomposé en trois parties :

a) Système de détection.

14/

Il comprend les appareils suivants :

- le détecteur proprement dit, (1), (figure 15), placé comme indiqué sur la figure 14, à l'endroit où l'on désire arrêter l'avancement du talus d'engravement. Cet appareil a la forme d'un

demi-cône placé la pointe en bas et présentant à sa partie inférieure un orifice semi-circulaire;

15/ Cône détecteur/Detector cone.

- un tube de liaison (2);
- un vase percé à sa partie inférieure d'un orifice calibré, la « fuite permanente » (3).

Un débit $< 2 \text{ l/s}$ est dérivé par l'intermédiaire du cône et du tube dans le vase à fuite permanente. La dimension des conduits est calculée de manière que les pertes de charge soient négligeables et que le débit soit réglé par la seule section de contrôle constituée par la fuite permanente. Le niveau dans le vase est donc pratiquement le même que celui du bassin de décantation.

Lorsque le talus d'engravement arrive à proximité du cône, il bouche plus ou moins l'orifice inférieur, en créant une perte de charge qui se traduit par une baisse relative du niveau d'eau dans le vase à débit constant.

C'est cette baisse de niveau qui signale l'arrivée du talus d'engravement à sa position limite, et qui va être utilisée par le « système amplificateur » pour provoquer une chasse.

b) Système amplificateur.

Ce système est constitué par :

- un flotteur (4) situé dans le vase à fuite permanente, qui suit le niveau d'eau;

16/

- un câble et une poulie (5) qui transmettent les fluctuations du niveau d'eau au déversoir oscillant;
- le déversoir oscillant (6), (figure 16) composé d'un tube mobile, monté comme un fléau de balance et relié hydrauliquement au bassin de décantation par l'intermédiaire d'un tube fixe.

17/ Déversoir oscillant/Rocking weir.

Le croquis montre, sans explications superflues, que tant que l'angle α que fait le déversoir oscillant avec l'horizontale reste petit, le niveau du bec du déversoir oscillant suit pratiquement le niveau du flotteur.

Le système amplificateur fonctionne donc de la manière suivante :

Lorsque le talus d'engravement est détecté, le niveau baisse dans le vase à débit constant par rapport au niveau dans le bassin, le déversoir oscillant s'abaisse de la même valeur; comme il est branché lui-même sur le bassin de décantation, il se met à déverser un débit de 10 à 20 l/s. C'est ce débit qui est utilisé comme force motrice par le système suivant pour faire la chasse.

c) Système d'exécution des chasses.

18/

Il comporte :

- la vanne de chasse (7) et son contrepoids (8) relié au flotteur (9) par un câble supporté par deux poulies;
- Ce système est calculé de telle manière que lorsque le puits du flotteur est vide, la vanne a une tendance à la fermeture; dans le cas contraire, elle a une tendance à l'ouverture. En exploitation normale le puits du flotteur est vide et la vanne de chasse fermée;
- la fosse de retard (10), normalement vide et qui se remplit quand le déversoir oscillant fonctionne;
- le siphon (11) qui transvase l'eau dans le puits du flotteur (9) quand le niveau d'eau atteint une certaine valeur dans la fosse de retard, provoquant de ce fait l'ouverture de la vanne de chasse;
- l'orifice calibré de vidange du puits du flotteur (12), dont la dimension règle la vidange du puits du flotteur, donc le temps d'ouverture de la vanne.

En résumé, voici comment fonctionne l'ensemble du système automatique :

Quand le talus d'engravement arrive au ras du cône détecteur, il crée à son entrée une perte de charge qui se traduit par une baisse du niveau dans le vase à débit constant, qui provoque le déversement du déversoir oscillant dans la fosse de retard. Lorsque celle-ci est pleine, elle se déverse par l'intermédiaire du siphon dans la fosse du flotteur de la vanne de chasse, provoquant une chasse complète d'une durée déterminée.

Lorsque la chasse est terminée, l'eau remplit à nouveau le bassin de décantation; le cône détecteur étant débouché, les appareils reprennent leur position initiale, prêts à fonctionner pour une future chasse.

Vingt et une prises d'eau actuellement en fonctionnement utilisent ce système. Ce sont, par ordre chronologique de mise en service :

DÉSIGNATION	Q (m³/s)	MISE EN SERVICE
<i>Aussois :</i>		
Le Grand-Pyx	4	1956
<i>Arc-dans-Tignes :</i>		
Les Roches	0,5	1959
<i>Bon Rieu : Prise principale.....</i>	2,8	1960
<i>Roselend :</i>		
Raja	0,7	1960
Mercuel	2,0	1961
Saint-Claude	5,0	»
Moulin	1,8	»
Retour	0,6	»
Reclus	3,2	»
Versoyen	3,2	»
Beaupré	1,2	»
Vacherie	0,8	»
Ormente	2,8	»
Portette	0,8	»
Cormet d'Arèches	2,1	»
<i>Mont-Cenis :</i>		
Ribon	6,0	1966
<i>Suisse : 4</i>		?
<i>Ecosse : 1</i>		

Les plus anciennes, celles du Grand-Pyx, des Roches et du Bon Rieu, ont été construites avant que les vannes-segment en charge n'aient été mises au point et fonctionnent avec des vannes-segment non en charge.

2° SYSTÈME B : DÉTECTEUR A PESÉE - MANOMÈTRE DIFFÉRENTIEL A RELAIS D'AMPLIFICATION, DIT MANO-RELAIS - VANNE DE CHASSE A MOTEUR-COUPLE HYDRAULIQUE.

19/

Ce système, comme celui décrit ci-dessus, peut être décomposé en trois parties :

a) Système de détection.

Il est constitué par un récipient plat et clos scellé dans le radier du bassin de décantation, contenant un liquide (généralement de l'eau) et formant capsule manométrique. La paroi supérieure (située dans le plan du radier) de ce récipient est une « palette » constituée d'une membrane en caoutchouc renforcée d'une plaque de tôle convenablement disposée. Elle transmet une pression fonction de la charge verticale qui lui est appliquée

20/

(pression hydrostatique, poids des graviers). Ce récipient est relié d'une part à un tube de contrôle visuel de la pression moyenne sur la palette, d'autre part au système amplificateur du dispositif automatique. Lorsque la charge sur le détecteur varie, le micro-déplacement de la palette qui s'ensuit fait monter ou descendre le niveau dans le tube de contrôle, matérialisant ainsi la variation de la pression moyenne sur la palette. Celle-ci est transmise hydrostatiquement au système amplificateur du dispositif automatique. C'est en particulier le cas, si la palette, préalablement soumise à la seule pression hydrostatique du bassin de décantation, est chargée de dépôts solides. La surcharge correspondante, transmise au mano-relais, va y être utilisée pour déclencher la chasse.

b) Système amplificateur.

21/ Mano-relais immergé type pneumatique. Coupe schématique.

Immersed pneumatic pressure relay valve. Schematic cross-section.

22/ Mano-relais/Pressure relay valve.

Il a reçu le nom de « mano-relais » (figure 22).

Sa partie active est une membrane Mb, renforcée d'une plaque métallique, et serrée entre deux demi-carters. La face inférieure de cette membrane est soumise par le fluide détecteur à la pression régnant sous la palette. La face supérieure est soumise (soit directement, soit par l'intermédiaire d'une cloche à air) à la pression hydrostatique de l'eau du bassin de décantation. Un lest réglable « Ls » est solidaire de la membrane.

Sur le demi-carter supérieur repose une soupape Sp lestée solidaire d'un poussoir Ps. Cet ensemble mobile est soulevé en cas de mouvement ascendant de la membrane. Il porte un clapet Cl réglable et ouvert au repos. La tige supérieure du poussoir attaque un boulet Cb qui, reposant sur son siège, interrompt en période de veille un circuit « alimentation » qui transite par le mano-relais par une « arrivée » et un « départ ». Une tuyauterie de décharge met à l'échappement la chambre sur soupape et celle sous clapet. Le circuit « alimentation », contrôlé par le boulet Cb, permet la mise en fonctionnement du système de déclenchement de la chasse.

Le fonctionnement est le suivant :

En l'absence de surcharge sur la palette de détection, tous les équipages mobiles du mano-relais sont en position basse, sous l'action des lests. En cas d'« alerte », la pression du liquide détecteur devient assez élevée pour que la membrane lestée se soulève. Elle entraîne à l'ouverture la soupape Sp qui

met à la décharge la chambre située au-dessus de la membrane, amplifiant l'effort et le mouvement du clapet et du boulet. Pendant cette période transitoire de soulèvement, le débit apporté par l'arrivée « alimentation » s'écoule par le tuyau de décharge, assurant ainsi un nettoyage.

Lorsque la membrane atteint sa position supérieure, elle plaque sur une portée du carter supérieur et coupe l'écoulement de la « prise statique ». Le boulet est soulevé au maximum et le clapet se ferme, dérivant l'eau du circuit d'alimentation vers le système d'exécution de la chasse.

Pendant l'exécution de la chasse, le circuit « statique » est vide, ainsi que la chambre inférieure du mano-relais, les équipages mobiles retrouvant leur position basse.

c) Système d'exécution des chasses.

23/

Il est appelé « moteur-couple » et il est généralement fixé sur la vanne elle-même.

Il comprend deux bacs ajustés l'un à l'intérieur de l'autre, un bac intérieur fixe et un bac extérieur lié à la vanne. Lorsque la vanne est fermée, le bac mobile est en position haute et plaque par une bonde sous le bac fixe. Le circuit « alimentation » dont il est fait état ci-dessus déverse son eau dans le bac fixe qui, lorsqu'il est plein, déverse dans le bac mobile dont le poids commence à lever la vanne. La bonde de contact s'ouvre et l'eau s'écoule d'un bac dans l'autre terminant l'ouverture de la vanne. Un siphon à ajutage calibré s'amorce alors et vide le bac mobile dans un temps déterminé, après quoi la vanne se referme en mettant fin à la chasse.

En résumé, l'ensemble du système automatique fonctionne de la manière suivante : quand le talus d'engrèvement atteint sur la palette une épaisseur

donnée, il provoque dans le liquide détecteur une surpression qui décolle la membrane du mano-relais et la soupape. L'amplification qui s'ensuit permet à l'équipage de soulever le clapet et le boulet, mettant l'eau dans le circuit « alimentation ». Le bac supérieur du moteur-couple se remplit, puis déverse (par dessus, puis par la bonde) dans le bac lié à la vanne qui s'ouvre pour une durée de chasse déterminée.

Lorsque la chasse est terminée, tous les organes ont repris leur position de veille, prêts à fonctionner lors du retour du talus d'engrèvement.

Six prises d'eau actuellement en fonctionnement utilisent ce système. Ce sont, par ordre chronologique de mise en service :

DÉSIGNATION	Q (m ³ /s)	MISE EN SERVICE
<i>Usine du Lac de la Girotte :</i>		
Tré-la Tête	6,4	1962
<i>Hauteluze :</i>		
Belleville	2,5	1964
<i>Beaufort-sur-Doron :</i>		
Hauteluze	4,0	1964
<i>Feissons :</i>		
Glaize	1,0	1965
<i>Malgouvert :</i>		
Savine	1,0	1965
<i>Mont-Cenis :</i>		
Chatel	0,7	1966

3° SYSTÈME MIXTE :

Principe.

Le détecteur est constitué par le cône décrit précédemment. L'amplificateur est un mano-relais semblable dans son principe à celui du système B. Les chasses sont exécutées à l'aide d'une vanne-segment à moteur couple hydraulique.

Fonctionnement.

La membrane du mano-relais est soumise, d'un côté, à la pression du circuit dynamique, lequel est constitué par le cône et le vase à fuite permanente, de l'autre, à la pression statique correspondant à la charge d'eau dans le bassin de décantation. Au repos, ces deux pressions sont équilibrées.

Lorsque le cône détecte l'avancement du talus, une baisse de niveau se produit dans le vase de fuite permanente, qui provoque une chute de pression dynamique. La pression du circuit statique, devenant prépondérante, soulève l'équipage qui, par l'intermédiaire d'un poussoir, déclenche l'ouverture du circuit hydraulique, provoquant le remplissage du réservoir de la vanne de chasse. Désormais le processus de chasse est déclenché; lorsque celle-ci est terminée, la vanne se referme et le dispositif, à nouveau en position d'attente, est prêt pour l'opération suivante.

Neuf prises d'eau actuellement en fonctionnement utilisent ce système. Ce sont, par ordre chronologique de mise en service :

DÉSIGNATION	Q (m ³ /s)	MISE EN SERVICE
<i>Chevril :</i>		
Nant Cruet	3	1957
<i>Malgouvert :</i>		
Mont Pourri	1,5	1958
<i>Roselend (Bénétan) :</i>		
Prise du Dart	1,5	1960
Prise n° 1	0,3	1960
Prise n° 2	0,3	1960
Prise n° 3	0,3	1960
<i>Roselend (Argentine) :</i>		
Grand Mont	0,6	1960
César	0,3	1960
<i>Les Saucés :</i>		
Prise du Doron de Roselend.	2,5	1963

Description de trois prises d'eau types

L'automatisation des chasses a eu, comme on l'a vu, pour conséquence de simplifier considérablement le travail des projeteurs, puisque la seule variable dont ils ont à tenir compte pour calculer les dimensions de leurs prises est le débit d'équipement Q. C'est cette simplification appréciable dans l'élaboration des projets que nous voulons mettre en relief en proposant les plans-type de trois prises d'eau, dans lesquels nous avons matérialisé tous les principes énoncés dans cet article. Pratiquement, n'importe quelle prise de haute montagne peut être dessinée, soit en utilisant un de ces trois plans à une homothétie près, soit en combinant telle ou telle partie de chaque prototype.

Plan n° 1. — Ouvrage alimentant une usine - débit 2,5 m³/s - torrent à fond alluvial - prise en dessous à barreaux écartés - système automatique A.

Plan n° 2. — Prise alimentant directement une usine - débit 6 m³/s - ouvrages souterrains - prise à barreaux serrés - système automatique B.

Plan n° 3. — *Prise double* : Prise alimentant un lac - torrent à fond alluvial et pente faible (3%) - débit 6 m³/s - prise double - système automatique A.

Pour une prise dont le débit d'équipement est supérieur à 5 m³/s, il n'y a théoriquement pas d'inconvénients à extrapoler les plans des prises décrites ci-dessus. Cependant, pour conserver des dimensions raisonnables, en particulier dans la taille des vannes de chasse, et aussi pour maintenir une certaine standardisation, nous avons préféré, dans certains cas, adopter la solution des prises d'eau doubles comme au Ribon et à Avérol. Cette solution s'est avérée à l'expérience intéressante.

24/ Prise du Ribon (aménagement du Mont-Cenis).
Ribon intake (Mont-Cenis scheme).

sante, car elle présente quelques avantages par rapport à la solution « ouvrage simple » :

- ouvrage plus ramassé;
- chasses se produisant, sauf coïncidence très rare, avec un débit moitié, ce qui va dans le sens de la sécurité;
- possibilité de mettre un des dégraveurs hors d'eau, l'autre fonctionnant seul, ce qui permet de construire, comme au Ribon (figure 24), un barrage simple, sans vanne ni batardeau.

Conclusion

E.D.F. a mis au point des prises d'eau pour adduction de haute montagne qui évacuent les sables et graviers grâce à des purges automatiques provoquées uniquement par la force hydraulique*. Le gardiennage est désormais réduit à des tournées périodiques d'entretien, prévues à l'avance, dont la périodicité est de l'ordre du mois. C'est ainsi que, dans les adductions amont de Roselend, un seul gardien peut s'occuper à lui seul de douze prises

d'eau automatiques situées à 1 800 m d'altitude, à des distances importantes les unes des autres.

L'exploitation de ces ouvrages, dont certains, mis en service depuis plus de dix ans, a montré que ces prises sont d'un fonctionnement plus sûr que celui des prises classiques gardiennées. Leur coût n'en est pas supérieur, le prix des appareils automatiques (d'ailleurs standardisés) étant largement compensé par l'économie permise par la diminution de la longueur du bassin de décantation.

L'automatisation apporte par surcroît le bénéfice de la réduction :

- des frais de gardiennage;
- des pertes d'eau, due au fait que les chasses se font seulement lorsque le bassin de décantation est plein.

On peut certainement imaginer d'autres systèmes utilisant des principes différents et fonctionnant aussi bien, comme par exemple la purge continue; mais, quand on se remémore les innombrables essais et mises au point qui ont été nécessaires pour aboutir à des systèmes dont on soit sûr, on constate, une fois de plus, que l'invention est peu de chose vis-à-vis de la mise au point. On peut se demander si « le jeu en vaut la chandelle ».

* La plupart des dispositifs décrits ci-dessus sont protégés par des brevets. La responsabilité de leur exploitation est confiée à la Division « Brevets » de la Direction des Etudes et Recherches d'E.D.F., 12, place des Etats-Unis, à Paris. Les personnes ayant participé à la mise au point de ces brevets sont MM. Molbert, Zumstein, Vullierme, Bourne-Chastel et Maître.

PLAN N° 1 :

Ouvrage alimentant
une usine;
débit 2,5 m³/s;
torrent à fond alluvial;
prise en dessous
à barreaux écartés;
système automatique A.

Power house
supply arrangements;
discharge : 2.5 cu. m/sec;
torrent bed of alluvium;
under flow-type intake
with wide bar spacing;
automatic system A.

PLAN N° 2: Prise alimentant directement une usine; débit $6 \text{ m}^3/\text{s}$; ouvrages souterrains; prise à barreaux serrés; système automatique B.
 Direct power house intake; discharge 6 cu.m/s ; underground works; close intake bar spacing; automatic system B.

PLAN N° 3: Prise double alimentant un lac; torrent à fond alluvial et pente faible (3 %); débit 6 m³/s; prise double; système automatique A.
 Double intake supplying a lake; torrent bed of alluvium; shallow bed slope (3 %); discharge 6 cu.m/sec; double intake; automatic system A.

Abstract

E.D.F. experience of self-flushing high mountain water intakes

by A. Ponsard *, J. Molbert ** and E. Chardonnet ***

E.D.F. have acquired sufficient practical experience of automatic water intakes to be able to consider the problem as practically solved.

As a water intake and its automatic system form a single homogeneous unit, automatic flushing can only be worth while if all the components from the river intake to the flushing channel are working properly. The following parts of the structure are reviewed:

- (i) The river intake (Figs 2 to 8);
- (ii) The settling tank (Figs 9,10 and 11);
- (iii) The sluice gate (Fig 12);
- (iv) The flushing channel (Fig 13).

The three following automatic systems of comparable efficiency are then described:

System A with a conical silt detector, a rocking weir and a finely balanced sluice gate (Figs 14 to 18);

System B with a weighing detector, a differential pressure gauge and relay amplifier and a hydraulically-actuated sluice gate (Figs 19 to 23);

A composite system combining A and B.

Three representative water intakes are then described, all of which are based on the principles described in the article (Plans n° 1, 2 and 3).

The following advantage of automatic operation in the considered case are emphasized:

- (i) Reduced supervision cost;
- (ii) Better feasibility;
- (iii) Reduced water loss.

* Chef du G.R.P.H. Loire - Saint-Etienne.

** Chef de division au Service d'Etudes et Projets hydroélectriques, Direction de l'Equipement.

*** Chef du Service Etudes et Prospections, R.E.H. Alpes-Nord, Chambéry.