

Évolutions récentes et retour d'expérience concernant les vannes des évacuateurs de crue

Barrage de Champagneux (vannes segments inversées)

J. Laurent, R. Machu

Compagnie Nationale du Rhône

Le barrage mobile de Champagneux, élément essentiel de la chute de Brégnier-Cordon, a été mis en service en 1984. C'est le 24^e ouvrage de ce type sur le Rhône dont le parc total en comprend 27, construits ou à construire par la Compagnie Nationale du Rhône, à l'exception des deux premiers, ceux de Jons et Jonage.

Équipé de 4 vannes segments larges de 18 m munies chacune d'un volet déversant, il est capable d'évacuer la crue de projet (millénaire) estimée à 2 800 m³/s.

La particularité de cet évacuateur de crue est d'être le seul en France équipé de vannes segments inversées, c'est-à-dire dont les bras se situent sur l'amont... et dont le bordé a sa convexité sur l'aval (voir *fig. 1 et 2*).

L'objet de cet exposé, obligatoirement rapide, est de détailler les arguments qui ont conduit la Compagnie Nationale du Rhône à retenir ce choix technique, ainsi que les difficultés qu'elle pensait avoir à résoudre.

Nous confronterons ensuite ces éléments, d'une part aux conditions réelles d'exécution de cet ouvrage et de ses équipements, d'autre part à l'expérience des sept premières années d'exploitation et de maintenance.

1. La décision

L'existence de vannes segments inversées sur la liaison Rhin-Main-Danube a amené les ingénieurs de la Compagnie Nationale du Rhône à s'intéresser à cette technique et à ses intérêts éventuels.

Compte tenu du nombre d'évacuateurs de crue encore projeté par la Compagnie Nationale du Rhône, notamment 15 barrages sur la liaison Rhin-Rhône, et de l'exigence croissante en matière d'intégration environnemen-

tales, l'idée germa de réaliser un essai « grandeur nature » sur le sol français.

1.1. Arguments en faveur de cette solution

Nous citerons, outre l'intérêt d'un essai « grandeur nature » :

- la position amont du pivot de la vanne qui permet de solliciter le génie civil en compression et la structure des bras en traction, ce qui est plus favorable que dans la solution classique, où les sollicitations sont inverses (voir *fig. 3 et 4*).

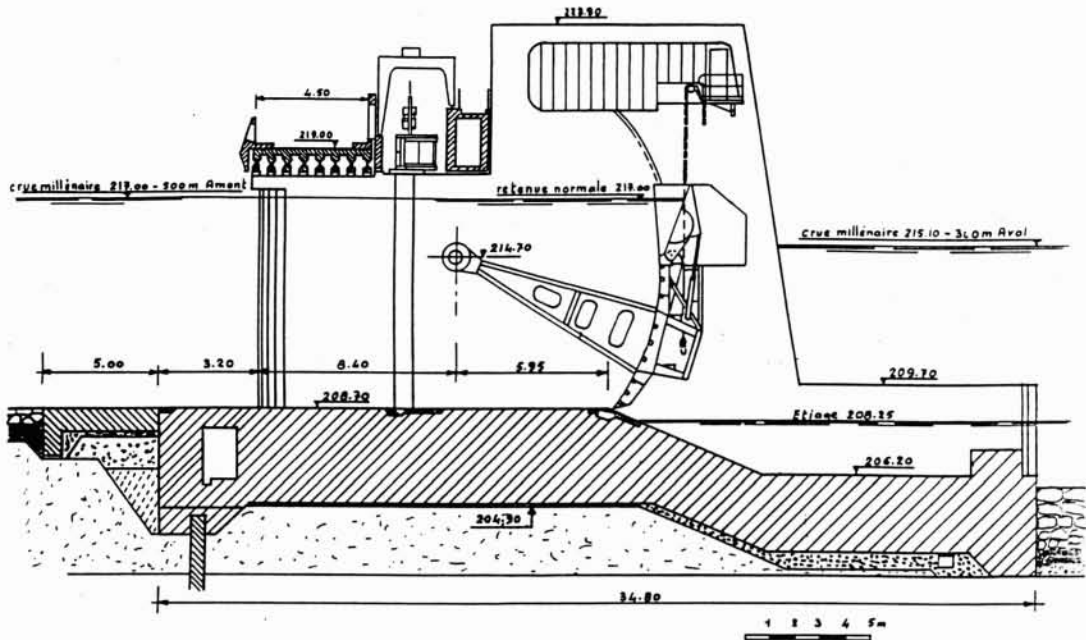
Lorsqu'une passe est batardée, le chargement de la pile la séparant de celle en service s'en trouve modifié. Il nous a donc fallu vérifier que cet état ne générerait pas des efforts de traction dans la pile annihilant ainsi le comportement favorable recherché du génie civil.

Outre une réduction notable du ferrailage longitudinale, un allègement des pivots et des bras de vannes, cette solution devait faciliter la mise en place des chevêtres, pendant la phase de construction.

- La partie de piles hors d'eau, à l'aval des tabliers de vannes, peut être nettement réduite. Ainsi, d'une part les salissures du béton dues aux intempéries et aux déversements sont bien moins visibles, d'autre part les lames d'eau déversantes au-dessus des clapets sont situées très en aval. L'effet obtenu est bien meilleur qu'avec des vannes classiques, dont les lames d'eau sont cachées par les piles, pour un observateur situé à l'aval et regardant l'ouvrage depuis la rive.

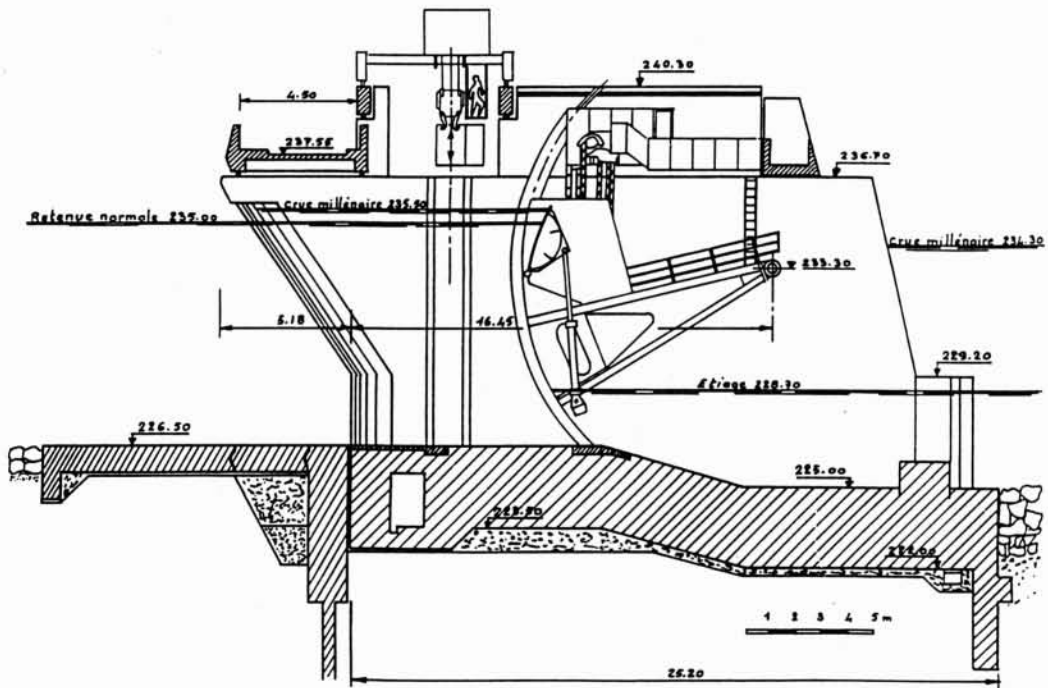
On a un peu le même effet que sur un barrage de basse chute équipé uniquement de clapets déversants.

- La masse d'eau sur le radier de l'ouvrage est plus importante. Elle peut avoir un effet favorable sur la stabilité du barrage et permettre ainsi une diminution de l'épaisseur du radier.



1. Barrage de Champagneux.

BARRAGE DE CHAMPAGNEUX



2. Barrage de Lavours.

BARRAGE DE LAVOURS

1.2. Difficultés induites par cette technique

Nous nous attendions bien sûr à :

— une augmentation du ferrailage vertical des piles du fait de la plus grande poussée latérale exercée sur une passe

batardée, par les vannes adjacentes en service ;

— une complexité des pivots du fait du passage obligatoire à cet endroit des divers câbles et tuyauteries reliant la pile à la vanne ;

— devoir examiner minutieusement le comportement de la vanne lors du passage des crues qui, traditionnellement sur le Rhône, charrient de nombreux bois.

Les bras de vannes devaient être carénés et implantés au plus près des bajoyers pour éliminer tout piégeage de bois flottants susceptibles de bloquer la manœuvre des vannes. Il fallait aussi soigner particulièrement le coffrage vertical des piles.

2. La réalisation

Certaines contraintes particulières à l'ouvrage et au site, et non directement induites par l'option vannes inversées, ont amoindri, voir annihilé, les gains escomptés, sur le génie civil essentiellement :

— les études de la dissipation d'énergie ont conduit à l'allongement et surtout à l'approfondissement de l'auge aval du barrage, rapprochant ainsi l'assise aval du barrage du substratum argileux ;

— la stabilité, notamment au glissement de l'ouvrage, s'est ainsi trouvé modifiée et le barrage a dû être allongé sur l'amont ;

— l'implantation d'un pont routier traversant l'ouvrage et s'appuyant sur les avant-becs des piles.

2.1. Volume de béton

Pour minimiser les efforts de manœuvre d'une vanne segment à bras comprimés, l'axe du pivot est légèrement en dessous de l'axe géométrique du bordé circulaire.

Le même objectif conduit à implanter le pivot d'une vanne segment à bras tendus légèrement au-dessus de l'axe géométrique du bordé.

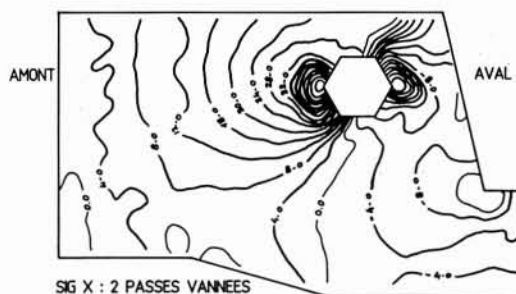
Cette position plus haute des chevêtres, ainsi que la limitation de l'angle maximum de traction des chaînes de manœuvre, obligent une implantation plus haute des treuils et donc un rehaussement des superstructures aval.

Cette dernière conséquence du choix de vannes inversées alliée aux contraintes particulières du site développées plus avant, conduisent finalement à un volume de béton très comparable à celui nécessaire avec des vannes classiques.

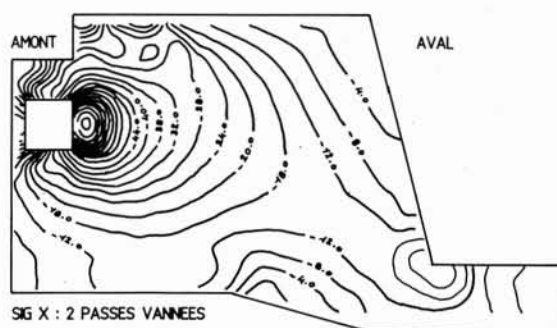
2.2. Ferrailage

- Le chevêtre induit certes un effort vers l'aval de la pile ; cependant la différence des efforts horizontaux appliqués à la partie aval de la pile par les chevêtres et de ceux subis par l'avant-bec amont induit une tendance à l'écartement. Il est donc nécessaire de lier ces deux éléments de pile par des armatures de traçion.

- Tous les câbles et tuyauteries alimentant la vanne passent à travers le pivot. Il convient donc de laisser un accès au chevêtre par l'intérieur de la pile. L'épaisseur totale de la pile ayant été optimisée, les sections disponibles



3. Pile Lavours.



Contraintes de compression : — — — — —
Unité : tonnes par m²

4. Pile Champagneux.

à l'aval du pivot sont faibles ; la densité des armatures dans cette zone s'est trouvée accrue et la mise en place des aciers d'une part, du chevêtre d'autre part s'en est trouvé compliquée.

On constate ainsi que l'intérêt de vannes inversées pour une meilleure sollicitation du génie civil et une simplification du ferrailage disparaît si les chevêtres ne sont pas implantés en extrémité amont de l'ouvrage.

2.3. Structure de la vanne

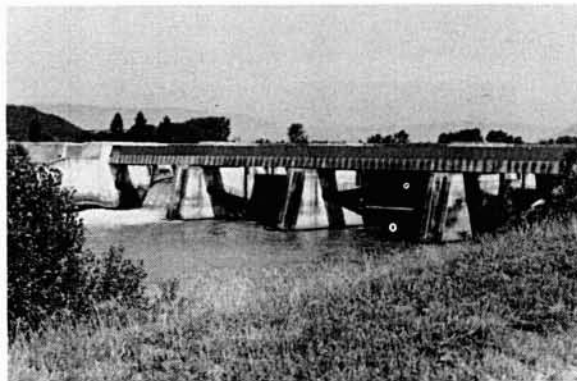
- Le dessin de la vanne est plus complexe que pour des vannes à bras comprimées car la transmission des efforts est moins harmonieuse, notamment du fait d'un bordé à concavité amont.

- La structure raidissante qui supporte notamment les appuis du vérin de manœuvre des volets est plus importante car placée à l'aval sur la partie convexe du bordé.

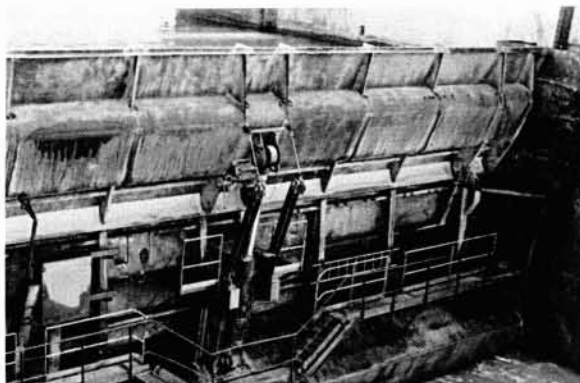
- Le passage obligé par le pivot de la vanne des tuyaux hydrauliques de manœuvre du vérin du volet, des câbles électriques pour le chauffage des étanchéités du clapet, etc... conduit à des dispositions plus difficiles à mettre en œuvre.



5. Barrage de Champagneux — vue d'aval RD.



7. Barrage de Lavours — vue d'aval RG.



6. Face aval d'une vanne non déversante.



8. Barrage de Villebois — vue d'aval RD.

3. Comportement en exploitation

Ces vannes ne posent pas de problèmes particuliers au niveau de l'exploitation, même si l'écoulement sous le couteau de la vanne n'est pas des plus « hydraulique », cependant :

— si l'aspect esthétique est très bon lorsque les 4 volets déversent simultanément, ceci n'arrive que très rarement en dehors des crues, en raison notamment d'un débit turbiné par les groupes de restitution de $80 \text{ m}^3/\text{s}$, débit réservé imposé 5 mois de l'année.

Le complément à $150 \text{ m}^3/\text{s}$ notamment de juin à septembre est généralement réalisé par un ou deux volets seulement.

A contrario, l'aspect aval des vannes lorsque celles-ci ne déversent pas est inesthétique compte tenu de la complexité des équipements à l'aval du tablier (voir *fig. 5 et 6*) ;

— en crue, le Rhône charrie beaucoup de bois et de nombreux arbres en surface et entre deux eaux. Si avec une vanne segment classique ceux-ci passent parfois brutalement sous le couteau, on voit aisément qu'avec des vannes inversées, concavité vers l'amont, cela se passe beaucoup moins bien.

La crue de février 1990 dont la fréquence de retour à Sault-Brénaz a été estimée à 130 ans, a provoqué sous le couteau des vannes du barrage de Champagneux des déformations locales provoquant fuites et vibrations,

vanne fermée, qui nous obligent aujourd'hui à réaliser quelques modifications sur la structure.

4. Conclusion

Cette option, qui peut avoir sur l'environnement un impact indéniable, peut présenter d'autres intérêts techniques et financiers. Elle doit par contre être rejetée si les conditions particulières au site, notamment l'état du terrain de fondation ou l'existence d'un pont routier, ne permettent pas de limiter la longueur des piles, grosso modo à l'encombrement de la vanne.

D'autres particularités du site et de la voie d'eau sont à examiner si l'on envisage un tel choix :

- Y-a-t-il d'autres intérêts qu'esthétiques à équiper chaque vanne segment d'un volet déversant ?
- La gestion des débits minima du barrage permet-elle le déversement quasi permanent au-dessus de tous les volets ?
- La nature des débits solides, en cas de crue, est-elle compatible avec la configuration du couteau des vannes ?

Bien que le choix du site de Champagneux apparaisse, à posteriori, ne pas remplir les meilleures conditions pour implanter un barrage à vannes segments inversées, le test français qu'il représente est déjà riche d'enseignement.