

RÉALISATION DE LA MARCHÉ EN DÉCHARGEUR SUR DES GROUPES BULBES OU KAPLAN INDUSTRIELS

PAR L. MÉGNINT *

Communication
présentée au Comité technique
de la Société Hydrotechnique de France
le 16 novembre 1967

La réalisation de la marche en déchargeur des turbines de basse chute nécessite l'emploi de systèmes plus ou moins automatiques venant se superposer ou se substituer à la régulation normale de vitesse de ces groupes. Chaque type de fonctionnement en déchargeur nécessite une commande particulière. Aussi est-il nécessaire d'examiner, pour les cas les plus usuels de marche en déchargeur, les modes de commandes utilisés.

Le but de la marche en déchargeur est double :

- réduire les intumescences dans les canaux à la suite d'un déclenchement;
- faire transiter une partie du débit par le groupe, en cas d'impossibilité d'exportation d'énergie électrique.

Le premier de ces deux rôles est le plus important, le deuxième n'étant d'ailleurs que la phase stabilisée du premier.

1. Principes de réalisation

1.1. Marche en déchargeur sans vanne aval.

C'est le schéma le plus simple. Il consiste à utiliser une loi de conjugaison entre ouverture du distributeur et inclinaison des pales donnant une

vitesse d'emballlement voisine ou inférieure à la vitesse de synchronisme et un débit turbiné maximal.

Pour limiter les intumescences dans les canaux d'amenée et de fuite à la suite d'un déclenchement, il faut contrarier les ordres du régleur qui, pendant la survitesse de groupe, tendent à fermer les organes de réglage du débit, puis à les réouvrir dans la position de marche à vide lorsque le groupe déchargé revient au synchronisme.

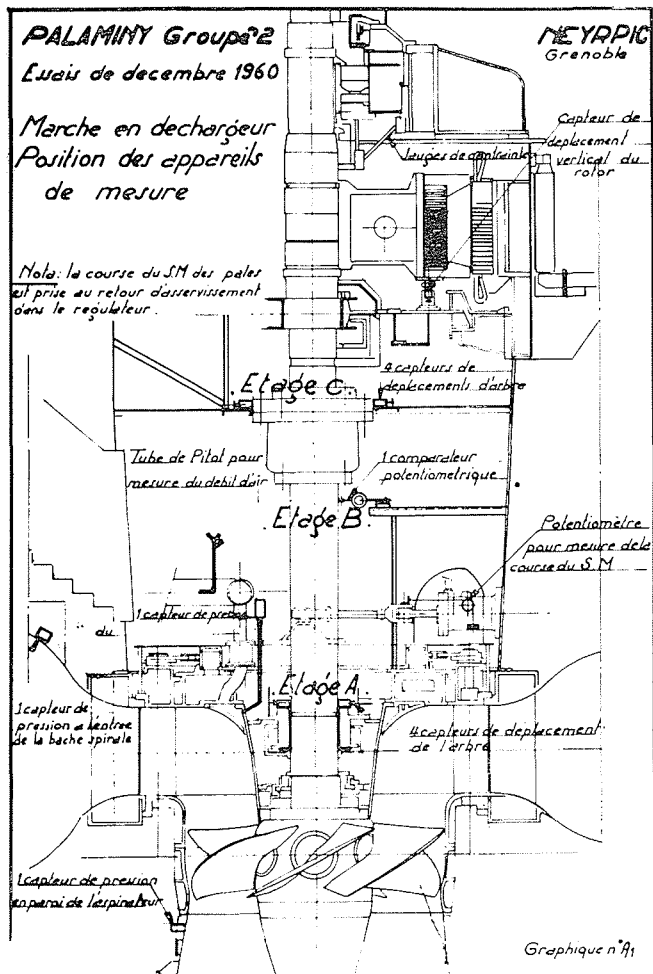
Néanmoins, pendant les premières secondes suivant le déclenchement, il faut laisser le régulateur amorcer la fermeture du vannage, pour limiter le surdébit que provoque le départ du groupe à l'emballlement.

Puis, lorsque le vannage atteint une position légèrement inférieure à celle correspondant à la marche en déchargeur, on limite la fermeture du vannage par un dispositif que nous verrons plus loin. Après avoir atteint la survitesse maximale, le groupe se freine. Lorsqu'il passe au voisinage de la vitesse de synchronisme, le vannage passe sous le contrôle du tachymètre ou du limiteur d'ouverture suivant le type de fonctionnement retenu.

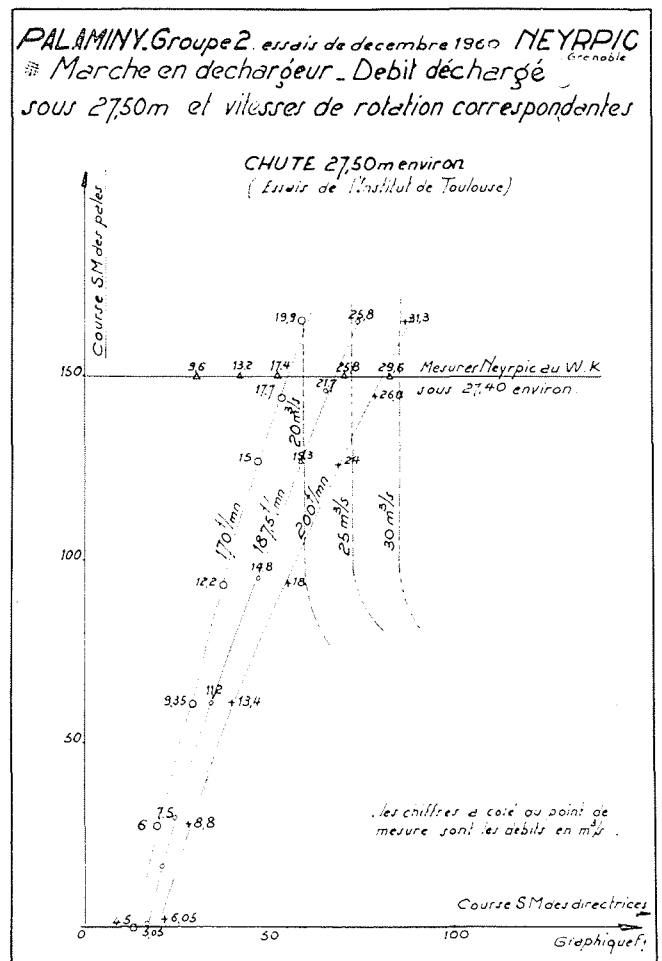
Dès le début du fonctionnement en déchargeur, les pales ont reçu l'ordre de se placer dans la position définitive de marche en déchargeur.

Lorsque le vannage et les pales ont exécuté les ordres reçus, on peut se retrouver par exemple avec des pales à 10/10^{es} d'inclinaison, un vannage à 2,8/10^{es} et le groupe maintenu au synchronisme par le tachymètre quelle que soit la chute.

* Ingénieur aux Ets NEYRPIIC.



Palaminy No. 2 set. December 1960 tests. Sluice operation. Instrumentation layout.



1/1 Palaminy No. 2 set. December 1960 tests. Sluice operation discharge and speed under 27,50 m. head.

Si, par contre, on désire fonctionner en vitesse hyposynchrone, on peut soit changer la fréquence de consigne du tachymètre (la vitesse de rotation ne dépend pas de la chute), soit faire agir le limiteur d'ouverture (vitesse de rotation dépendant de la chute).

Le fonctionnement au synchronisme, lorsqu'il est possible, est le plus intéressant car il apporte une plus grande souplesse d'exploitation. Prenons par exemple le cas d'un canal dont la revanche est très faible, ce qui implique un fonctionnement des turbines en déchargeur lors d'un déclenchement. Si les groupes en déchargeur tournent à des vitesses hyposynchrones, il faudra attendre l'aller et retour de l'onde dans le canal avant de ramener les groupes en marche à vide et de les coupler.

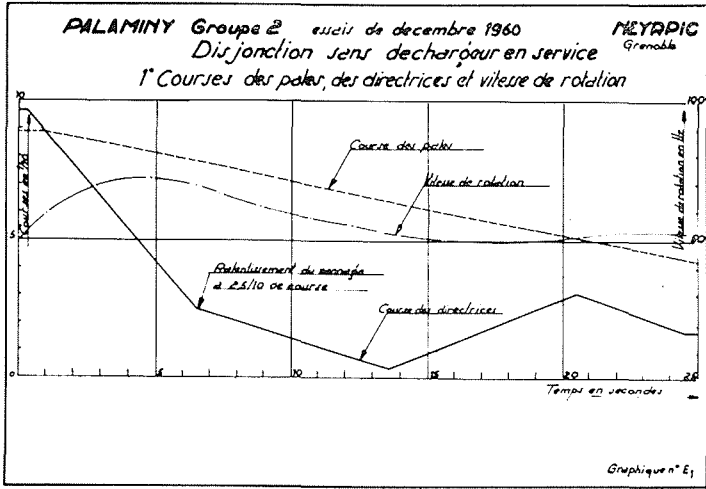
Ce temps peut être de l'ordre d'une heure. Si le réseau autorise un recouplage rapide, l'énergie que l'on aurait pu produire pendant l'aller et retour de l'onde dans le canal est perdue.

Si les groupes en déchargeur tournent au synchronisme sous la dépendance de leur tachymètre, on peut les coupler au réseau dès que celui-ci l'admet, sans attendre l'aller et retour de l'onde dans le canal. On remplace donc un fonctionnement en déchargeur par un fonctionnement générateur d'énergie. Ce système a été réalisé en parti-

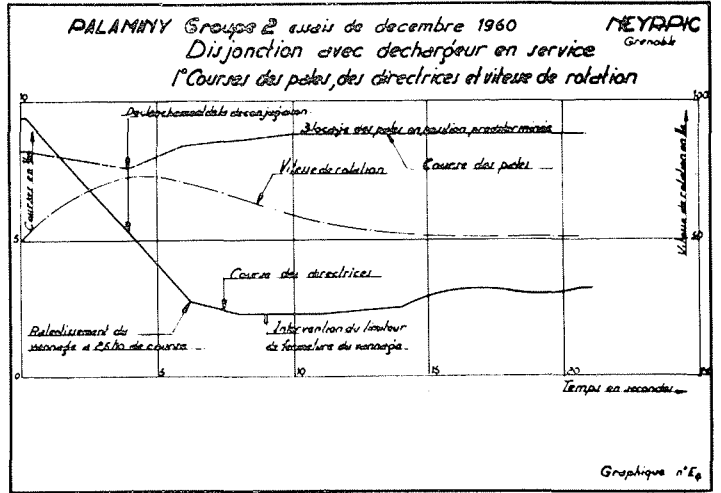
culier à la centrale E.D.F. de Palaminy avec régulateur mécanique (turbine Kaplan verticale de 20 800 ch sous 26,4 m, figure n° 1 et figure n° 2).

Un fonctionnement pratiquement identique est en service sur les turbines bulbes de Gerstheim. Nous en reparlerons plus loin, car les exigences de restitution de débit ne pouvaient être satisfaites par les seules turbines. Il a donc fallu avoir recours en plus à des vannes secteur. Les régulateurs de Gerstheim sont des régulateurs électriques. Lors du passage en déchargeur, le fonctionnement étant hyposynchrone, on élimine l'action du tachymètre et du dispositif charge-vitesse, et l'on introduit une tension étalon dans le régulateur.

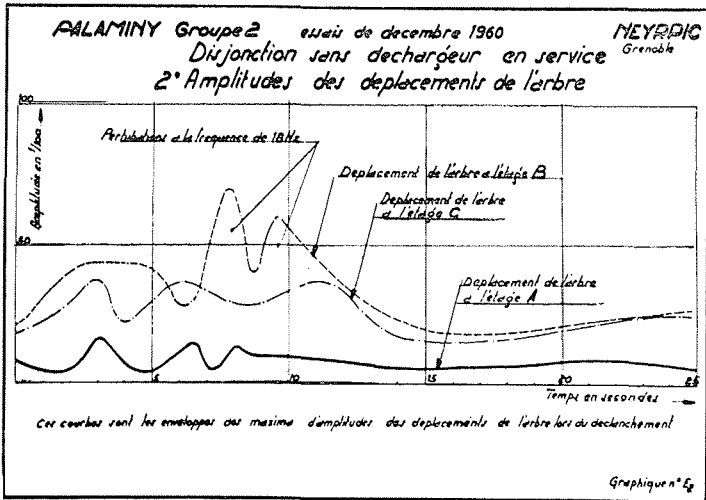
On trouve parfois à l'étranger, en Allemagne et en Autriche en particulier, un système de fonctionnement en déchargeur qui s'apparente à celui décrit ici mais qui est du type transitoire. Il consiste lors d'un déclenchement, à laisser agir le régulateur jusqu'au moment de la survitesse maximale, puis à achever la fermeture du vannage dans un temps de l'ordre de plusieurs minutes. Les pales sont envoyées à l'ouverture. On estime que, pendant la fermeture lente du vannage, on peut ouvrir des vannes, au barrage de prise d'eau par exemple. Ceci est valable pour des usines en rivière, mais peut ne pas l'être pour des usines sur canaux de dérivation.



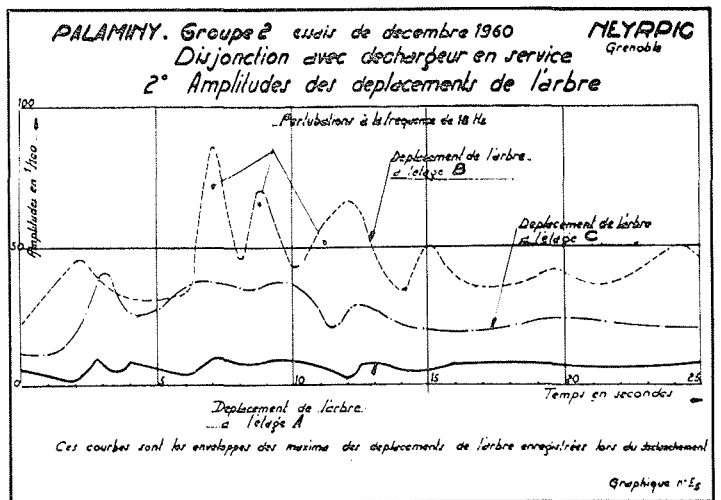
1) Runner blade and guide vane travel and rotational speed.



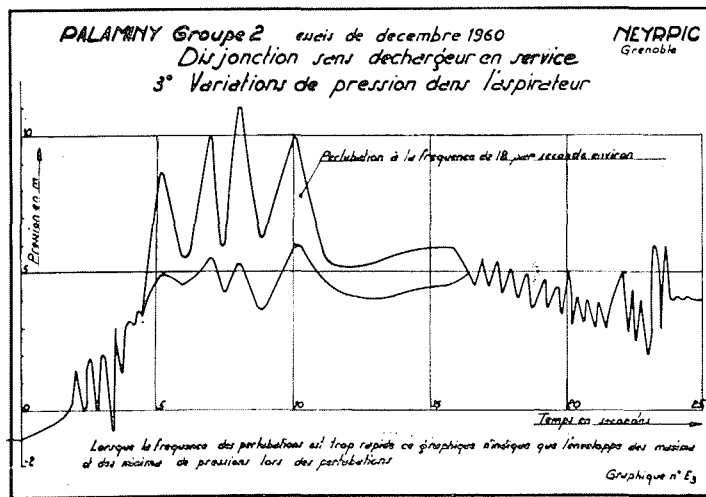
1) Runner blade and guide vane travel and rotational speed.



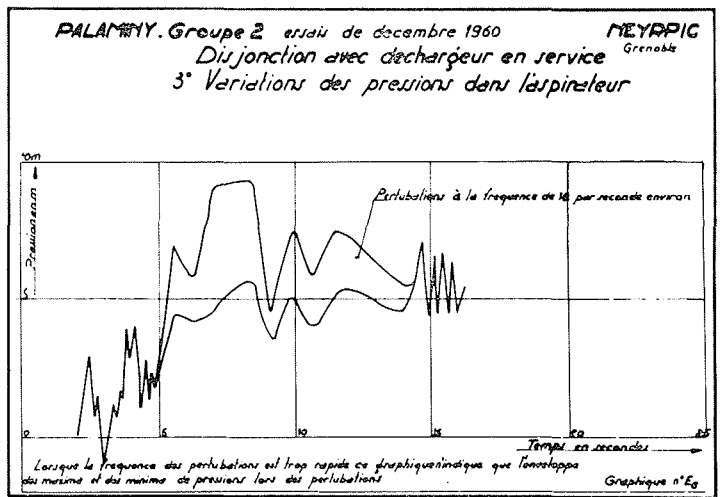
2) Shaft float amplitude.



2) Shaft float amplitude.



3) Draught tube pressure variation.



3) Draught tube pressure variation.

Palaminy No. 2 set. December 1960 tests. Unit cutting out without sluice operation.

12/ Palaminy No. 2 set. December 1960 tests. Unit cutting out with sluice operation.

1.2. Marche en déchargeur avec vanne aval.

Ce système tend à se développer à l'heure actuelle en raison de ses avantages. Il utilise une vanne automatique placée dans l'aspirateur qui sert aussi à arrêter le groupe en cas d'emballlement et à isoler le groupe de l'aval lors de la vidange du conduit.

Lors d'un déclenchement avec départ en déchargeur, on peut remarquer deux phases successives :

- a) première phase : la vanne commence à fermer, mais n'intervient pas encore pour modifier sensiblement la chute nette de la turbine;
- b) deuxième phase : la vanne prend le contrôle de l'écoulement de l'eau.

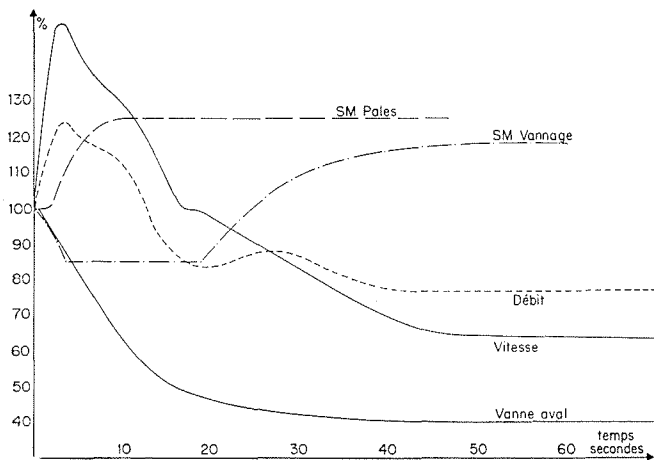
Considérons d'abord le cas d'un déclenchement à partir d'une forte charge, la turbine devant restituer en déchargeur le plus fort débit possible.

Dès l'instant du déclenchement, le vannage reçoit du régulateur l'ordre de fermer jusqu'à une position prédéterminée où il restera bloqué. Les pales ouvrent et la vanne ferme. Il s'agit de la phase a) pratiquement identique au fonctionnement décrit en 1.1.

Le groupe atteint sa survitesse maximale, puis se freine et revient au synchronisme. A partir de ce moment-là, l'action de la vanne devient prépondérante, car celle-ci continue de fermer et diminue la chute nette sur la turbine.

La vitesse du groupe baissant, le régulateur cherche à maintenir la vitesse constante et fait réouvrir le vannage. Il augmente le débit, donc la perte de charge créée par la vanne. La chute nette sur la turbine diminue. La vitesse baisse tant que la vanne descend. On arrête celle-ci lorsque la vitesse du groupe a atteint une valeur déterminée. Ce fonctionnement hyposynchrone est sous le contrôle d'un relais de vitesse agissant sur la vanne et assure une vitesse de rotation du groupe indépendante de la chute.

La vitesse de marche en déchargeur restant définie par des relais, on peut faire varier le débit



3/ Pierre-Bénite. Groupe 1. Essais II. Passage à $Q_d = 200 \text{ m}^3/\text{s}$ consécutif à une décharge brusque. P et coupée 20 MW. Came n° 3 ($7,70 < HB < 9,70$) HS : 6189.
 Pierre-Bénite. No. 1 set. Tests II. Change to $Q_d = 200 \text{ m}^3/\text{sec}$. after sudden sluice operation. 20 MW cut off. No. 3 cam ($7.7 < HB < 9.7$) HS : 6189.

déchargé par le groupe en modifiant la position de consigne des pales. Ce dispositif est appliqué à la centrale Pierre-Bénite de la Compagnie Nationale du Rhône (4 groupes bulbes de 20 MW sous 8,60 m). Chaque groupe peut restituer en déchargeur, soit $200 \text{ m}^3/\text{s}$, soit $100 \text{ m}^3/\text{s}$. Graphique n° 3.

Nous verrons plus loin les améliorations prévues pour les centrales futures.

1.3. Marche en déchargeur des turbines conjuguées avec des vannes déchargeur.

Dans certains cas, lors d'un déclenchement, il faut laisser transiter à travers l'usine, la quasi-totalité du débit turbiné avant déclenchement.

Les groupes fonctionnant en déchargeur ne peuvent suffire et il faut aussi utiliser des vannes accolées à la centrale pour évacuer le débit que les turbines ne peuvent plus passer.

Les vannes, qui peuvent être de différents types, doivent pouvoir s'ouvrir très rapidement, et présenter une très grande sécurité pour leur manœuvre d'ouverture. Leur commande peut être manuelle, mais on a intérêt à les automatiser le plus possible.

Nous nous étendrons plus particulièrement sur l'automatisation de la commande des trois vannes secteurs de l'usine de Gerstheim qui sont accolées aux turbines bulbes de cette centrale (6 turbines bulbes de 32 400 ch sous 11,45 m).

Le principe est le suivant :

Une mémoire enregistre en permanence le débit transitant par les groupes en fonctionnement normal. Sur détection de disjonction, la mémoire est bloquée. L'automate connaît le débit à restituer, ce qui détermine d'abord le nombre de vannes à ouvrir, puis le nombre de turbines à faire fonctionner en déchargeur. Les turbines qui n'ont pas à fonctionner en déchargeur se retrouvent en marche à vide.

Le réglage sur les vannes déchargeur est un réglage fin que l'on peut d'ailleurs ajuster manuellement en régime permanent.

Le réglage sur les turbines est un réglage par crans. On agit uniquement sur le nombre de turbines fonctionnant en déchargeur et non sur le débit transité par chaque turbine.

Le passage en déchargeur est donc automatique. Par contre, le passage du fonctionnement en déchargeur au fonctionnement normal nécessite une commande manuelle. Les vannes interviennent alors pour compenser automatiquement le débit que reprennent les turbines. Le blocage de la mémoire s'efface lorsque les vannes déchargeur sont fermées.

L'avantage de ce système est que l'on donne la priorité à l'ouverture des vannes par rapport au départ des groupes en déchargeur. Pour restituer un débit de $1 400 \text{ m}^3/\text{s}$, $900 \text{ m}^3/\text{s}$ transitent par les vannes et $500 \text{ m}^3/\text{s}$ par les turbines. Pour tout déclenchement coupant un débit inférieur à $900 \text{ m}^3/\text{s}$, les turbines ne fonctionnent pas en déchargeur. Il faut se rappeler que la marche en déchargeur des turbines de Gerstheim est du type 1.1 (sans vanne aval).

La marche en déchargeur, avec vanne aval telle que prévue à Pierre-Bénite, Beaucaire et Stras-

bourg, permet d'augmenter notablement le débit des turbines fonctionnant en déchargeur et réduire, voire même de supprimer les vannes déchargeur.

2. Matériel à prévoir pour la réalisation des marches en déchargeur

2.1. Turbine.

Sur certains groupes verticaux prévus il y a quelques années, pour un fonctionnement en déchargeur sans vanne aval, les constructeurs s'étaient orientés vers des groupes à trois paliers. De plus, il avait été prévu des entrées d'air très abondantes pour améliorer la dissipation d'énergie dans l'aspirateur.

A l'heure actuelle, on s'oriente de plus en plus vers le fonctionnement en déchargeur avec vanne aval. Ce fonctionnement, très calme, ne nécessite pas de précautions particulières. Lors de la mise en route, il faut contrôler les vibrations de la machine et les faux-ronds de la ligne d'arbre.

2.2. Hydraulique.

Le fonctionnement en déchargeur est un fonctionnement à l'emballement. Connaissant la colline d'emballement du modèle réduit, on peut en déduire un ordre de grandeur des débits transités en déchargeur. Lors de la mise en route, on peut explorer le fonctionnement à l'emballement pour de grandes ouvertures des pales et de faibles ouvertures du distributeur (fonctionnement type 11). La présence d'une vanne aval permet d'ausculter en plus l'emballement à grandes ouvertures du distributeur et des pales, sous chute réduite.

2.3. Matériel de régulation.

Les dispositifs de marche en déchargeur doivent agir sur le vannage (distributeur), les pales, le régleur, la vanne aval.

2.3.1. VANNAGE.

Lors d'un déclenchement avec passage en déchargeur, il faut interdire la fermeture du vannage en dessous d'une certaine valeur. Il existe pour cela diverses solutions :

- a) on peut régler les paramètres du régulateur de telle façon que le vannage ne ferme pas totalement sur déclenchement;
- b) on peut prévoir un limiteur de fermeture (analogue au limiteur d'ouverture) qui se met en place lors du départ en déchargeur;
- c) on peut bloquer l'évacuation de l'huile du cylindre ouverture des servomoteurs de vannage. C'est ce dernier système qui est de plus en plus employé à cause de sa simplicité.

2.3.2. PALES.

En fonctionnement normal, les pales copient une turbine sont les groupes motopompes à huile diaire d'une came. Lors du fonctionnement en

déchargeur, il faut mettre hors service ce dispositif par :

- a) servomoteurs déplaçant le levier flottant de commande des pales dans le cas d'une commande mécanique;
- b) suppression de la tension venant de l'asservissement du vannage et remplacement par une tension étalon dans le cas de commande électrique continue ou discontinue des pales.

2.3.3. RÉGLEUR.

2.3.3.1. Fonctionnement sans vanne aval :

Si le tachymètre reste en service et que le groupe tourne au synchronisme, il n'y a rien à prévoir.

On peut aussi envisager de laisser le tachymètre en service, mais de modifier la fréquence de consigne (action sur le dispositif de charge-vitesse).

On peut également ne pas toucher au réglage du tachymètre et ramener le dispositif de limitation d'ouverture de manière à avoir une vitesse de rotation hyposynchrone fonction de la chute.

2.3.3.2. Fonctionnement avec vanne aval :

La vitesse stabilisée est généralement hyposynchrone. Elle est contrôlée par la vanne aval. Donc le régulateur ordonne l'ouverture complète du vannage et des pales. Dans ce cas, il n'y a aucun ordre supplémentaire à donner au régulateur. On peut aussi appliquer ce fonctionnement à une turbine sans régleur.

2.3.4. VANNE AVAL.

La manœuvre de fermeture est ordonnée par la détection du départ en déchargeur. Son arrêt est déterminé par un relais détectant une certaine vitesse du groupe (par exemple 60 %).

Lors d'un fonctionnement de très longue durée, la vanne peut fermer lentement sur les fuites d'huile de son système de commande. On prévoit un deuxième relais réglé plus bas (55 % par exemple) qui mettra en route les motopompes de relevage de la vanne jusqu'à ce que la vitesse du groupe revienne à la valeur désirée.

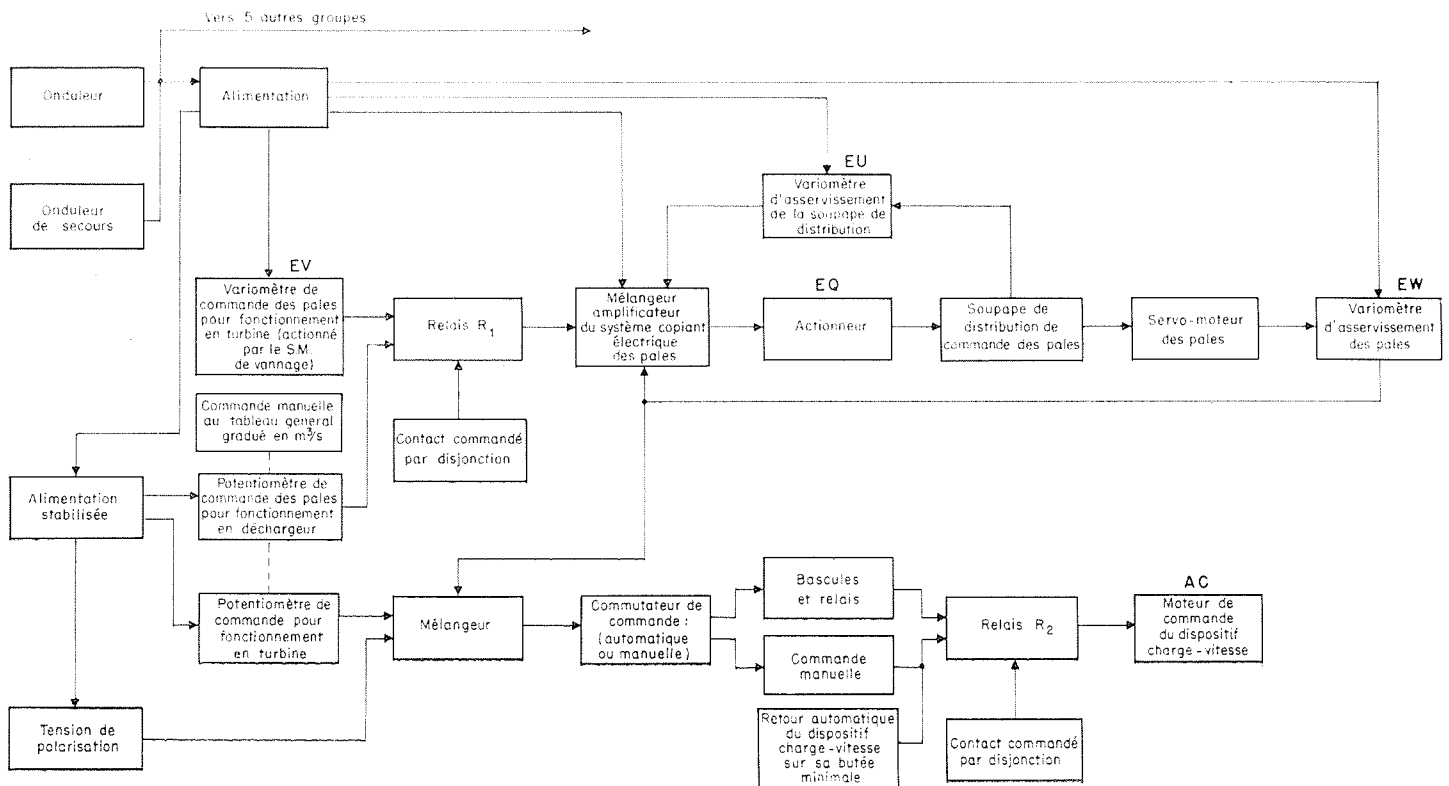
2.4. Auxiliaires - Alimentation.

Le fonctionnement des groupes en déchargeur peut se produire parfois dans une centrale totalement isolée du réseau électrique. Il faut, néanmoins, alimenter les auxiliaires essentiels de chaque groupe. Si les groupes en déchargeur tournent au synchronisme, on peut alimenter les auxiliaires en soutirage à 50 Hz. On peut aussi avoir recours à des alternateurs auxiliaires entraînés par turbines hydrauliques ou moteur thermique.

Il est cependant séduisant d'alimenter les auxiliaires de chaque groupe en soutirage. Si les groupes en déchargeur tournent à une vitesse hyposynchrone, il y a intérêt à réduire proportionnellement la tension pour disposer du même couple sur les moteurs.

Les principaux auxiliaires que l'on trouve sur une turbine sont les groupes motopompes à huile et à eau et les ventilateurs (cas des groupes bulbes).

2.4.1. Les groupes motopompes à huile sont en



4/ Beaucaire. Marche en déchargeur. Schéma synoptique.
Beaucaire. Sluice operation block diagram.

général du type à vis, donc à couple constant, ce qui ne pose pas de problèmes. Leur vitesse, donc leurs débits, sont réduits, mais cela est encore suffisant car :

- les groupes motopompes de régulation n'ont plus qu'à maintenir les fuites du circuit de régulation;
- les groupes motopompes de graissage sont généralement calculés pour les débits d'huile nécessaires au fonctionnement à l'emballement. Or, en déchargeur, on fonctionne en vitesse hypsynchrone et le débit d'huile réduit, fourni par la pompe est encore suffisant.

Pour les centrales de Beaucaire et de Strasbourg, la même pompe fournit l'huile de régulation et de graissage. En fonctionnement en déchargeur, le débit d'huile demandé par la régulation étant pratiquement nul, tout le débit de la pompe est utilisé au graissage.

2.4.2. Les groupes motopompes à eau servent en général à alimenter les circuits de réfrigération et d'arrosage de joints. Il s'agit généralement de groupes centrifuges. La réduction de leur vitesse entraîne une réduction sensible de leurs caractéristiques de refoulement, qui est compensée par la diminution des calories à évacuer. En effet, sur un groupe bulbe, les calories du circuit de graissage proviennent surtout de la butée. Sur un groupe horizontal, la charge de celle-ci est proportionnelle à la chute nette sur la turbine. Dans la marche avec vanne aval, cette chute est très réduite (10 % environ de la chute nominale). De plus, la vitesse

de rotation réduite entraîne aussi une diminution de l'échauffement.

Le seul problème un peu délicat est celui de l'arrosage des joints charbons qui nécessite une alimentation en eau à pression constante. S'il faut obligatoirement utiliser un groupe motopompe alimenté en soutirage, il faut avoir recours à divers artifices, tels que moteurs à deux vitesses, etc.

2.4.3. VENTILATEURS DE REFROIDISSEMENT DE L'ALTERNATEUR.

Comme pour les pompes centrifuges, la diminution de vitesse des ventilateurs entraîne une diminution notable de leurs caractéristiques. Heureusement, ceci coïncide avec la quasi-annulation de la charge du groupe et ne doit pas poser de problèmes.

Possibilités d'autorégulation d'un groupe bulbe en déchargeur avec vanne aval

Il peut paraître *a priori* délicat de confier l'alimentation des auxiliaires à un groupe fonctionnant en déchargeur avec vanne aval, et donc dépourvu de toutes possibilités de réglage rapide de vitesse. En effet, on pourrait envisager un réglage de vitesse par la vanne aval, mais les puissances de groupes de pompage nécessaires au relèvement de la vanne sont beaucoup trop importantes si l'on envisage des manœuvres rapides. Par contre, dans certaines limites de puissance, on peut se contenter de

l'autorégulation du groupe en vitesse, en profitant de la présence de la vanne aval.

En effet, supposons par exemple que l'on enclenche un groupe motopompe. Le groupe bulbe va ralentir, donc diminuer son débit. A chute nette constante, les courbes caractéristiques $N = f(n)$ ont des pentes très raides, ce qui est favorable.

Mais, de plus, le ralentissement du groupe entraîne un ralentissement du débit, donc une diminution de la perte de charge créée par la vanne et une augmentation de la chute nette sur la turbine.

Donc, grâce à la forme des courbes caractéristiques puissance-vitesse au voisinage de la puissance nulle et grâce à l'influence de la vanne aval, un groupe bulbe fonctionnant en déchargeur peut répondre à des variations de charge demandées par les auxiliaires, sans grand changement de sa vitesse. Ceci n'est évidemment valable que pour des variations de puissance relativement faibles.

Perfectionnements

Les dispositifs de marche en déchargeur doivent être automatisés de plus en plus. A l'heure actuelle, le départ des groupes en déchargeur est réalisé pratiquement toujours de façon automatique. Par contre, le retour du fonctionnement en marche normale, doit être provoqué manuellement. Il y a lieu de penser que

sous peu, le recouplage des groupes sur le réseau et l'effacement de la marche en déchargeur s'effectueront automatiquement.

On peut chercher aussi à asservir de façon plus poussée le fonctionnement en déchargeur aux conditions antérieures de fonctionnement en charge. C'est ainsi qu'à la demande de la Compagnie Nationale du Rhône, nous avons été amenés à étudier, pour la centrale de Beaucaire, le dispositif suivant (fig. n° 4).

En marche normale, le programme d'exploitation des groupes est fixé en débit, ce qui revient à réaliser un certain positionnement des pales.

En déchargeur, le groupe restitue un débit identique à celui qu'il passait en exploitation normale. Ceci n'est évidemment valable que dans les limites du fonctionnement en déchargeur.

En conclusion

Le fonctionnement des turbines en déchargeur est un développement récent des turbines de basse chute qui a déjà la sanction de l'expérience. L'appareillage nécessaire à sa réalisation se superpose à la régulation normale de vitesse sans compliquer beaucoup cette dernière. Par contre, ce fonctionnement procure une économie importante dans la réalisation des ouvrages. Aussi, il y a lieu de croire que son usage se généralisera sur les installations de basse chute.

Discussion

Président : M. WECKEL

M. le Président remercie M. MEGNIN pour la clarté de son exposé et souligne la part importante qu'il a prise dans la mise au point par le Département « Turbines Hydrauliques » de Ncyrcic de la marche en déchargeur, d'abord à l'usine de Pierre-Bénite (qui utilise une vanne aval à « fermeture rapide »), puis à l'usine en construction de Vallabrègues. Il ouvre ensuite la discussion.

M. MONTEIL demande quelles sont les considérations qui limitent la valeur du débit permanent restitué dans le fonctionnement en déchargeur. Il semblerait possible, en effet, au prix d'une légère survitesse permanente, d'obtenir un débit restitué plus grand, ce qui, dans certains cas, peut être intéressant. D'autre part, l'amplitude des intumescences étant directement liée à la valeur minimale atteinte par le débit en cours de manœuvre, il serait souhaitable que le débit permanent soit atteint sans passer transitoirement par une valeur inférieure.

M. MEGNIN répond que dans les conditions qui intéressent M. MONTEIL, le débit maximal admissible n'est limité que par des problèmes de cavitation, de bruit, et de tenue mécanique de la machine.

M. CAZENAVE précise ce point en se référant à la communication de MM. MARTIN et RASCALON : « *Fonctionnement en déchargeur des turbines de basse chute* » qui relate une série d'essais sur modèle réduit. Si l'on porte en ordonnées le débit Q en fonction de la chute effective H sur la roue, on obtient pour chaque calage des pales de cette dernière (25°, 30°, etc.), des droites parallèles à l'axe des H ; l'ordonnée Q de ces horizontales est tout d'abord d'autant plus

grande que l'ouverture des pales est elle-même plus grande. Mais, bientôt Q atteint une limite qui correspond à l'apparition des phénomènes de cavitation. En effet, en augmentant l'ouverture de la vanne aval, on augmente la vitesse de passage de l'eau au travers de la turbine et la cavitation se produit pour une valeur de celle-ci qui est fonction de l'ouverture des pales; la limitation du débit ne dépend plus alors de la chute H .

On peut montrer que dans un tel fonctionnement, la puissance dissipée P varie comme le cube du débit :

$$P = aQ^3$$

tandis que le débit Q est proportionnel à la vitesse de rotation n de la machine :

$$Q = b n$$

Ainsi à Pierre-Bénite, on a constaté que l'on pouvait fonctionner à un débit de 250 m³/s. Ce débit a cependant été limité à 200 m³/s, valeur largement suffisante pour les besoins de Pierre-Bénite.

Le « débit-limite » étant lié à l'apparition de la cavitation sera d'autant plus grand que la pression au droit de la roue — c'est-à-dire le niveau aval de restitution de la turbine — sera plus élevé. C'est ce qui permet de tabler sur un débit de 280 m³/s à Vallabrègues. Il faut noter en passant qu'il n'est pas très logique d'exprimer le débit en déchargeur sous la forme d'un pourcentage du débit nominal de la turbine; on peut en effet faire varier beaucoup ce rapport en faisant varier le calage de la machine. Il reste que la C.N.R. s'est toujours gardée de jouer sur ce

paramètre; le calage a toujours été adopté en fonction des besoins de la marche en charge.

Répondant à la question de M. MONTEIL, M. CAZENAVE remarque que lors d'un déclenchement, on ne peut éviter, dans un premier temps, de réduire le débit traversant la turbine si l'on veut empêcher que celle-ci n'atteigne sa vitesse d'emballement. Si la vanne est lente, le débit minimal ainsi atteint sera de 100 m³/s environ; entre temps, la vanne aval se ferme progressivement en même temps que s'ouvrent automatiquement le distributeur et les pales de la turbine; on arrive ainsi à évacuer, sans cavitation, ni vibration, 200 m³/s. A très court terme, l'intumescence produite correspond bien à la réduction du débit à 100 m³/s, mais à un peu plus long terme, le débit « rétabli » est de 200 m³/s, et c'est ce débit qui doit être pris en compte pour l'étude du remplissage de la retenue. En revanche, avec

une vanne rapide, la réduction initiale de débit peut être presque inexistante.

M. OSTERWALDER demande si la limitation du débit est toujours due à l'apparition de la cavitation; n'est-il pas possible d'introduire de l'air comme on le fait dans les turbines Francis?

M. CAZENAVE répond que cette introduction d'air est rarement possible en quantité suffisante, compte tenu du calage de la roue dans les turbines de basse chute. Au surplus, lorsqu'on fonctionne avec vanne aval, cette introduction devient absolument impossible.

M. le Président clôt la discussion en félicitant à nouveau M. MÉGNINT et aussi M. CAZENAVE pour ses intéressantes interventions.

Abstract

Sluice operation with power plant bulb or Kaplan turbines

by L. Mégnint *

The two purposes of sluice or relief operation are as follows:—

- a) To reduce wave build-up in canals after a power set cuts out.
- b) To put part of the flow through the power set where the electricity produced cannot be got rid of.

A series of devices designed to put plant on sluice operation during and immediately after the transient phase and during the steady operation phase are described, first showing the sequence of operations for the various items of governor equipment in the following cases:—

(i) Sluice operation without a downstream gate, with a definite combined operating relationship between guide vane opening and runner blade angle, and if necessary with the power unit remaining under speed governor control;

(ii) Sluice operation with a downstream gate and an automatic gate in the draught tube. In this case the guide vanes and runner blades are set wide open and the operating speed is generally below the synchronous speed;

(iii) On-cam sluice operation of turbines with relief sluice gates by the power station. In some cases it is necessary to pass nearly all the turbine flow before the power units cut out, after which part of the flow goes through the turbines in sluice operation and the rest through gates.

The equipment required for these various types of operation is described, also special requirements connected with sluice operation, such as supplying flow to auxiliary equipment and speed-governing. Specific improvements planned for plants under construction are mentioned.

* Ingénieur aux Ets Neyrpic.