

Les essais de robinetterie au centre EDF des Renardières

Tests of valvegear at the EDF centre at les Renardières

H. Hallé

Chef du Département Technologie des Composants,
Direction des Études et Recherches,
Électricité de France. Les Renardières

Position du problème

La robinetterie a été longtemps considérée comme un élément accessoire, bien que nécessaire, des circuits des centrales classiques ou nucléaires. Le responsable du choix et de la commande des robinets établissait et suivait, manuellement, d'interminables nomenclatures qui lui laissaient peu de temps à consacrer à la connaissance et au fonctionnement du matériel, l'essentiel étant que le tuyauteur dispose en temps voulu des robinets à monter sur les circuits. L'exploitant devait ensuite, bien sûr, s'accommoder du matériel en place, ce qui occupait ses fins de semaine, mais après tout, c'était son rôle et en fin de compte il était rare qu'une centrale classique fût arrêtée à la suite d'une défaillance de la robinetterie.

La mise en service des centrales nucléaires a modifié de façon fondamentale cette situation : la complexité accrue des circuits avec ses conséquences évidentes sur le nombre des robinets, les exigences de bon fonctionnement entraînées par des impératifs de sûreté de plus en plus sévères, les difficultés d'entretien liées à la contamination des circuits constituent les causes essentielles de cette évolution.

Une tranche PWR de 900 MW contient environ 10 000 robinets caractérisés par une extrême diversité :

– diversité de types : vannes à sièges parallèles ou à opercules blocables, robinets à soupape, clapets anti-retour, vannes de réglage, soupapes de sûreté, vannes papillons, robinets à membrane, robinets à tournant... Encore faut-il noter que sous chacune de ces appellations on rencontre des appareils qui peuvent différer notablement ;

– diversité, limitée, dans le matériau : acier inoxydable, acier au carbone, élastomères ;

– diversité dans les gammes de pression, du vide à 170 bar ;

– diversité dans les diamètres, de 10 mm à 400 mm et plus ;

– diversité dans les types de commande : manuelle, pneumatique, électrique ;

– diversité enfin dans la sollicitation : tel robinet sera normalement ouvert, tel autre normalement fermé, tel appareil aura à effectuer quelques manœuvres par an, tel autre plusieurs manœuvres par jour, etc.

Il faut remarquer que dans la plupart des cas il ne s'agit pas de matériel vraiment nouveau dans sa conception. Dès lors on ne devait pas s'attendre à rencontrer de problème sérieux, hormis peut-être ceux liés à l'accroissement des quantités à approvisionner, difficulté non spécifique de ce matériel.

Aussi les premiers rapports émanant de centrales en démarrage vers la fin des années 60 et faisant état de difficultés non rencontrées jusqu'alors n'entamèrent-ils pas la confiance habituellement accordée à la robinetterie. Pourtant, dans les années qui suivirent, les statistiques d'incidents publiées, particulièrement aux Etats-Unis, confirmaient le rôle joué par la robinetterie dans les indisponibilités des tranches nucléaires. Le tableau ci-dessous [1] qui se rapporte à l'ensemble du parc PWR américain ($P > 400$ MW) pour la période allant de mai 1974 à avril 1978 est significatif.

Classement des matériels					
en nombre d'incidents			en indisponibilité résultante		
1	Robinetterie	18,4 %	1	Echangeurs de chaleur (dont GV 12,6 % – poste d'eau 3,4 %)	16 %
2	Echangeurs de chaleur (GV et poste d'eau)	8,7 %	2	Turbine et ses auxiliaires	8,1 %
3	Pompes	7,9 %	3	Pompes	7,4 %
4	Unités électroniques	5,2 %	4	Robinetterie	5,6 %

On retiendra de ces chiffres le rôle important joué par la robinetterie en matière d'indisponibilité des centrales. En outre la première place occupée par ce matériel en nombre d'incidents a été jugée préoccupante sur le plan de la sûreté.

Ces constatations ont fait apparaître indispensable à EdF une action visant à améliorer la fiabilité de la robinetterie destinée aux centrales nucléaires en projet. On a donc cherché le moyen d'obtenir un haut niveau de qualité caractérisé par trois exigences fondamentales :

- absence de fuites vers l'extérieur ;
- étanchéité amont-aval satisfaisante ;
- obéissance aux ordres d'ouverture et de fermeture.

Actions engagées

Les actions engagées découlent de l'examen du processus qui va du choix d'une robinetterie à sa mise en service dans une centrale, processus qui peut être schématisé de la façon suivante, en ne retenant que les phases essentielles :

choix → commande → fabrication → montage sur site → mise en service

Les failles qui dans ce dispositif peuvent conduire à la mise en place d'un robinet défectueux se situent principalement à deux niveaux, choix et fabrication :

- l'erreur au niveau du choix peut revêtir deux formes :
 - . le choix d'un matériel par ailleurs bien conçu, mais inadapté à la fonction ;
 - . le choix d'un matériel de type bien adapté à la fonction mais mal conçu ;
- la déficience au stade de la fabrication peut avoir de multiples causes et revêtir des aspects variés mais conduit toujours au même résultat : la livraison d'un robinet — bien ou mal choisi — mais assurément de mauvaise qualité.

On remarquera que ces causes de défaillances sont en série : il importe donc d'agir sur chacune d'elles de façon efficace. Les actions-clés qui se dégagent à ce stade de la réflexion sont ainsi les suivantes :

- *l'étude de la fonction*, qui est indispensable à l'exercice d'un choix judicieux ;
- *la qualification* de matériels adaptés aux différentes fonctions rencontrées ;
- la mise en place d'un *contrôle de fabrication* efficace ;
- la mise en place d'un *contrôle du produit terminé* qui doit permettre de déceler d'éventuelles lacunes des actions "amont".

Il est apparu que des essais en conditions réelles pourraient apporter une contribution essentielle aux actions relatives à la qualification et au contrôle du produit terminé, ce qui a conduit EdF à se doter de moyens d'essais appropriés et à engager l'effort correspondant.

Définition des essais

On a été amené à distinguer deux catégories principales d'essais :

— *essai de qualification* : C'est l'essai d'un matériel avant appel d'offres en vue de connaître son aptitude à un service bien défini. L'objectif poursuivi est de disposer d'un catalogue de robinets qualifiés couvrant l'ensemble des besoins. Le matériel qui fait l'objet d'un essai de qualification peut être un appareil de série ou un prototype : dans ce dernier cas il est important de s'assurer qu'il est bien représentatif de ce que sera une série ultérieure (mode d'élaboration du corps par exemple) ;

— *essai de conformité* : C'est l'essai d'un matériel préalablement qualifié (ou validé comme indiqué au § suivant), effectué sur un robinet prélevé sur une série avant expédition vers la centrale à laquelle il est destiné. L'objectif est de s'assurer de sa stricte conformité à l'appareil qualifié et de contrôler la permanence de la qualité de la fabrication. Compte tenu du nombre très important de robinets livrés, il est bien évident que cet essai n'a aucune valeur d'ordre statistique ; — l'essai de validation est un cas particulier de l'essai de qualification : c'est le premier essai d'un matériel déjà commandé qui n'a pas subi d'essai de qualification et qui est en cours de livraison ou même en service. Il est moins sévère que l'essai de qualification et s'attache à vérifier l'aptitude du robinet à fonctionner dans les conditions réelles pour lesquelles il a été commandé ;

— enfin, bien des essais particuliers n'entrent dans aucune des catégories précédentes ; ce sont en général des essais d'investigation sur les possibilités d'un robinet ou des essais visant à étudier un aspect particulier du fonctionnement.

En quoi consiste un essai

Tout essai des types définis ci-dessus est mené selon une procédure qui a maintenant fait ses preuves et que l'on peut schématiser par les trois phases essentielles explicitées ci-après.

1. — Le souci de caractériser parfaitement le matériel (ne pas essayer une "boîte noire") conduit à effectuer un contrôle métrologique et d'aspect complet : le robinet est entièrement démonté dans l'atelier du fabricant, toutes les cotes fonctionnelles sont vérifiées ainsi que les jeux, la qualité des usinages et de la fabrication en général : en bref on vérifie que l'appareil est bien conforme aux plans et qu'il est fabriqué selon les règles de l'art. Ce contrôle effectué par un technicien EDF suppose que le fabricant ait au préalable remis l'ensemble des plans de détail de fabrication et que ce dossier soit ensuite conservé pour permettre une vérification ultérieure ; la simple consultation des plans dans l'usine du fabricant au moment du contrôle est insuffisante. Ensuite le robinet est remonté et fait l'objet d'essais statiques, chez le fabricant : épreuve hydraulique, étanchéités interne et externe, manœuvrabilité, couple de manœuvre. Si le résultat du contrôle et des essais statiques est positif, le robinet est plombé avant expédition pour essais.

2. — *Essais en boucle* : Il s'agit de soumettre le robinet, en un temps court (quelques jours au maxi-

mum), à un ensemble de sollicitations qui soit comparable à la somme de celles qu'il subira — sinon dans la vie de la centrale — du moins pendant un temps nettement supérieur à l'intervalle acceptable entre deux révisions.

En fait un essai court ne peut intégrer totalement le facteur temps mais on estime que l'essai est suffisamment sévère pour révéler tout défaut de conception ou de fabrication qui pourrait être préjudiciable en service.

L'essai consiste à insérer le robinet dans une boucle d'essai aux conditions de pression, température, débit et Δp réelles de fonctionnement et à lui faire subir des cyclages ouverture-fermeture (1 500 pour qualification, 500 pour validation ou conformité). Il peut aussi être soumis à des chocs thermiques selon ses conditions de fonctionnement.

3. — *Expertise* : Après l'essai en boucle, on reprend tous les essais statiques indiqués en 1. de façon à apprécier la dérive ou la détérioration des performances. Ensuite le robinet est démonté et examiné de façon à détecter toute amorce de détérioration. Bien sûr si des anomalies ont été décelées pendant les essais ou lors de l'examen, on en recherche les causes et on discute avec le fabricant des remèdes possibles. Le fabricant est d'ailleurs toujours présent à l'expertise et, s'il le souhaite pendant les essais eux-mêmes.

Cette expertise, complétant les constatations qui ont pu être faites lors du contrôle initial et pendant l'essai en boucle, permet de se prononcer sur l'acceptabilité du matériel.

Les boucles d'essai

Le tableau joint en annexe 1 indique les caractéristiques des boucles d'essais opérationnelles aux Renardières. On voit que ces boucles permettent de couvrir le domaine de pression et température des circuits d'eau des centrales PWR, les valeurs les plus élevées correspondant à celles du circuit primaire principal (165 bar 300°C).

Chaque boucle est constituée d'un circuit fermé sur lequel est disposé le robinet à essayer et comprenant les différents organes nécessaires : pompe, réchauffeur, réfrigérant, système de pressurisation.

Deux installations sont particulièrement remarquables parmi les 8 boucles existantes :

- l'ensemble GB1-GB2 ("grandes boucles") comprend deux boucles identiques qui peuvent être jumelées pour doubler le débit ou pour réaliser des chocs thermiques (une boucle chaude, une boucle froide) ;

- la boucle PB ("petite boucle") qui permet, pour les petits diamètres, d'appliquer au robinet en essai une différence de pression de 150 bar pendant la manœuvre d'ouverture, ce qui est très sévère pour le matériel. Cette boucle permet en outre, sur la phase vapeur du pressuriseur, des essais de soupape de sûreté ou de décharge.

A l'exception de la boucle Coccinelle qui est en acier au carbone, toutes ces boucles sont construites en acier inoxydable. Elles sont alimentées en eau déminéralisée et traitée, les boucles GB et PB comportant en outre

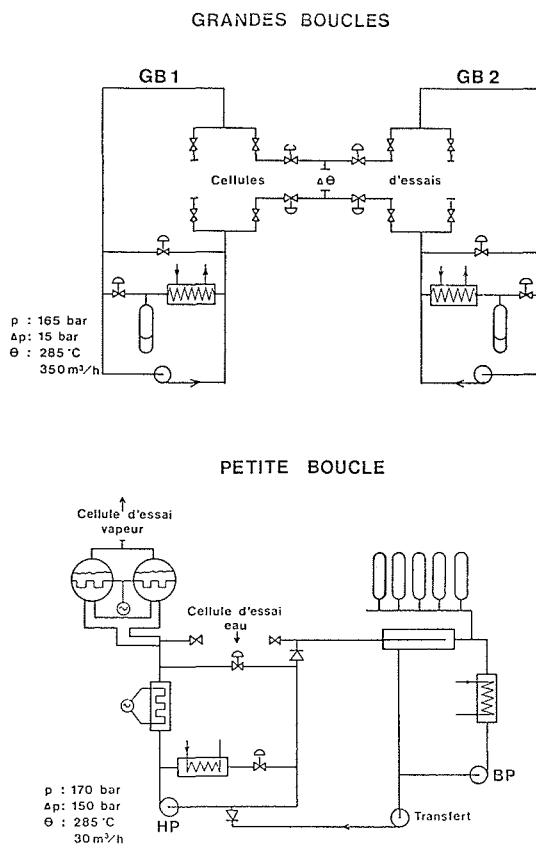


Figure 1

la possibilité d'être remplies en eau borée. Elles sont entièrement automatiques, la présence d'un opérateur étant davantage liée au suivi de l'essai qu'à la conduite des boucles.

Bilan des essais effectués depuis 1976

Le tableau joint en annexe 2 donne un bilan des essais en indiquant leur répartition par type d'essai et les résultats obtenus. Ces chiffres recouvrent en réalité une grande diversité de cas dans la nature et dans les résultats des essais : ils ne sont à considérer qu'en fonction des grandes tendances qu'ils permettent de dégager.

Ce tableau appelle quelques remarques :

- l'importance relative des essais de validation traduit le fait que la quasi-totalité de la robinetterie des tranches PWR 900 MW a été commandée sans qualification préalable ; on s'est efforcé lors des premières fabrications d'engager les essais de validation les plus urgents ;
- pour les mêmes raisons — et on peut dire par définition — aucun essai de conformité n'a été fait avant 1978 ;
- on note une assez remarquable constance dans les résultats, ce qui est assez normal compte tenu qu'aucune action susceptible de porter des résultats à court terme n'a été entreprise entre 1976 et 1979. Une analyse plus fine (non présentée dans ce tableau) montre que les résultats sont assez voisins selon les types d'essais à l'exception cependant d'un taux de refus moins élevé

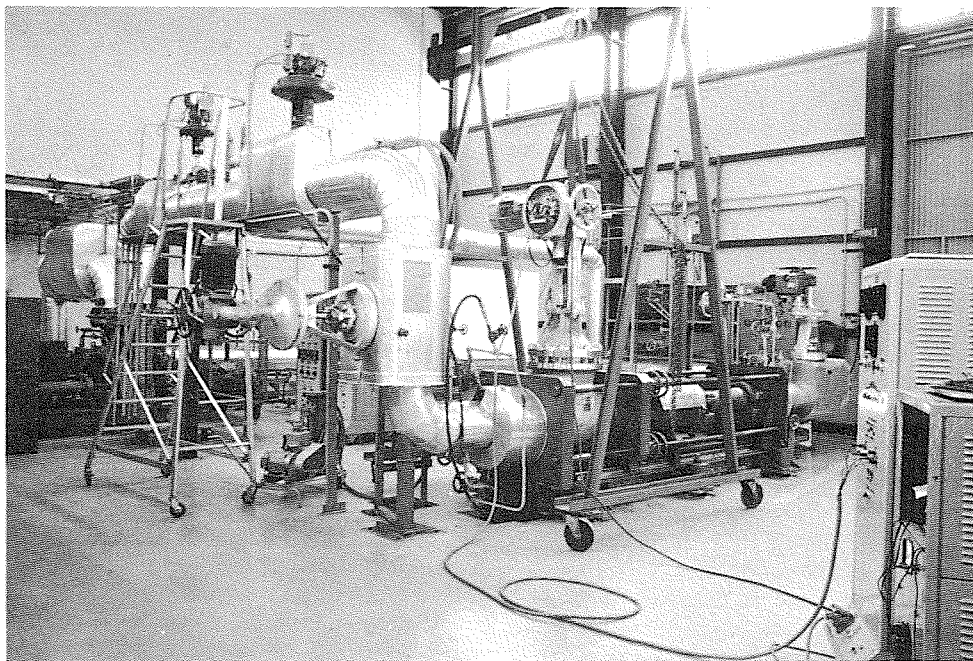


Figure 2

pour les essais de conformité (1 refus sur 12 en 1978 et 2 refus sur 13 en 1979) ;

— les anomalies relevées lors des contrôles métrologiques ou des essais statiques chez le fabricant n'apparaissent pas sur ce tableau. Il est cependant assez fréquent que plusieurs appareils doivent être présentés avant d'aboutir à un résultat positif, ceci sur des robinets prêts pour expédition.

Deux résultats importants sont à mettre à l'actif des essais, même s'ils ne sont pas mis en évidence par des résultats chiffrés :

— l'élimination sur de nombreux matériels de défauts qui auraient sans nul doute provoqué des incidents en fonctionnement ;
— la prise de conscience par les principaux robinetiers de la nécessité et de la possibilité d'amélioration de leur propre matériel.

Les défauts significatifs le plus fréquemment rencontrés relèvent dans des proportions voisines d'une conception mal étudiée et d'une fabrication défectueuse :

— jeux insuffisants, ou trop importants (conception) ;
— surfaces de frottement inadaptées, en particulier pour les guidages (inox/inox par exemple) ;
— jeux hors tolérances (fabrication) ;
— presse-garniture mal conçu ou mal dimensionné ;
— garnitures non adaptées, mise en œuvre inefficace ;
— corrosion de tige par les garnitures.

Ces défauts se manifestent le plus souvent par une fuite amont-aval (étanchéité interne), ou par une fuite à la tige (étanchéité externe) ou même par un blocage ou un refus de manœuvre. Il est arrivé qu'une tige de robinet casse à la troisième ouverture !

Signalons enfin que dans un domaine que nous n'avons pas abordé ici, celui des soupapes de sûreté, des

essais ont été engagés récemment sur l'installation EDF INDIRA à Chatou (Division Eau-Vapeur). Ces essais ont mis en évidence l'inaptitude des soupapes de sûreté classiques à fonctionner en eau dans des conditions acceptables. Une analyse fine est nécessaire mais il est très probable que ces difficultés ont leur origine dans le couplage fluide incompressible/équipement mobile élastique de la soupape.

Conclusions — Enseignements tirés

Il serait bien hardi de formuler des conclusions au moment où les premières tranches concernées par l'action engagée dans le domaine de la robinetterie sont tout juste en train de démarrer.

Aussi nous bornerons-nous à quelques réflexions qui nous sont suggérées par ce que nous avons vu de la robinetterie.

Première réflexion : en l'absence d'une action énergique du client utilisateur, la robinetterie normalement mise à disposition par l'industrie est de qualité médiocre et souvent inadaptée au service qui l'attend. La plupart des défauts qui ont été évoqués relèvent des règles de l'art et seraient évités par une analyse sérieuse au niveau de la conception et par un minimum de soin apporté à la fabrication.

Deuxième réflexion : il n'y a aucune raison pour que cette situation subsiste, à partir du moment où la volonté des deux parties, fabricant-client, tend à obtenir un matériel de qualité satisfaisante.

Troisième réflexion : les essais ne sont pas une panacée ; ils ne peuvent se substituer à l'étude de fonction préalable au choix ni au contrôle de fabrication.

Enfin, une *dernière réflexion* doit être faite au sujet de la population des robinets : s'il y a quelque 10 000 robinets

Discussion

Président : M. P. BERGERON

M. le Président. — Cette communication met en évidence le rôle prépondérant et l'importance que la robinetterie a pris dans les Centrales Nucléaires et qui justifie l'intérêt industriel de cette Session.

Je remercie M. HALLE. M. HALLE a certainement intéressé les Constructeurs de robinetterie, présents dans la salle, et dont certains d'ailleurs doivent faire des communications sur le sujet.

Cette communication met aussi en évidence la collaboration particulièrement efficace qu'apporte l'EDF aux constructeurs dans le but de l'amélioration de leur matériel.

Qui désire poser une question ?

M. LEPHILIBERT. — Il faut observer que, lorsqu'on fournit la robinetterie pour un procédé, qu'il soit énergétique — comme les centrales nucléaires ou thermiques — pétrochimique ou chimique, l'investisseur consacre environ 1 à 2 % à la robinetterie. L'exploitant constate, un peu plus tard, que le nombre de pannes dues à la robinetterie est de 10 à 20 % des pannes totales. Je crois que ce chiffre a été confirmé par M. HALLE. Il constate aussi que les heures de maintenance en robinetterie représentent 30 à 50 % des heures de maintenance totales.

Il me manquait un quatrième tableau donnant les temps d'indisponibilité du procédé dus à la robinetterie. On a vu que, pour les centrales nucléaires, il était à peu près de 6 %. Ces données traduisent une sous-estimation, au moment de l'investissement, de ce qui va se passer plus tard. C'est là une attitude absolument générale. Malheureusement, au moment de la commande, les considérations techniques s'effacent généralement devant les considérations purement mercantiles. La notion de coût total est presque toujours négligée, seul est pris en compte le coût d'investissement.

Une prise de conscience de ces faits est nécessaire chez les investisseurs au moment du choix de la robinetterie. Ce choix ne peut se faire qu'avec quatre données.

En général, les données industrielles courantes se limitent aux conditions d'exploitation du fluide, pression, température. On oublie trop souvent trois autres données fondamentales :

Les conditions de l'environnement : il est absolument évident que, pour un robinet placé au bord de la mer ou placé dans une zone sismique ou placé en température, dans des conditions d'ambiance difficiles, il faut prendre en compte ces conditions.

On oublie généralement le troisième point : les conditions de maintenance, sous deux aspects : les possibilités d'accès, par exemple, les interventions systématiques, et la qualification du personnel.

Il est donc impossible de choisir un robinet fondamental pour un procédé sans avoir écrit les quatre conditions très précises de sa conception et de son exploitation, c'est-à-dire les conditions liées au fluide, à l'environnement, à la nature de la maintenance adoptée et à la qualification du personnel.

Je rejoins M. HALLE quand il dit que la robinetterie est en général fournie avec une qualité insuffisante, mais je précise que nous, techniciens, en subissons également les conséquences, faute d'un bon cahier des charges initial.

M. le Président. — Y a-t-il encore une intervention ?

M. LEMOINE. — Des modifications profondes ont été apportées à la conception et à la réalisation des matériels. A titre d'exemple, pour un même service (poste d'eau BP et HP des Centrales PWR) les prix unitaires des robinets à soupape en acier ont été multipliés par un facteur de 4 à 6 (selon les tailles) entre Fessenheim en 1973 et les Centrales du programme 1977. N'est-ce pas passer d'un excès à l'autre ?

M. le Président. — L'horaire m'oblige à interrompre cette discussion sur la remarque intéressante de M. LEMOINE.