

Zeitschrift: Revue économique franco-suisse
Herausgeber: Chambre de commerce suisse en France
Band: 55 (1975)
Heft: 3

Artikel: Les groupes turbo-alternateurs pour centrales nucléaires à eau légère
Autor: Widmer, Maurice
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-886812>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. [Voir Informations légales.](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. [See Legal notice.](#)

Download PDF: 14.03.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

Les groupes turbo-alternateurs pour centrales nucléaires à eau légère

Devant l'augmentation très importante du prix des combustibles fossiles, et la crainte de difficulté d'approvisionnement, la plupart des pays ont mis en place un important programme de construction de centrales nucléaires.

La filière à eau légère et uranium enrichi a été choisie pour la plupart d'entre elles.

Les puissances thermiques proposées par les constructeurs de réacteurs correspondent actuellement à la gamme suivante des puissances pour les groupes turbo-alternateurs :

- 600 à 650 MW,
- 1 000 à 1 100 MW,
- 1 250 à 1 350 MW.

L'accroissement des puissances unitaires et le passage à un nouveau type de matériel, se sont accompagnés d'un certain nombre de problèmes nouveaux qui vont être examinés.

Alors que dans les centrales conventionnelles à combustible fossile la vapeur à haute pression est surchauffée aux environs de 540° C, la vapeur à la sortie de la chaudière nucléaire est saturée et a une pression comprise entre 60 et 75 bars.

Les turbines sont à une ligne d'arbres avec 1 corps haute pression et 2 ou 3 corps basse pression.

On obtient à l'amont des corps basse pression les mêmes caractéristiques de vapeur que pour les turbines des centrales conventionnelles en séchant, puis en resurchauffant la vapeur après détente dans le corps haute pression par de la vapeur prélevée à l'admission de la turbine.

Les problèmes de construction des turbines sont liés essentiellement à la détente en vapeur humide dans le corps haute pression et au gros débit spécifique de vapeur dû au mauvais rendement thermique du cycle vapeur.

A égalité de puissance aux bornes, pour un cycle à eau légère, le débit-masse de vapeur à l'admission est de l'ordre du double et le débit-masse de vapeur à l'échappement est supérieur d'environ 50 % des débits correspondants des cycles classiques.

Un problème va donc se poser dans le cas des centrales nucléaires à eau légère : celui de la section d'échappement des turbines. Et ce problème se pose avec d'autant plus d'acuité que, pour des raisons économiques, les puissances retenues pour les centrales nucléaires sont plus élevées que celles retenues pour les centrales classiques, car le prix de la chaudière nucléaire est beaucoup plus sensible à l'effet de taille que celui des chaudières à combustible fossile.

L'augmentation du débit-masse pourrait être compensée par une augmentation de la pression à l'échappement. Cette solution n'est pas économique car la diminution de la puissance aux bornes qui en résulte conduit à une augmentation des dépenses spécifiques d'investissement et, par suite, du prix de revient du kWh.

Il est donc nécessaire que les constructeurs puissent proposer des turbines avec des sections d'échappement telles qu'elles puissent utiliser au mieux les sources froides associées et quelle que soit la puissance demandée.

L'accroissement de la section unitaire d'échappement est limité par les dimensions des dernières aubes mobiles et la contrainte centrifuge à laquelle elles sont soumises. Mais pour une même contrainte centrifuge, les sections limites sont inversement proportionnelles au carré des vitesses de rotation. A demi-vitesse, elles sont quadruples de celles possibles à pleine vitesse.

Ceci explique le développement des turbines nucléaires à demi-vitesse, en particulier aux Etats-Unis pour les réseaux à 60 périodes, où elles ont d'abord été proposées.

La figure 1 est une vue de la maquette d'un groupe turbo-alternateur de 1 250 MW à 1 800 tr/mn, en construction dans les ateliers de la Compagnie Electro-Mécanique et de Creusot-Loire, pour la centrale nucléaire à eau pressurisée de Forked River aux Etats-Unis.

La commande de ce groupe a été prise en 1970, c'est-à-dire avant que le programme électro-nucléaire français ne soit définitivement fixé. Malheureusement, le délai d'exécution en a été progressivement retardé.

La vapeur provenant du réacteur se détend dans un corps haute pression à double flux (à gauche sur la figure). A la sortie de ce corps, elle est séchée puis resurchauffée dans deux appareils placés longitudinalement de part et d'autre de la turbine. Puis elle est introduite dans les trois corps basse pression.

Le débit-masse de vapeur à l'admission est de 2 015 kg/s. La vapeur, à 59 bars, est saturée. Les orifices des 4 soupapes ont un diamètre de 450 mm.

La section totale axiale d'échappement des 3 corps basse pression est de 98 m².

La longueur du groupe turbo-alternateur est de 70 mètres.

La masse de l'arbre haute pression est de 73 tonnes, celle de chacun des arbres basse pression est de 210 tonnes et la masse totale de l'ensemble de la ligne d'arbres turbine et alternateur est de 950 tonnes.

Pour les réseaux à 50 périodes, il est possible d'offrir des turbines, soit à 3 000 tr/mn, soit à 1 500 tr/mn. Les sections d'échappement, avec 3 corps basse pression, peuvent atteindre respectivement 70 et 150 m².

Le choix se porte en général sur des turbines à 3 000 tr/mn dans le cas où le système de réfrigération se fait en circuit fermé avec tour humide. Un certain nombre d'unités dans la gamme des trois puissances mentionnées sont en étude ou en construction dans le groupe Brown Boveri.

Electricité de France a porté son choix sur des réacteurs d'une puissance électrique de 1 000 et 1 350 MW.

Les centrales sont prévues avec réfrigération directe en hiver, éventuellement sur tour humide en été.

Par souci de normalisation, la dimension des flux basse pression sera la même pour les deux variantes. Les turbines de 1 000 MW ont deux corps basse pression et les turbines de 1 350 MW en auront trois.

La vitesse a été choisie à 1 500 tr/mn.

La dimension des échappements permettra de profiter au mieux des basses températures des eaux de circulation en hiver.

Les problèmes spécifiques concernant la construction des turbines à vapeur saturée sont liés :

- pour le corps haute pression, à la qualité de la vapeur,
- pour les corps basse pression, à l'accroissement de leurs dimensions.

La détente dans le corps haute pression s'y fait entièrement en vapeur humide à densité élevée. A l'échappement, la pression est de l'ordre de 8 à 12 bars et le taux d'humidité de l'ordre de 15 %.

Les érosions et corrosions qui pourraient en résulter sont évitées par élimination de l'eau de condensation dès sa formation au moyen d'un réseau efficace de purge, une construction appropriée et l'utilisation si nécessaire de matériaux à haute teneur en chrome.

Par suite de l'accroissement de leurs dimensions, une nouvelle conception des corps basse pression a dû être étudiée, afin de préserver les jeux entre parties fixes et arbres en rotation, malgré les déformations inévitables des enveloppes extérieures.

Les problèmes difficiles de fabrication et de transport ont été résolus en scindant l'enveloppe extérieure en plusieurs parties, les éléments étant assemblés ou soudés sur le chantier.

Les alimentations en vapeur des corps basse pression se font latéralement. Pendant les opérations d'entretien, pour avoir accès à l'arbre, il suffit de démonter les demi-couvercles supérieurs et les glisser latéralement, sans déposer au sol.

Les alternateurs, bipolaires ou quadripolaires suivant la vitesse de rotation choisie, ont un refroidissement direct des conducteurs.

L'eau est utilisée pour le refroidissement des barres du stator et des zones frontales, l'hydrogène pour le refroidissement des enroulements et des têtes de bobines du rotor et de toutes les autres parties de l'alternateur.

Au-delà d'une puissance de 1 300 MVA, les alternateurs à 3 000 tr/mn sont entièrement refroidis par fluide : les bobinages stator et rotor ainsi que les zones frontales, par circulation d'eau, le circuit magnétique et les plaques de serrage feuilletées par circulation d'huile à faible viscosité.

Il est ainsi possible, pour la gamme complète des réacteurs à eau légère actuellement proposée, de réaliser des groupes turbo-alternateurs soit à 3 000 tr/mn, soit à 1 500 tr/mn.

Pour une même puissance et une même section d'échappement les turbines ont sensiblement la même longueur, mais la largeur hors tout de la turbine est plus faible d'environ 20 % dans le cas des turbines à 3 000 tr/mn.

La masse totale est réduite d'environ 25 %.

La pièce la plus lourde à manipuler pendant les révisions, le rotor basse pression, a une masse d'environ 40 % de celui de la turbine à 1 500 tr/mn.

Pour l'alternateur, le poids d'un rotor à 4 pôles est plus du double de celui d'un rotor à 2 pôles de même puissance et le diamètre 1,5 à 1,6 fois plus grand.

Mais le choix de la vitesse de rotation dépend essentiellement de la source froide dont on dispose et des performances que l'on désire, compte tenu des conditions économiques d'investissement et d'exploitation propres à chaque installation.

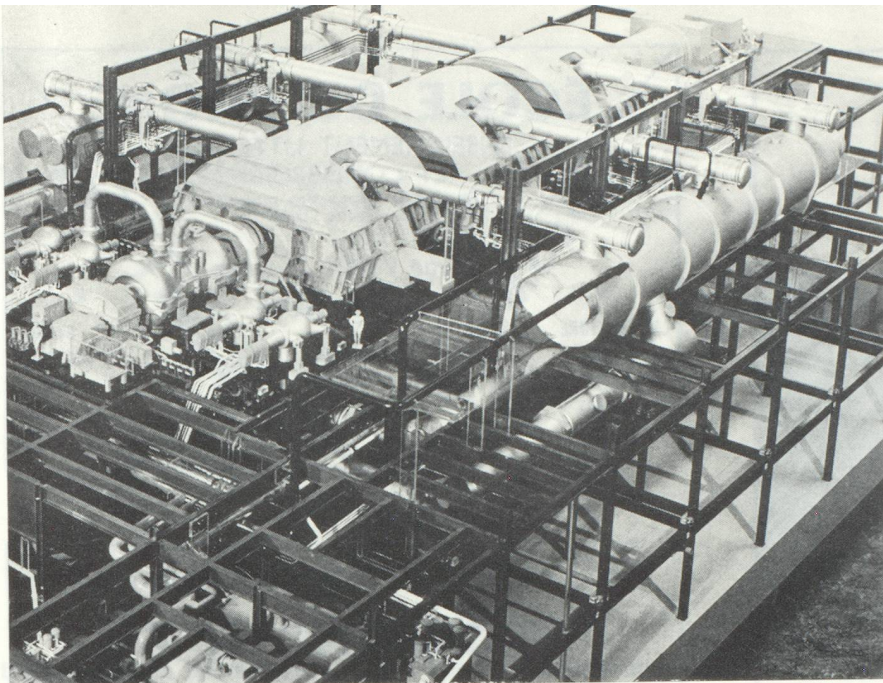


Fig. 1. — Maquette du groupe turbo-alternateur de 1250 MW à 1800 tr/mn, de la centrale nucléaire à eau légère de Forked River aux Etats-Unis.

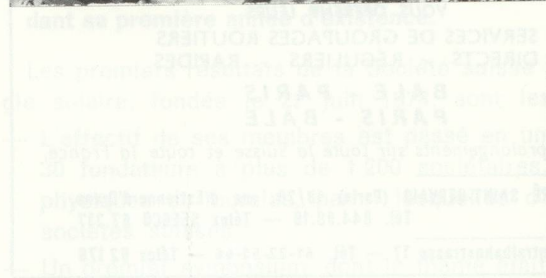


Fig. 2. — Un des trois arbres basse pression, avant ailetage.

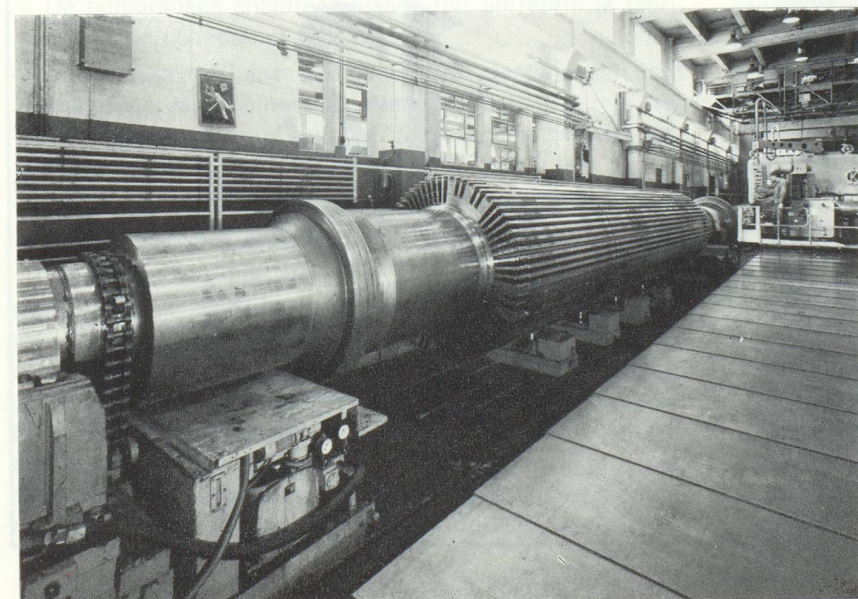
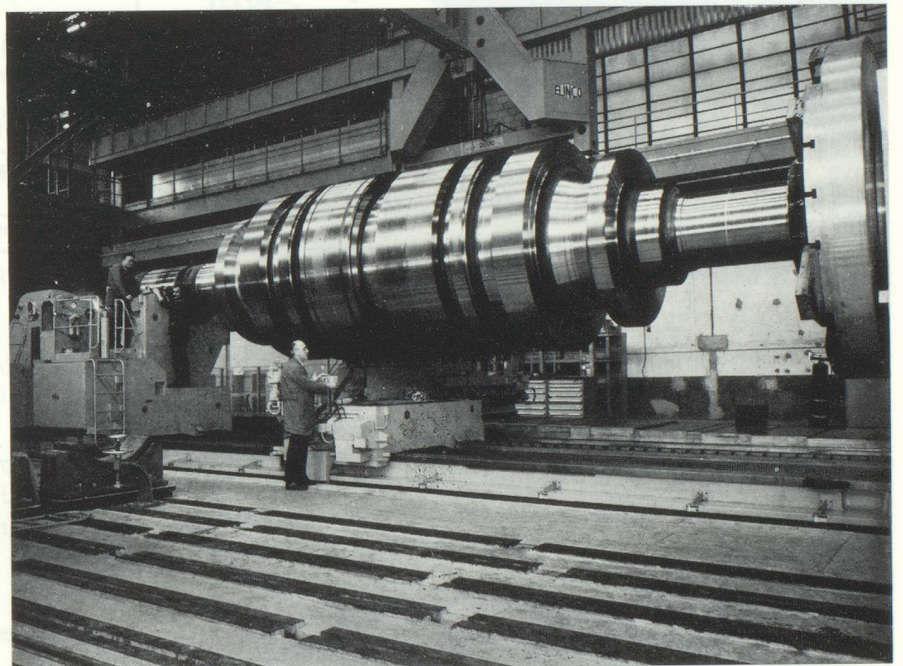


Fig. 3. — Rotor de l'alternateur en cours de rainurage.