

En 1974, avec la mise en service du premier réacteur à la centrale nucléaire de Kozloduy, la Bulgarie est devenue un des 20 pays qui étaient alors dotés d'énergie d'origine nucléaire. En 1985, Kozloduy a généré plus de 13 000 millions de kilowatt-heures, ce qui représente plus du tiers de l'électricité totale produite dans le pays. Quant à la part du nucléaire dans la production totale d'énergie électrique, la Bulgarie occupe un des premiers rangs, non seulement en Europe, mais dans le monde entier.

**Mise en service de la centrale**

La centrale nucléaire de Kozloduy constitue un des éléments les plus fiables et les plus stables du réseau énergétique bulgare. Le taux d'utilisation moyen de sa puissance installée dépasse 7000 heures par an. Construit avec l'assistance technique de l'URSS, Kozloduy a été le pionnier du nucléaire dans les Balkans.

La centrale comporte quatre tranches, toutes dotées de réacteurs du type WWER-440. La première étape de la construction a commencé en avril 1970. L'exploitation industrielle de la première tranche a débuté en septembre 1974 et celle de la deuxième en novembre 1975. Les troisième et quatrième tranches, qui correspondent à la deuxième étape, sont dotées de caractéristiques asismiques; elles ont été mises en service en janvier 1981 et en mai 1982 respectivement.

La durée totale des opérations de mise en service des réacteurs 3 et 4 se situe entre 210 et 240 jours, alors que les plans prévoient 360 jours. Cette importante réduction a pu être obtenue grâce au personnel des premières tranches mises en service, qui a participé aux opérations de démarrage des nouvelles tranches, ainsi qu'à l'assistance administrative et technique de l'équipe soviétique qui travaillait à la centrale de Kozloduy.

Outre la réduction de la durée des différentes étapes de mise en service, il a été possible d'abrèger fortement la durée des opérations de démarrage physique et énergétique, ainsi que le temps nécessaire pour atteindre la puissance nominale des diverses tranches. C'est ainsi qu'il a fallu 90 jours pour la montée en pleine puissance du réacteur 1, 39 jours pour celle du réacteur 2 et 27 jours pour celle du réacteur 3.

Les résultats des opérations de mise en service des quatre tranches, avec l'assistance administrative et technique directe des spécialistes soviétiques, ont confirmé le bien-fondé des principales options retenues pour la conception de la centrale et ont attesté la haute qualité de fabrication et le bon fonctionnement du matériel nucléaire soviétique mis en œuvre pour les tranches dotées de réacteurs de la filière WWER-440.

**Caractéristiques de fonctionnement**

La capacité totale de la centrale est de 1760 MWe, distribués au réseau par des lignes de transport de force de 220 et de 400 kV. La ligne de 220 kV Kozloduy-Craiova (Roumanie) sert à l'exploitation en parallèle du réseau bulgare et du réseau d'électricité unifié «Droujba» des pays membres du Conseil d'assistance économique mutuelle (CAEM).

L'exploitation fiable et sans danger de la centrale de Kozloduy pendant 10 ans témoigne de l'excellente qualité de fabrication et de la disponibilité technique élevée du matériel nucléaire soviétique. Etant donné les performances techniques et économiques de la centrale, on est pleinement fondé à déclarer qu'elle fonctionne de manière fiable, sûre et économique. Un vaste échange

**Consommation d'électricité en Bulgarie**

Année	Consommation brute d'énergie électrique		
	Millions de kilowatt-heures	Croissance moyenne annuelle (%)	Kilowatts par habitant
1945	401		58
1950	819	15,4	113
1955	2106	20,8	281
1960	4685	17,3	596
1965	10 232	16,9	1246
1970	19 407	13,7	2286
1975	28 860	8,3	3320
1980	38 667	6,0	4360
1985	45 925	3,5	5135

d'expériences entre ingénieurs soviétiques et bulgares, spécialistes du nucléaire, sur les plans scientifique, technique et administratif, a fortement contribué à l'exploitation sans danger de ces tranches, dotées de réacteurs de la filière WWER-440.

Sur la base de ces données, on peut conclure que le personnel de Kozloduy a acquis la pleine maîtrise de l'exploitation des centrales nucléaires équipées de réacteurs WWER-440 produits en série, dans les différentes conditions d'exploitation auxquelles doivent satisfaire les centrales du réseau bulgare (voir le tableau ci-joint, qui résume l'expérience acquise). Ce résultat a pu être obtenu grâce à la coopération avec les spécialistes soviétiques pour perfectionner la gestion et la maintenance des centrales, grâce à la formation continue du personnel, à la réduction du temps de chargement et de défournement du combustible, à l'optimisation des diagrammes d'exploitation, à la réduction des coûts de production, ainsi qu'à l'amélioration de la sûreté des installations.

**Amélioration du rendement et de la sûreté**

Un certain nombre de mesures administratives et techniques ont été adoptées pour améliorer le rendement des diverses tranches.\*

Une voie prometteuse s'ouvre pour améliorer la sûreté et l'économie des installations de Kozloduy: en effet, on a conçu un système de micro-ordinateurs, qui permettra une analyse plus poussée de toutes les

\* C'est ainsi qu'à la suite d'expériences visant à déterminer l'efficacité du système autonettoyant à billes dans les condenseurs de turbine K-220-44 du réacteur 3 en 1981, il a été décidé d'installer ce système dans les tuyauteries de tous les condenseurs de turbine (tranches 1 à 4) avant la fin de 1985. En vue d'accroître la fiabilité et la sûreté intégrée du matériel du circuit secondaire, on a analysé les résultats expérimentaux de la chimie de purification des eaux, introduite en 1981 (avec injection proportionnelle d'une solution d'hydrazine dans l'eau de condensation de la turbine K-220-44 du réacteur 1), et il a été décidé d'utiliser ce système dans les huit turbines des quatre réacteurs (1 à 4), ce qui a donné une concentration d'hydrazine de l'ordre de 150 à 200 µg par kg. On pourra ainsi réduire considérablement la concentration de produits et de dépôts de corrosion sur les surfaces des échangeurs de chaleur du circuit secondaire. En outre, on a commencé en 1981 à installer des filtres pour la purification intégrale à 100% de l'eau de condensation; cette mesure améliorera aussi la fiabilité et l'économie des réacteurs pendant toute la durée de leur vie utile.

caractéristiques nucléaires et de sécurité radiologique; ce système sert à surveiller le fonctionnement des installations, dans le cadre d'un système normalisé de surveillance et de contrôle de la centrale. Les premières expériences menées à l'aide de ce système bulgare ont permis de traiter les résultats des opérations de démarrage des réacteurs WWER-440; elles ont été réalisées avec succès en 1981-82 sur les panneaux de commande des réacteurs 3 et 4, qui représentent la deuxième étape de la centrale de Kozloduy.

D'autres perfectionnements seront apportés à la sûreté des installations, tels que la mise au point et l'extension du système automatisé de mesure dans le cœur du réacteur, l'étude d'un système automatisé de surveillance dosimétrique et radiochimique, ainsi que la formation du personnel sur des simulateurs pour l'exploitation des réacteurs des filières WWER-440 et WWER-1000.

### Emission de rayonnements

Pendant toute la période de fonctionnement de la centrale, les niveaux de radioactivité, tant dans les bâtiments de la centrale que dans l'environnement, sont restés très inférieurs aux valeurs maximales admissibles fixées par les normes de santé et de sécurité. Les rejets annuels de gaz et d'aérosols par la cheminée ne dépassent pas les valeurs maximales admissibles prévues pour une période de 7 à 10 jours. Il est intéressant de relever ici que, pendant les journées de mars 1977, qui ont suivi le séisme en Roumanie, les niveaux d'irradiation dans les bâtiments de la centrale nucléaire et dans son environnement sont demeurés inchangés, pendant que les deux réacteurs de la première étape continuaient à fonctionner à 100% de la puissance nominale.

Un système automatique spécial de protection contre les séismes, fondé sur l'arrêt d'urgence du réacteur à un niveau déterminé d'activité sismique, a été conçu et appliqué à Kozloduy.

### Accroissement prévu de la part du nucléaire

Le développement du nucléaire en Bulgarie est étroitement lié à une tendance à la concentration des capacités, qui est un indicateur caractéristique du progrès technique sur le plan du génie énergétique. En 1987, la capacité installée de la centrale de Kozloduy atteindra 3760 MWe. La cinquième tranche, équipée d'un réacteur WWER-1000, est presque prête au démarrage physique, et la sixième tranche est en cours de construction.

L'implantation du complexe nucléo-électrique de Kozloduy a été confirmée par décision du Gouvernement bulgare. Indépendamment de la centrale nucléaire, ce complexe comporte entre autres un atelier pour la réparation du matériel de la centrale et pour la production de pièces de rechange et d'accessoires, un atelier centralisé pour la réparation du matériel du circuit primaire, un dépôt de stockage du combustible épuisé, un atelier de réparation et de fabrication d'instruments et d'appareils spécialisés de mesure et de réglage, ainsi qu'un centre de formation du personnel d'exploitation.

La politique de concentration continuera: la construction de la deuxième centrale nucléaire bulgare, d'une capacité installée de 4000 MWe, a commencé à Béléné. L'accord intergouvernemental soviéto-bulgare relatif à cette construction a déjà été signé. La Bulgarie a l'intention de produire, en l'an 2000, plus de 40% de son électricité dans des centrales nucléaires.

A mesure que la technologie du nucléaire se développe et qu'elle est assimilée, de nouvelles perspectives

### Principales caractéristiques techniques et économiques de la centrale nucléaire de Kozloduy, tranches 1 à 4

	1980	1981	1982	1983	1984
Puissance installée*	880	1320	1760/ 1540	1760	1760
Production d'électricité					
Tranche 1	3080	3066	2902	3069	2979
Tranche 2	3072	2912	3018	3177	2868
Tranche 3	13	3141	2875	2969	3383
Tranche 4	—	—	1951	3102	3505
Total	6165	9119	10 746	12 317	12 735
Facteur de charge**					
Tranche 1	83,80	83,42	79,17	83,50	80,74
Tranche 2	83,58	79,25	82,36	86,52	76,87
Tranche 3	—	85,46	78,44	80,63	90,16
Tranche 4	—	—	79,11	84,39	94,03
Valeur globale	82,13	82,71	79,83	83,76	85,47
Temps d'exploitation (pourcentage)					
Tranche 1	85,94	85,71	89,72	90,73	91,47
Tranche 2	82,71	81,68	88,40	91,62	84,98
Tranche 3	—	89,58	92,12	83,60	93,42
Tranche 4	—	—	—	92,64	93,79
Facteur de charge interne de la centrale (pourcentage)***					
Tranche 1	7,37	7,47	7,45	—	7,61
Tranche 2	7,13	7,31	7,60	—	7,50
Tranche 3	—	7,76	7,74	—	7,33
Tranche 4	—	—	7,58	—	7,21
Valeur globale	7,28	7,52	7,59	7,44	7,40

\* Moyenne annuelle, en mégawatts électriques.

\*\* Pourcentage de la puissance installée, par tranche de 420 MWe.

\*\*\* Y compris les périodes de démarrage et le temps de fonctionnement en puissance hors charge.

s'ouvrent pour son utilisation combinée et à des fins multiples dans divers secteurs de l'économie. Ce qui intéresse spécialement la Bulgarie, c'est l'implantation rapide d'installations nucléaires de chauffage urbain, qui revêtent une importance capitale pour améliorer le bilan des matières premières et du combustible.

De nombreux spécialistes bulgares ont pu développer leurs qualifications grâce aux possibilités que l'AIEA leur offre de participer aux manifestations qu'elle organise et de bénéficier d'une formation spécialisée.

