

Un terrain de collaboration riche de promesses

Le chauffage par le nucléaire dans les pays du CAEM

par A. Panasenkov, V.G. Sychev et K. Mensel

Les pays membres du Conseil d'assistance économique mutuelle (CAEM) utilisent largement le nucléaire pour la production d'électricité. La capacité installée des centrales nucléaires a atteint 25 000 mégawatts (MW) en 1983, ce qui représente une économie annuelle de 50 millions de tonnes d'équivalent en combustible.

Comme la production d'électricité représente de 20 à 25% environ des ressources en énergie, il est évident que les possibilités d'économiser le combustible fossile dans ce domaine sont assez limitées et que les économies en question ne dépasseront pas 10%, même à la longue.

Il existe un autre domaine, beaucoup plus large, de consommation des ressources énergétiques, à savoir le chauffage, qui absorbe jusqu'à 40% du combustible fossile, et là, de vastes possibilités s'ouvrent à l'emploi de l'énergie nucléaire.

Les pays membres du CAEM s'intéressent vivement depuis des années à ce nouveau domaine d'utilisation de l'énergie nucléaire qu'est le chauffage. Une analyse du bilan à long terme du combustible et de l'énergie effectuée dans de nombreux pays a nettement démontré la nécessité du recours au nucléaire pour satisfaire aux besoins du chauffage urbain et de l'industrie.

Un plan de collaboration

A sa 106^{ème} session (en 1983) le Comité exécutif du CAEM a décidé d'organiser une collaboration multilatérale entre les Etats membres du CAEM dans le domaine de la chaleur nucléaire. En exécution de cette décision, les Commissions permanentes du CAEM qui s'occupent de la collaboration en matière de production de courant électrique et des utilisations pacifiques de l'énergie atomique, la Commission intergouvernementale de collaboration pour la production de matériel pour centrales nucléaires, et l'organisme économique intergouvernemental Interatomenergo doivent soumettre en 1985 au Comité exécutif un projet d'accord. Cet accord portera sur la collaboration entre les Etats membres du CAEM dans les travaux scientifiques, techniques et conceptuels sur la chaleur nucléaire et les centrales électriques ainsi que sur les centrales de chaleur nucléaire destinées à produire de la vapeur à l'intention de l'industrie et à satisfaire les besoins de chauffage urbain dans la période de 1986 à 2000.

En exécution de cette décision, les Commissions ont, lors de leurs réunions ultérieures en octobre et

novembre 1983, adopté les procédures et le calendrier de l'établissement du projet d'accord de collaboration et du programme de production de chaleur nucléaire. Il faut également signaler qu'en même temps le Comité exécutif a décidé d'élaborer un programme de construction de centrales électriques nucléaires et de sources de chaleur nucléaire jusqu'en l'an 2000, compte tenu des possibilités d'approvisionnement en combustible nucléaire et de fourniture du matériel nécessaire.

Les divers systèmes à l'étude

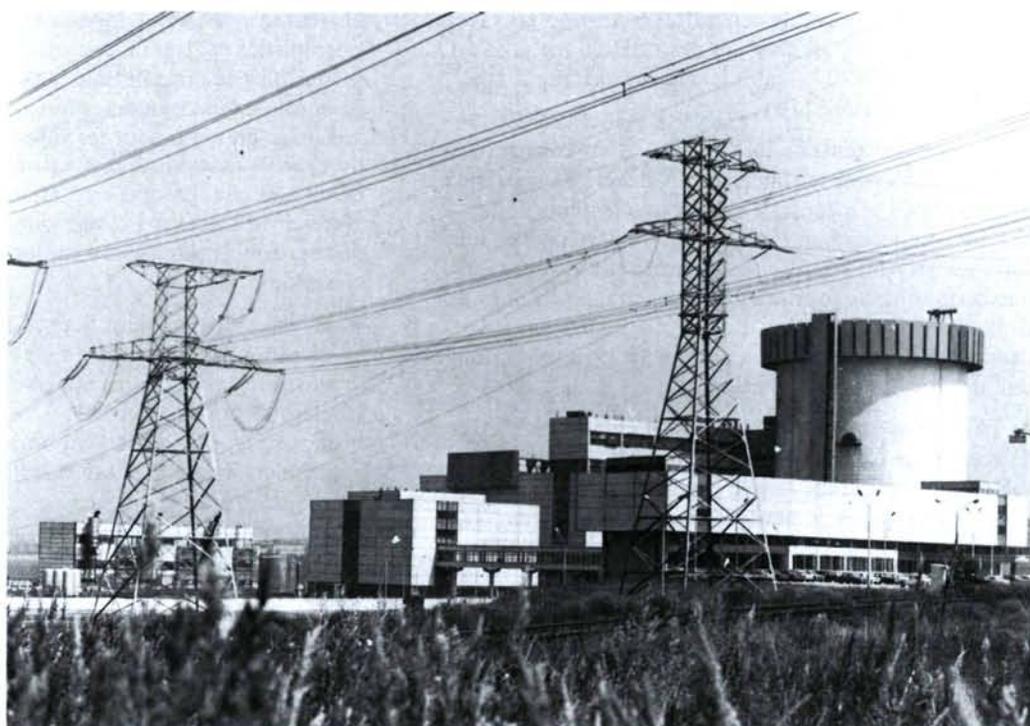
Nous nous trouvons donc au seuil d'une collaboration multilatérale dans le domaine de la chaleur nucléaire, collaboration qui s'étendra du développement scientifique et technique aux programmes de construction. A cet égard, il est bon d'examiner l'état présent de la question, c'est-à-dire d'évaluer les diverses approches initiales possibles. Notre tâche a été dans une certaine mesure facilitée par les travaux d'un séminaire de spécialistes des Etats membres du CAEM sur la recherche et le développement dans le domaine de la chaleur nucléaire qui s'est tenu en octobre 1983.

La chaleur à basse température a une très large gamme de clients. On s'en sert pour le chauffage urbain et aussi, sous forme de vapeur, dans l'industrie du bâtiment et d'autres industries, la fabrication de papier et de pâte à papier, les engrais, l'exploitation des puits de pétrole. Les travaux de développement sur les sources nucléaires de chaleur concernent actuellement surtout le chauffage des bâtiments industriels et résidentiels ainsi que la distribution d'eau chaude.

Dans l'avenir immédiat on envisage comme sources nucléaires de chaleur possibles des centrales électriques nucléaires desquelles on extrairait des quantités limitées de chaleur à l'intention des consommateurs, des centrales nucléaires productrices de chaleur et d'électricité ainsi que des centrales nucléaires uniquement productrices de chaleur. Des travaux sont également en cours au sujet de centrales nucléaires uniquement productrices de chaleur industrielle. Toutes ces sources de chaleur ont leurs avantages et l'on choisira évidemment dans l'avenir la combinaison qui convient le mieux à chaque pays.

Pour des raisons économiques (investissements relativement élevés et faible part du combustible dans le prix de revient de la chaleur) les sources nucléaires de chaleur sont destinées à fournir les charges thermiques de base, les charges de pointe étant assurées par des sources chauffées aux combustibles solides. L'emploi de sources nucléaires exige l'élaboration de grands systèmes centralisés

M. Panasenkov est chef de division au Secrétariat du CAEM; MM. Sychev et Mensel font partie du personnel du CAEM.



La chaleur extraite de la centrale nucléaire WWR de 1000 MW à Novo Voronej en URSS permet d'approvisionner en eau chaude et vapeur les consommateurs industriels des environs.

de production de chaleur. Les sources nucléaires en cours de création pourront distribuer de la chaleur sur de vastes étendues.

L'évolution en URSS

Sur le plan mondial, l'Union Soviétique se trouve maintenant à l'avant-garde du développement de la chaleur nucléaire. Il y a donc intérêt à commencer par exposer les activités en cours dans ce pays.

Environ 55 pour cent des besoins de chaleur de l'Union Soviétique sont satisfaits par de grandes installations centralisées productrices de chaleur (la proportion est de 66 pour cent en ce qui concerne les villes). Le reste est fourni par une multitude de petites chaudières à faible rendement (il y en a plus de 250 000 dans le pays) et par des installations individuelles, principalement domestiques.

L'existence d'un grand nombre de petites installations entraîne une consommation très excessive de combustible et surcharge inutilement l'industrie qui construit des chaudières coûteuses et inefficaces nécessitant de grandes quantités de métal. C'est pourquoi l'amélioration de l'économie thermique du pays dépend surtout d'une centralisation planifiée à grande échelle de la production de chaleur reposant sur des centrales thermiques et électriques, sur des chaudières de vastes dimensions et, à long terme, sur les sources nucléaires de chaleur.

C'est à cette fin que, pour la première fois dans le monde, on a eu recours en URSS à des soutirages non régulés de vapeur à partir de centrales nucléaires: des installations de chauffage urbain d'une puissance de 21 gigacalories/heure (Gcal/h) ont été mises en service à la centrale nucléaire de Bieloïarsk. L'expérience de leur exploitation acquise au long de nombreuses années a

confirmé que la chaleur fournie par les centrales nucléaires pouvait être fiable, économique et sans danger.

A l'heure actuelle, on extrait de la chaleur des centrales nucléaires de Bieloïarsk, Tchernobyl, Koursk, Novo Voronej, Kola et d'un grand nombre d'autres. La charge reliée va de 30 à 200 Gcal/h. La chaleur est fournie aux consommateurs du voisinage immédiat pour le chauffage et la distribution d'eau chaude aux bâtiments d'usines, aux zones industrielles, aux chantiers de construction, aux logements dépendants de l'usine, aux installations d'épuration d'eau, etc. La fourniture s'effectue surtout sous la forme d'eau chaude; on distribue aussi une petite quantité de vapeur.

Le diagramme calorifique et la structure des turbines à condensation actuellement utilisés dans les centrales nucléaires offrent les possibilités suivantes d'obtenir de la chaleur par soutirage non régulé: la turbine K-220-44 (de WWR-440) donne 25 Gcal/h et la turbine K-1000-60/1500 (de WWR-1000) 200 Gcal/h. On peut augmenter encore la capacité nominale d'extraction en ajoutant des étages de préchauffage.

On étudie actuellement l'emploi de turbines à condensation à fort soutirage pour le chauffage urbain (de l'ordre de 500 Gcal/h et au delà pour les centrales nucléaires WWR-1000 en construction, par exemple la seconde tranche de la centrale de Rostov). Ceci permettra d'utiliser largement les centrales nucléaires à condensation pour desservir de vastes régions consommatrices de chaleur.

Pour chauffer économiquement les villes

Alors que les centrales nucléaires sont principalement conçues pour produire du courant électrique, les centrales à condensation pour le chauffage urbain (à turbines du type TK) sont destinées non seulement à fournir de

l'électricité mais aussi des quantités beaucoup plus fortes de chaleur. L'emploi dans ces centrales de turbines du type TK porte à 900 Gcal/h la chaleur extraite d'une installation de 1000 MWe.

La première centrale de ce type est en construction en URSS pour le chauffage d'Odessa. Sa capacité est de 2000 MWe. La centrale aura deux éléments dont chacun comportera un réacteur de WWER-1000 et deux turbines TK-450-500/60. La quantité totale de chaleur que cette centrale fournira à la ville, en même temps que deux chaudières à combustible fossile pour couvrir la demande de pointe, sera, en période de charge maximale (en hiver), d'environ 3000 Gcal/h.

La mise en service de la centrale d'Odessa permettra d'économiser environ quatre millions de tonnes d'équivalent en combustible fossile par an et d'arrêter les quelques centaines de petites chaudières de la ville, avec tous les avantages écologiques qui en résulteront. On projette de construire à l'avenir des centrales de ce genre pour fournir de la chaleur à Kharkov, à Minsk, à Volgograd et à d'autres villes.

Il faut signaler que la puissance d'une unité ayant une capacité de soutirage de 900 Gcal/h sera d'environ 900 MWe, à savoir 100 MWe seulement de moins qu'avec le procédé de pure condensation. La production de chaleur par ce procédé (pour le chauffage urbain) est extrêmement économique.

Dans les centrales mixtes, les réacteurs WWER-1000 sont utilisés comme dans les centrales nucléo-électriques. Les restrictions que commande la sûreté en ce qui concerne l'emplacement de ces centrales au voisinage de grandes agglomérations industrielles et résidentielles s'appliquent donc aussi dans leur cas.

La centrale d'Odessa, par exemple, est située à 25 km de la ville. Il faut donc poser de coûteux réseaux de distribution de chaleur comportant une quantité considérable de tuyaux (60 000 tonnes environ pour un diamètre d'un mètre) et réserver du terrain pour l'installation de ces conduites. Dans certains cas la construction de ces centrales peut se trouver entravée par des considérations d'emplacement, par le manque d'eau industrielle (il en faut une grande quantité pour le refroidissement des condenseurs), par la demande insuffisante de capacité de production d'électricité et pour d'autres raisons encore.

Mesures spéciales de sûreté

C'est pourquoi l'on a mis au point en URSS une source de chaleur à usage unique, à savoir la centrale nucléo-thermique AST-500 d'une capacité de 500 MW. Les spécialistes soviétiques ont également élaboré à l'intention des pays membres du CAEM une centrale de ce type d'une capacité moindre (AST-300, de 300 MW) car la plupart de ces pays n'ont qu'une possibilité limitée d'utiliser un réacteur de 500 MW (vu le petit nombre des centres de consommation de chaleur suffisamment importants). Les caractères essentiels de l'AST-300 sont semblables à ceux de l'AST-500.

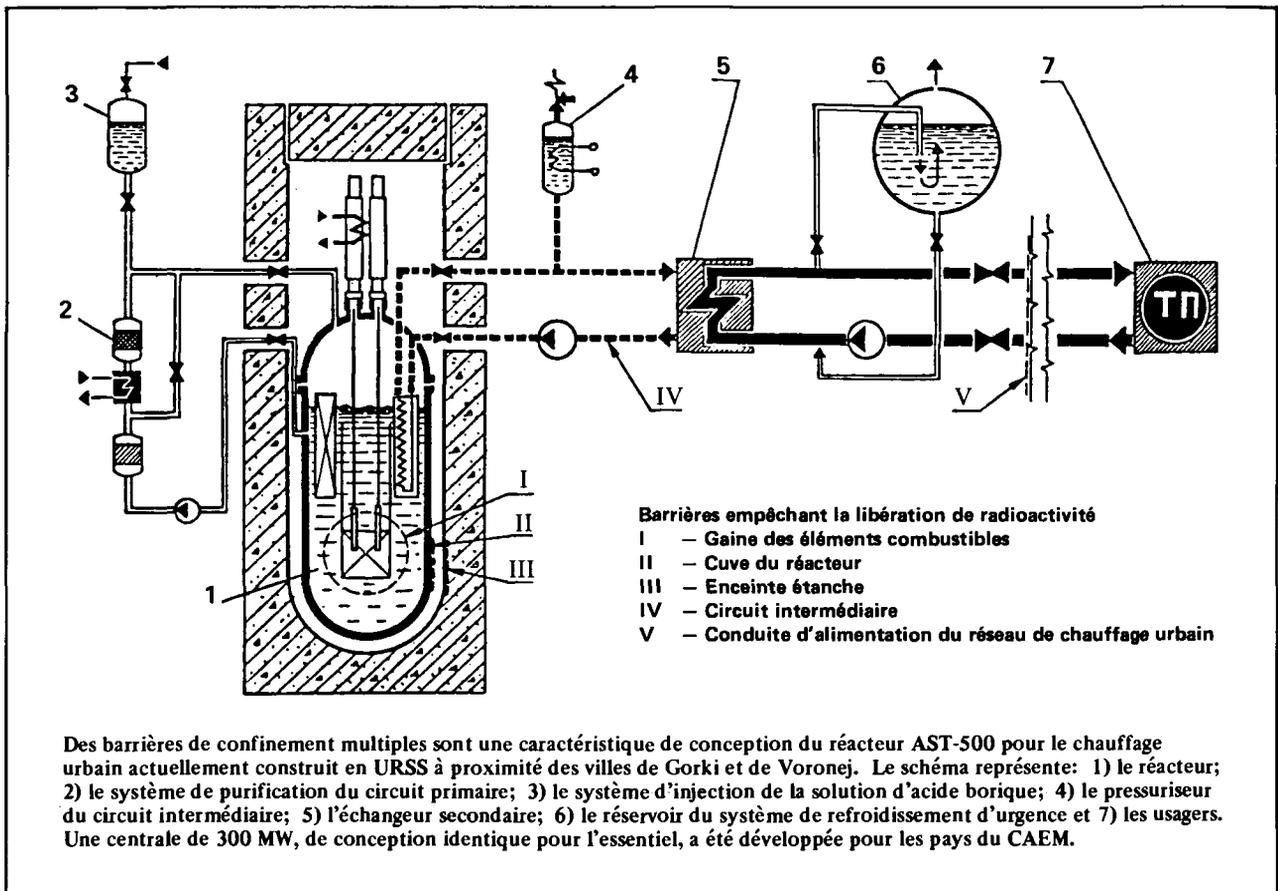
Les centrales nucléo-thermiques représentent une notion nouvelle dans le domaine nucléaire. Aussi méritent-elles un exposé plus détaillé. Pour être rentables et pouvoir concurrencer les autres types de sources de

chaleur, ces centrales doivent être situées le plus près possible des centres de consommation. Elles sont donc justiciables de prescriptions supplémentaires en matière de sûreté, pour compenser l'inconvénient que leur voisinage présente pour les villes. L'étude du choix du type de réacteur donne à penser que la meilleure façon de satisfaire les besoins en matière de sûreté consiste à adopter un réacteur à cuve modéré et refroidi à l'eau, dont la conception repose sur les principes essentiels ci-dessous:

- la basse pression dans le circuit primaire et la densité de puissance moyenne du cœur réduisent l'impact possible des accidents et accroissent la fiabilité du refroidissement du cœur;
- la convection naturelle du fluide de refroidissement primaire assure la haute fiabilité de la dissipation de la chaleur du cœur;
- le dispositif intégré du matériel du circuit primaire réduit au minimum les ramifications du circuit et rend inutile l'emploi de tubes de gros diamètre qui peuvent être dangereux en cas de ruptures importantes du circuit;
- la conception à deux cuves dans laquelle la cuve à pression s'insère avec un espacement minimal à l'intérieur d'une cuve de confinement assure le maintien sous l'eau du cœur en cas de rupture de la cuve principale ainsi que la rétention des produits radioactifs;
- le dispositif à trois circuits d'extraction de chaleur du réacteur, avec un circuit intermédiaire de séparation, à l'intérieur duquel la pression est inférieure à celle

Spécifications de base des réacteurs AST-500 et AST-300

	Unité de mesure	AST-500	AST-300
Capacité thermique	MW	500	300
Fluide de refroidissement primaire:			
pression	MPa	2,0	2,0
température entrée/sortie	°K	399/477	393/473
Superficie des échangeurs de chaleur incorporés/nombre d'éléments	m ² /nombre	5000/18	2000/15
Pression du circuit intermédiaire	MPa	1,2	1,2
Réseau de distribution:			
pression dans l'échangeur de chaleur du réseau	MPa	2,0	2,0
température des collecteurs d'entrée et sortie	°K	413/333	393/323
Cœur:			
puissance volumique	MW/m ³	27,1	23
diamètre des éléments combustibles/type de combustible nucléaire	mm	13,6/UO ₂	13,6/UO ₂
nombre d'éléments combustibles	nombre	121	85



du réseau de distribution, empêche tout échappement de produits radioactifs qui pourraient atteindre le client à la suite de fuites des surfaces d'échange de chaleur.

Les caractéristiques adoptées pour la centrale garantissent la protection de la population contre les rayonnements en exploitation normale et en cas d'accident.

Les calculs faits pour la centrale à deux réacteurs AST-500 montrent que les rejets de produits radioactifs et les doses de rayonnement dans la localité sont très au-dessous des niveaux acceptables. Même dans le cas d'accidents entraînant les pires conséquences radiologiques et une rupture de la tuyauterie d'un diamètre de 500 mm du circuit intermédiaire, les doses d'exposition individuelle sont inférieures (d'un facteur de 10^4) aux doses limites imposées à la conception pour éviter les accidents les plus graves.

La disposition des circuits garantit la sûreté de la population consommatrice de l'eau du réseau en empêchant toute pénétration de l'eau du circuit intermédiaire dans le réseau de distribution de chaleur en exploitation normale et en cas d'accident. Pour toutes ces raisons, on peut sans danger installer une centrale nucléo-thermique au voisinage des centres de consommation de chaleur, jusqu'à deux kilomètres des limites assignées à l'expansion future des villes en vertu des normes en vigueur en URSS.

La centrale nucléo-thermique fait largement appel aux conceptions qui sont devenues traditionnelles dans le génie

nucléaire en URSS et ont fait leurs preuves dans la pratique de l'exploitation des réacteurs WWER et des réacteurs de grande puissance à canaux. Il s'agit du choix des éléments combustibles, des gaines d'assemblages combustibles, du mécanisme de commande du système de sûreté, des régulateurs en grappes et d'autres éléments de la structure. Il a aussi fallu déployer un grand effort de recherche et développement pour s'assurer de la fiabilité des dispositifs adoptés.

Installations pilotes en construction

En 1983, le Bureau politique du Comité central du Parti communiste de l'Union Soviétique a approuvé les propositions établies par le Conseil des ministres de l'URSS concernant la construction et la mise en service de centrales nucléaires de production de chaleur pour la période s'étendant jusqu'à 1990.

Des centrales pilotes à deux éléments de 500 MW sont déjà en construction à Gorki et à Voronej. Leur construction et leur mise en service présentent une importance particulière car elles permettront de faire la première expérience de l'emploi industriel d'importantes sources nucléaires de chaleur.

La centrale de Gorki est construite à une distance de deux kilomètres des limites projetées de la ville, la distance moyenne des centres de consommation étant de 10 kilomètres. La capacité thermique est de 1000 MW

(deux éléments de 500 MW) soit environ 50% de la capacité totale du système centralisé de production de chaleur en construction. La production annuelle d'énergie thermique de ce dernier sera de plus de six millions de Gcal, dont cinq millions par le nucléaire, soit plus de 80%. La longueur totale du réseau de chaleur dépasse 60 km dont 40 km de réseaux de transit. La mise en service de la centrale permettra d'arrêter 270 petites installations à chaudière de faible rendement.

Pour la première fois dans le cas de systèmes fermés, le système centralisé de fourniture de chaleur comporte l'application de la notion de stockage de chaleur destiné à compenser les fluctuations quotidiennes des systèmes de distribution d'eau chaude. Le stockage s'effectue dans des réservoirs ouverts d'un volume total de 20 000 mètres cubes. A certains moments ils permettront, grâce à l'emploi du nucléaire, d'économiser jusqu'à 360 tonnes d'équivalent en combustible par jour.

La conception de l'installation de Gorki a permis de formuler les éléments essentiels de la conception de systèmes similaires. Ces systèmes doivent comporter deux étages. Le premier est constitué par les sources de chaleur (charges de base et de pointe) combinées en un système énergétique unique au moyen de réseaux de transit de chaleur. Le second étage comprend les conduites et réseaux de distribution ainsi que les systèmes des consommateurs et la commande d'extraction de chaleur. Le transfert de la chaleur du premier au deuxième étage doit s'effectuer dans des éléments convertisseurs à l'aide de pompes mélangeuses ou par l'intermédiaire d'échangeurs de chaleur. Ces éléments doivent être installés dans les régions de consommation et aux sources de chaleur de pointe. Ces dernières doivent être reliées en parallèle aux réseaux de transit de chaleur.

Les calculs technico-économiques montrent que le système centralisé de fourniture de chaleur employé pour la centrale de Gorki est le plus économique de tous ceux qu'on pouvait concevoir.

Programme tchécoslovaque: systèmes régionaux

Des travaux de recherche et développement sur la production de chaleur par voie nucléaire sont en cours dans d'autres pays membres du CAEM.

En Tchécoslovaquie, on résoudra le problème de la satisfaction des besoins d'énergie du pays en créant des systèmes centralisés de production de chaleur et de production simultanée d'électricité et de chaleur au moyen des charbons du pays et, dans un très proche avenir, en ayant recours au nucléaire. Les études faites montrent qu'à la longue le recours aux sources nucléaires est inévitable et qu'il représente presque la seule possibilité de fournir de la chaleur aux principaux centres d'activité économique du pays.

On attend du programme nucléaire proposé qu'il assure, d'ici à l'an 2000, l'extraction de 41 000 térajoules par an (TJ/a) d'énergie thermique et une économie de combustible fossile de 1,6 million de tonnes, ce dernier chiffre devant atteindre 4,7 millions de tonnes en l'an 2010.

La décision prise par le Présidium du Gouvernement tchécoslovaque en 1981 au sujet de l'adaptation des

centrales à condensation aux systèmes de chauffage urbain envisage aussi la fourniture de chaleur par toutes les centrales électriques nucléaires en construction. Ceci nécessite la création de vastes systèmes régionaux de fourniture centralisée de chaleur. La construction de chaudières et de petites centrales nucléo-thermiques sera limitée, ce qui aura pour effet de réduire sensiblement la détérioration de l'environnement par les sources de chaleur locales.

La Tchécoslovaquie envisage surtout comme sources nucléaires de chaleur les centrales électriques nucléaires avec extraction de chaleur.

Toutes les centrales nucléaires à réacteurs WWER-440 (douze en tout) en exploitation ou en construction en Tchécoslovaquie prévoient l'extraction de chaleur pour la desserte des villes avoisinantes. La centrale nucléaire de Bohunice fournira de la chaleur à Trnava, celle de Dukovany à Brno et celle de Mohovce à Levice.

Lorsqu'on fournit la chaleur (eau chaude à 150/170°C) à partir d'une centrale nucléaire au moyen des turbines à condenseur Skoda (2 x 220 MW) qui ne sont pas spécialement équipées pour l'extraction de chaleur (centrales électriques nucléaires V-1 et V-2) on peut extraire un maximum de 170 MW(th). La prochaine modification des turbines Skoda de 220 MW (pour la centrale de Mohovce) prévoit à l'intention du chauffage urbain des extractions atteignant 230 MW par réacteur.

Démonstration du potentiel par des études de cas

Prenons par exemple l'étude de faisabilité concernant la fourniture de chaleur à Brno par la centrale nucléaire de Dukovany, faite par des spécialistes tchécoslovaques. Elle prévoit la fourniture de 500 MW de chaleur et un réseau de 40 km de longueur. La fourniture de chaleur prendra la forme d'un système fermé consistant en deux conduites d'un diamètre de 1 mètre (24 000 tonnes de tubes). Le matériel (tubes, stations de pompage etc.) pourra être fourni par l'industrie nationale.

Le nouveau réseau du système centralisé de fourniture de chaleur est déjà en construction dans la ville. L'investissement sera couvert en dix ans. L'étude montre que la production de chaleur par la centrale électrique nucléaire est la seule solution possible et économiquement viable du problème.

En Tchécoslovaquie, la situation est caractérisée par la prédominance dans certaines régions de charges thermiques qui utilisent la vapeur non seulement pour l'industrie mais aussi pour le chauffage. Les spécialistes tchécoslovaques étudient la possibilité de fournir de la vapeur provenant de la centrale électrique nucléaire de Temelin (équipée d'un WWER-1000) au réseau de chauffage de Ceske Budějovice.

On se propose d'employer les centrales nucléo-thermiques pour les centres de consommation de chaleur situés hors de l'aire du transport économiquement possible de la chaleur à partir des centrales nucléaires ou des centrales mixtes chauffées aux combustibles fossiles. Dans un premier temps on envisage une installation AST-300 pour le complexe d'Ostrava-Karvina en 1995 et pour Bratislava en l'an 2000. Les études portant sur

les emplacements et les activités en question ont déjà commencé.

Les centrales de 500 et 300 MW n'ont guère leur place en Tchécoslovaquie où des installations plus petites rendraient davantage de services. On se propose en conséquence de mettre au point des unités d'une capacité de 100 à 200 MW qui, d'après les spécialistes tchécoslovaques, exigeraient des conceptions nouvelles.

L'industrie tchécoslovaque possède de vastes possibilités de participation à la construction du matériel des centrales nucléo-thermiques.

Les solutions à l'étude en Pologne

Aucun programme précis d'emploi de sources nucléaires de chaleur n'a encore été adopté en Pologne mais des calculs et des évaluations de projets de centrales mixtes et nucléo-thermiques sont en cours.

La construction de centrales mixtes équipées de WWER-1000 ne présente d'intérêt que pour les plus grands centres urbains et industriels: l'agglomération de Varsovie (avant l'an 2000) et la région de Silésie ainsi que Cracovie (après l'an 2000). De 1990 à 2000 le pays pourra avoir besoin de jusqu'à huit centrales nucléo-thermiques d'une capacité de 300 ou 500 MW.

Vu leur forte capacité, l'emploi de ces installations se limitera à quelques grandes régions de consommation de chaleur: Silésie, Cracovie, Gdansk, Szczecin, Poznan et Lodz. De plus, il y a en Pologne un grand nombre de villes relativement petites où les problèmes de la fourniture de chaleur et de la protection de l'environnement sont particulièrement aigus. Les centrales nucléo-thermiques conviendraient à ces localités mais il faudrait à cet effet mettre au point des installations de 100 à 200 MW. L'étude d'un réacteur de 200 MW est en cours.

On envisage la fourniture à l'agglomération urbaine de Gdansk de chaleur par la voie nucléaire. Le principal centre de consommation de chaleur est la région qui comprend les trois villes de Gdynia, Gdansk et Sopot (demande totale = 3140 MW). Les plans de développement socio-économique y envisagent une croissance annuelle moyenne de 116 MW de la capacité thermique. Les besoins seront satisfaits par la centrale mixte chauffée au charbon jusqu'en 1990; après quoi l'on aura besoin de nouvelles sources d'énergie.

Les solutions envisagées à cet égard sont soit une centrale nucléo-thermique avec des réacteurs de 500 MW, ou bien deux avec des réacteurs de 300 MW ou encore l'extraction de chaleur de la centrale nucléaire de Zamowiec en construction. Dans ce dernier cas, la distance assez longue à franchir (de 50 à 80 kilomètres) présentera un inconvénient.

République démocratique allemande: perspectives urbaines

Les directives du Dixième congrès du Parti socialiste unifié pour le plan quinquennal de développement économique de la République démocratique allemande (RDA) définissent une politique de production de l'énergie reposant sur l'emploi des ressources nationales, notamment du lignite. Vu l'utilisation accrue du lignite, on ne saurait espérer que sa pénurie diminue, même si la

production est portée à 300–310 millions de tonnes d'ici à 1990. La RDA consomme déjà 80 millions de tonnes de lignite par an pour la distribution de chauffage centralisée; on peut donc juger des perspectives qui s'ouvrent à la chaleur d'origine nucléaire dans ce pays.

Comme la sûreté exige que les centrales nucléaires électriques et mixtes soient situées à l'écart des grandes agglomérations et qu'il faut par conséquent des réseaux coûteux pour transporter la chaleur, les spécialistes de la RDA pensent que la centrale nucléo-thermique présente des avantages pour le chauffage urbain.

La RDA examine la possibilité d'utiliser l'AST-500 vu les caractéristiques qu'il présente par rapport au pays. On sait par exemple que ses températures d'entrée et de sortie correspondent en gros aux conditions existantes dans les grands réseaux de chauffage urbains de la RDA, y compris celui de Berlin, le plus important du pays.

Malgré leurs avantages économiques, la possibilité d'emploi de centrales de grande puissance est limitée. Il y a cinq réseaux de chauffage urbains dont les capacités vont de 500 à 1000 MW et un dont la capacité est supérieure à 1000 MW. On envisage des variantes à un ou deux réacteurs.

La RDA poursuit des études théoriques et expérimentales sur les processus thermo-hydrauliques, ainsi que sur la dynamique des réacteurs pour centrale nucléo-thermique, le stockage de la chaleur etc. Des installations expérimentales ont été créées à cette fin à l'Université technique de Dresde et à l'École supérieure d'ingénieurs de Zittau. Des travaux sont en cours sur l'extraction de chaleur de la centrale nucléaire Bruno Leuschner, et l'on prépare la fabrication par l'industrie nationale de matériel non nucléaire pour sources nucléaires de chaleur.

La Bulgarie et l'impératif du nucléaire

En Bulgarie, l'insuffisance des ressources énergétiques du pays rend indispensable l'emploi de sources nucléaires de chaleur. Les besoins industriels jouent un rôle décisif dans le développement du chauffage centralisé. Toutes les centrales mixtes ont été construites avant tout pour desservir les zones industrielles et en second lieu pour le chauffage urbain et la distribution d'eau chaude. En conséquence, la fourniture centralisée de chaleur à l'industrie a absorbé en 1980–82 de 55 à 60% de la consommation de combustible du pays contre 10% seulement pour la fourniture à la population.

La Bulgarie possède 27 systèmes centralisés de distribution de chaleur. Zones industrielles et centres de population sont caractérisés par des charges petites et moyennes. C'est ainsi que l'on ne prévoit pour 1990 une charge supérieure à 1000 MW que dans deux villes, Sofia et Plovdiv. La charge n'atteindra de 500 à 1000 MW que dans trois autres villes.

La Bulgarie aura donc besoin à l'avenir de sources nucléaires de chaleur d'une capacité de 100 à 500 MW pour les usages industriels et domestiques. Les installations d'une capacité de 500 MW ne pourront servir que dans des cas isolés d'ici à l'an 2000. Les spécialistes bulgares envisagent, pour répondre aux besoins du pays, des sources nucléaires de chaleur d'une capacité de 100 à 200 MW.

L'intérêt suscité hors du CAEM

On s'intéresse aux sources nucléaires de chaleur non seulement dans les Etats membres du CAEM mais aussi dans un grand nombre de pays capitalistes développés, notamment ceux dont le climat est tempéré ou froid. Le projet Secure de 200 MW, élaboré en commun par des entreprises suédoises et finlandaises pour le chauffage des villes de 50 000 à 100 000 habitants, est bien connu. Les Français ont mis au point une source nucléaire de chaleur à basse température de 100 MW dénommée Thermos, qui comporte un réacteur à immersion et un matériel intégré. Les Canadiens envisagent l'emploi de sources nucléaires de chaleur à faible capacité (de 2 à 20 MW) dans les régions septentrionales du pays. Plusieurs autres pays ont acquis une expérience pratique de l'extraction de chaleur des centrales électriques nucléaires.

Les études technico-économiques ont montré que les sources nucléaires de chauffage peuvent parfaitement concurrencer les installations à combustibles fossiles. L'importance des investissements est compensée par l'abaissement des coûts de production. Une centrale nucléo-thermique de 1000 MW peut desservir des zones urbaines de 300 000 à 400 000 habitants et procurer une économie de 700 000 tonnes d'équivalent en combustible. Un autre argument en faveur des sources nucléaires est l'avantage incontestable qu'elles présentent en matière de protection de l'environnement.

La chaleur d'origine nucléaire est une branche de l'énergie d'origine nucléaire encore dans l'enfance. Il faudra beaucoup de temps et d'efforts pour créer un approvisionnement en chaleur d'origine nucléaire à l'échelle industrielle dans les pays membres du CAEM. La coopération multilatérale entre ces pays contribuera fortement à accélérer ce processus.