

**Zeitschrift:** Bulletin technique de la Suisse romande  
**Band:** 98 (1972)  
**Heft:** 19: SIA spécial, no 4, 1972: Technique nucléaire et environnement

**Artikel:** Emission de chaleur par les centrales thermiques de grande puissance  
**Autor:** Traupel, W.  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-71560>

### **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:** 18.02.2025

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

# Sia

NUMÉRO 4  
SPÉCIAL 1972

## Introduction

*Nous publions ci-après une partie des articles relatifs aux répercussions de la technique nucléaire sur l'environnement, qui ont paru dans le numéro spécial SIA 4/1972 de la Schweizerische Bauzeitung du 25.5.72, en nous réservant de faire paraître encore, dans un numéro ultérieur, l'un ou l'autre des textes de la SBZ mentionnée.*

*Secrétariat général SIA*

## Emission de chaleur par les centrales thermiques de grande puissance<sup>1</sup>

*(Traduction du texte original allemand)*

par W. TRAUPEL, professeur à l'EPF de Zurich

Chaque fois que l'homme transforme par des moyens techniques de l'énergie qui se trouve dans la nature sous une certaine forme pour l'utiliser sous une autre forme, il en résulte une production de chaleur qui vient troubler l'état d'équilibre existant. La transformation dont nous allons nous occuper est celle qui se produit dans les grandes centrales thermiques génératrices d'énergie électrique à partir d'un combustible fossile ou d'énergie nucléaire. Les puissances de ces centrales sont aujourd'hui si grandes que les quantités de chaleur qui s'en dégagent risquent d'avoir une influence considérable sur leur environnement. Dans les centrales nucléaires construites actuellement, avec réacteurs à eau légère et turbines à vapeur, ces quantités atteignent à peu près le double de l'équivalent thermique de l'énergie électrique produite, et dans les centrales brûlant des combustibles fossiles, à peu près une fois et demie.<sup>2</sup> Il faut remarquer à ce sujet que le rendement global d'une centrale thermique est d'autant plus élevé que la température à laquelle la chaleur qu'elle rejette à l'environnement est basse, et que l'on s'efforce donc de maintenir cette température aussi faible que possible.

Pour donner une idée de l'ordre de grandeur du débit d'eau de refroidissement nécessaire, considérons le cas d'une centrale nucléaire produisant une puissance électrique de 800 MW, le refroidissement étant assuré par l'eau d'une rivière ayant 15°C. Si l'on admet un échauffement de

10°C, c'est-à-dire que la température de cette rivière peut être portée à 25°C, le débit nécessaire s'élève à 38 m<sup>3</sup>/s. La chaleur rejetée est ainsi emmenée par un gigantesque courant d'eau légèrement tiède.

La manière la plus économique d'obtenir ce refroidissement consiste dans l'utilisation d'un cours d'eau. Il est cependant évident que le rejet de la chaleur émise par plusieurs centrales de moyenne puissance échelonnées le long d'un même cours d'eau risquerait d'en troubler de manière inadmissible l'équilibre biologique. C'est pourquoi le Conseil fédéral a interdit en 1971 d'utiliser l'eau de certains cours d'eau pour le refroidissement de nouvelles centrales nucléaires. Il faut donc se demander à quels autres moyens de refroidissement on pourrait recourir. Il semble que dans l'état actuel de la technique, le seul moyen pouvant être appliqué d'une manière générale consiste dans l'emploi de tours de refroidissement dont il existe deux variantes : celle procédant par voie humide et celle procédant par voie sèche.

Dans les tours à voie humide, l'eau à refroidir qui ruisselle sur des chicanes rencontre le courant d'air ascendant naturellement et qui lui enlève sa chaleur. Le refroidissement est encore accentué par la vaporisation d'une petite partie de l'eau et ce qui reste est recueilli au bas de la tour pour être réutilisé. Ce procédé présente toutefois un important inconvénient : la buée qui monte avec l'air emporte de fines gouttes d'eau qui font l'effet de noyaux de condensation. Il est donc nécessaire d'amener aux chaudières des quantités assez importantes d'eau d'appoint et, de plus, ces buées forment des gouttelettes de pluie qui influencent le climat de la région environnante et peuvent provoquer, en hiver, l'apparition très peu souhaitable de verglas. Dans les exécutions récentes de ces tours, on a cherché à éviter cet inconvénient par l'adjonction de séparateurs de gouttelettes efficaces. Mais l'influence des buées sur les conditions climatiques subsiste. Cette question fait d'ailleurs l'objet d'études approfondies dont s'occu-

<sup>1</sup> D'après une conférence présentée à l'assemblée de discussions de la section zurichoise de la SIA, le 9 février 1972.

<sup>2</sup> La différence est due principalement au fait que, pour des raisons de tenue des matériaux utilisés dans les centrales nucléaires (gainés des barres de matière fissile), la température de la vapeur produite est beaucoup moins élevée (à Mühleberg, elle est de 282°C) que dans les centrales brûlant des combustibles fossiles où cette température peut atteindre de 530 à 565°C. Dans ces dernières, la chute d'enthalpie utilisée par les turbines est donc notablement plus grande. C'est aussi pour cette raison que le rendement global des centrales nucléaires diminue beaucoup plus, lorsque la température de l'eau de refroidissement s'élève, que dans les centrales thermiques classiques.

pent des météorologues suisses, études auxquelles on s'intéresse aussi à l'étranger.

Dans les tours sèches, l'eau à refroidir circule en circuit fermé, du haut vers le bas, dans des échangeurs dont la surface est balayée par l'air ascendant. Avec ce système, il n'y a aucune perte d'eau et seul de l'air réchauffé s'échappe des tours. Mais à ces avantages considérables s'opposent deux inconvénients notables. Premièrement, la température de l'eau refroidie, pour les mêmes conditions atmosphériques, est supérieure à celle que l'on obtient avec le procédé humide et le rendement global des centrales est donc plus faible. Deuxièmement, pour une même puissance de centrale, le débit d'air et les surfaces d'échange nécessaires sont beaucoup plus grandes. Il s'ensuit qu'il faut prévoir un nombre double de tours, ce qui augmente considérablement les frais d'installation et n'est pas très satisfaisant au point de vue esthétique. Ces inconvénients peuvent être réduits par l'emploi de réacteurs à haute température, mais on ne peut tout de même pas éviter que le rendement global soit inférieur à celui qu'on obtient avec les tours à voie humide.

Comme l'émission de chaleur par les centrales nucléaires a sur l'environnement une influence beaucoup plus considérable que celle des autres facteurs en jeu (évacuation des résidus radioactifs), il faut se demander comment on pourrait la réduire ou en faire quelque chose. Une réponse à la première de ces questions est donnée théoriquement par l'élévation de la température de la vapeur envoyée dans les turbines, c'est-à-dire par une approche du cycle de vapeur utilisé dans les grandes centrales thermiques usuelles. Mais cette solution exige l'emploi de réacteurs à haute température, à l'étude desquels on travaille très activement. Ce nouveau type de réacteur n'a cependant pas encore atteint le degré de maturité du réacteur à eau légère.

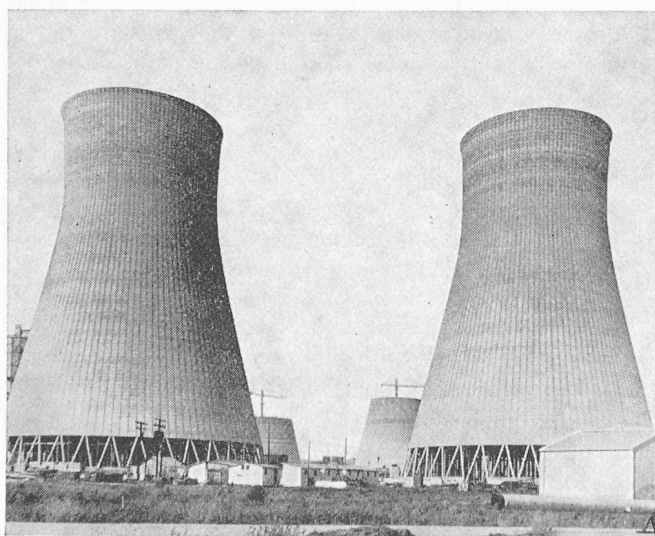
La possibilité d'utiliser la chaleur émise pour le chauffage est constamment remise en question. Il faudrait pour cela que cette chaleur soit produite aux températures élevées nécessaires pour une telle application. Cette condition entraînerait pour les réacteurs dont on dispose aujourd'hui une importante diminution de rendement et, par conséquent, pour une même puissance électrique, une forte augmentation de la quantité de chaleur produite. Il découle de cela qu'une telle utilisation de la chaleur

émise ne pourra être prise en considération que lorsqu'on disposera de réacteurs à haute température donnant toute satisfaction tant au point de vue technique qu'économique. Cela n'empêche pas qu'aujourd'hui déjà des centrales nucléaires avec réacteurs à eau légère participent à des chauffages de locaux, mais au moyen de vapeur prélevée dans un des étages inférieurs des turbines. Il ne s'agit donc pas d'une utilisation de la chaleur rejetée, mais d'une dérivation d'énergie qui ne peut représenter qu'une faible fraction de la chaleur produite par le réacteur.

Si le cycle du fluide utilisé peut être réalisé avec des températures élevées, les turbines à vapeur usuelles aujourd'hui, de même que les turbines à gaz dont l'emploi ne s'est pas encore introduit dans les grandes centrales, permettent en principe une utilisation complète de la chaleur perdue pour des applications de chauffage. Contrairement à une opinion que l'on entend assez souvent, cette utilisation est également possible avec les centrales à vapeur au moyen de la condensation échelonnée. Au niveau atteint actuellement dans le développement de la technique, une telle installation atteindrait le même rendement thermique qu'avec des turbines à gaz.

On peut affirmer qu'une utilisation complète de la chaleur rejetée par une centrale électrique est en principe possible, mais elle se heurte à de grosses difficultés sur le plan de la pratique. Il se trouve en effet que les besoins en chaleur de chauffage peuvent être très variables, que les installations nécessaires pour la distribution de cette chaleur doivent être construites pour une puissance de pointe élevée alors que la puissance moyenne annuelle de la consommation ne représente qu'une fraction (peut-être le quart) de cette puissance de pointe. Si la chaleur est fournie par une centrale nucléaire, on sait que, pour des raisons économiques, une telle centrale doit si possible fonctionner continuellement à sa pleine puissance, la chaleur non utilisée devant alors être diffusée dans l'atmosphère par l'intermédiaire de tours de refroidissement. Dans l'exemple déjà cité d'une centrale produisant une puissance électrique de 800 MW, la chaleur émise suffirait au chauffage, à l'aide d'un réseau de chauffage à distance, d'une ville de moyenne grandeur, même par un hiver rigoureux. La centrale devrait cependant être assez éloignée de la ville afin que l'influence des tours de refroidissement ne soit pas gênante. D'autre part, le problème d'une installation de réserve capable de produire la chaleur nécessaire dans le cas d'une défaillance de la centrale nucléaire doit aussi être résolu. Il résulte de tout cela que le coût d'une telle solution est assez important et que sa rentabilité devient problématique.

En relation avec l'ensemble des problèmes de la chaleur émise et de l'utilisation de cette chaleur, il nous semble qu'au stade actuel des études qui en sont faites, l'idée suivante mérite d'être examinée avec attention. Plutôt que de vouloir transporter la chaleur depuis les centrales aux lieux de son utilisation, on ferait mieux de ne produire que de l'énergie électrique et de faire procéder au chauffage par des pompes à chaleur qui recevraient des centrales l'énergie nécessaire à leur entraînement. Au point de vue thermodynamique, cette solution est à peu près équivalente, mais elle permet d'effectuer le transport de l'énergie à de grandes distances sous la forme d'électricité, ce qui peut se faire économiquement et peut être réalisé par petites étapes successives. Il est vrai que le chauffage au moyen de pompes à chaleur est beaucoup plus coûteux qu'au moyen de chaudières brûlant du mazout, mais il a le grand avantage de supprimer toute pollution de l'air.



Quatre tours de refroidissement d'une centrale à Keystone, Etats-Unis. Hauteur 98,5 m; diamètre maximal 83,5 m; débit d'eau 127 120 m<sup>3</sup>/h.

D'autres améliorations de nos centrales thermiques (équipées de turbines à vapeur, de turbines à gaz ou d'une combinaison des deux) destinées à diminuer la quantité de chaleur émise sont possibles, mais elles ne pourront être réalisées que lentement, car elles exigent encore de longues recherches et d'importants travaux d'étude. La solution idéale dans laquelle il n'y aurait plus d'émission de chaleur perdue consisterait dans la transformation directe de l'énergie. Dans le cas des combustibles fossiles, une telle transformation est en principe possible, mais elle est encore très éloignée d'une exécution industrielle à grande échelle. En ce qui concerne l'énergie nucléaire, on n'en entrevoit pas encore la possibilité.

Dans le cadre des questions que nous venons de traiter, il convient de méditer sérieusement la remarque suivante. On admet encore aujourd'hui que les besoins en énergie

électrique continueront à croître suivant une exponentielle et à doubler tous les 10 à 15 ans. Mais comme toutes les énergies que nous libérons artificiellement se transforment finalement en chaleur, il ne sera possible, avec une pareille augmentation, même en recourant à la solution techniquement la plus favorable (la conversion directe), de retarder une crise catastrophique que de dix à vingt ans. Quant au problème de la protection de notre environnement contre de trop fortes émissions de chaleur, il n'a pas de solution si l'accroissement de nos besoins en énergie continue à se développer au rythme actuel, sans limitation.

Adresse de l'auteur : W. Traupel, professeur, Institut des turbomachines thermiques de l'EPF de Zurich, Sonnegstrasse 3, 8006 Zurich.

## Les répercussions des centrales nucléaires sur l'être humain

### La radioactivité est-elle quelque chose de nouveau ?

La question de la radioactivité et de la mise en danger de la population par des radiations ne cesse d'être remise sur le tapis en relation avec la construction de centrales nucléaires. A cet égard, une opinion erronée largement répandue est qu'il s'agit d'un phénomène nouveau, artificiellement créé par l'homme.

Ce n'est en réalité pas le cas. La radioactivité est bien plus ancienne que l'humanité ; elle a même contribué à la formation de cette dernière en tant que l'un des nombreux facteurs de l'environnement. Quelles sont donc les principales sources de cette irradiation naturelle de la population ?

Les plus importantes d'entre elles sont l'uranium et le thorium contenus dans toutes les roches et le sol, d'une part, le rayonnement cosmique auquel la terre se trouve exposée sur l'ensemble de sa surface, d'autre part. Une source naturelle secondaire de radiations est le gaz radioactif radon contenu dans l'air que nous respirons. Ce gaz se produit lors de la désintégration de l'uranium et du thorium se trouvant à la surface de la croûte terrestre.

Ces radiations naturelles varient selon les conditions géologiques et géographiques. Elles ont fait l'objet de mesures très exactes en Suisse comme dans bien d'autres pays\* : c'est ainsi que la population suisse est exposée, en moyenne, à une irradiation naturelle de 122 milliröntgen (mR) par an. Cette dernière se décompose en deux éléments : 1. un composant dépendant de l'altitude, qui atteint 31 mR en moyenne (plus nous nous élevons en altitude, plus nous sommes exposés aux rayons cosmiques), et 2. un composant terrestre de 91 mR en moyenne.

Fait intéressant, l'irradiation naturelle à laquelle la population est exposée ne dépend pas seulement de la situation géographique du domicile et du lieu de travail, mais aussi de la nature des constructions. Les maisons en bois émettent par exemple une radioactivité beaucoup plus faible que les bâtiments en béton, en briques ou en pierre. La raison de cet état de choses réside précisément

dans la teneur de substances radioactives des minéraux. A titre d'illustration, mentionnons quelques exemples d'irradiations annuelles mesurées en Suisse dans différentes sortes de constructions : maison en bois à la Lenk dans le Simmental 106 mR, immeuble en béton à Berne 127 mR, maison à Thoune (1<sup>er</sup> étage, sol en pierre) 138 mR. Bien que la composante cosmique soit plus élevée à la Lenk qu'à Berne, les gens habitant des maisons en bois dans la première de ces localités sont exposés à un niveau total d'irradiation plus faible que dans des immeubles en béton ou en pierre à basse altitude.

Les exemples qui suivent montrent combien le taux annuel d'irradiation peut varier à l'intérieur même de la Suisse selon la situation géographique (mesures sur le sol naturel) : Bienne (76 mR), Zurich (119 mR), Genève (124 mR), Bellinzone (159 mR), Saint-Moritz (184 mR), Verscio (228 mR). Dans d'autres pays du globe, notamment au Brésil et en Inde, il existe des populations qui sont exposées à une irradiation naturelle pouvant atteindre jusqu'à 1600 mR par an.

Par ailleurs, nous sommes nous-mêmes radioactifs, en raison des substances radioactives contenues dans l'air que nous respirons et dans notre nourriture et nos boissons. Cette radioactivité de notre corps ajoute encore environ 22 mR à l'irradiation naturelle moyenne de 122 mR.

Jusqu'à la découverte des rayons X en 1895, l'humanité ignorait même complètement qu'elle était exposée à la radioactivité. On en vint cependant très vite à reconnaître que des doses élevées de radiations peuvent avoir des effets dangereux pour la vie. Depuis lors, les effets des radiations ont été étudiés avec précision dans le cadre de travaux qui se sont étendus sur des décennies ; il en est résulté qu'ils sont les mieux connus, par exemple, de tous les facteurs déclenchant des mutations. Il en va de même pour les effets cancérogènes des radiations.

Les mesures effectuées ces dernières années dans divers pays ont montré que la population résidant au voisinage de centrales nucléaires n'est soumise, en pratique, qu'à une irradiation supplémentaire ne dépassant guère 1 mR par an, soit moins d'un pour cent de l'irradiation naturelle moyenne à laquelle tout Suisse se trouve exposé. Ces chiffres ramènent à de justes proportions le problème de la radioactivité en relation avec les centrales nucléaires.

\* « Messung des natürlichen Strahlenpegels in der Schweiz », E. HALM, W. HERBST, A. MASTROCOLA, annexe B N° 6/1962 du « Bulletin du Service fédéral de l'hygiène publique. »