

# FEUILLE FÉDÉRALE

110<sup>e</sup> année

Berne, le 7 août 1958

Volume II

Paraît, en règle générale, chaque semaine. Prix: 80 francs par an;  
6 francs pour six mois, plus la taxe postale d'abonnement ou de remboursement

Avis: 50 centimes la ligne ou son espace; doivent être adressés franco  
à l'imprimerie des hoirs C.-J. Wyss, société anonyme, à Berne

7636

## MESSAGE

du

### Conseil fédéral à l'Assemblée fédérale concernant la participation de la Suisse à l'exploitation du réacteur expérimental de Halden, Norvège

(Du 15 juillet 1958)

Monsieur le Président et Messieurs,

Par ce message, nous avons l'honneur de soumettre à votre approbation un projet d'arrêté portant sur l'octroi d'un crédit de 1,5 million de francs suisses, à titre de participation de la Confédération à une entreprise destinée à exploiter en commun avec d'autres pays européens le réacteur d'essai à eau bouillante, situé à Halden, Norvège.

## I. INTRODUCTION

Dans notre message du 15 juillet 1958 concernant l'approbation de deux conventions qui ont été signées par le conseil de l'Organisation européenne de coopération économique, le 20 décembre 1957, pour l'utilisation de l'énergie atomique à des fins pacifiques, nous avons exposé le programme de l'OECE, dont l'objet est d'établir entre Etats une collaboration tendant à faciliter l'utilisation civile de l'énergie atomique en Europe. Une part importante de ce programme est réservée à la réalisation de certains réacteurs expérimentaux. En effet, on estime que pour parvenir finalement à la réalisation du réacteur le plus économique et le plus sûr du point de vue technique, il importe au préalable de poursuivre des expériences pratiques sur divers types de réacteurs qui ne sont pour le moment qu'à l'état de projet. Pour atteindre ce but, on considère qu'il est plus rationnel, économique et efficace de créer en Europe des entreprises communes, destinées à construire et à exploiter certains types de réacteurs expérimentaux, plutôt que de procéder par une juxtaposition d'entreprises nationales.



En conséquence, le conseil de l'Organisation européenne de coopération économique décida, le 18 juillet 1956, d'entreprendre l'étude de réacteurs expérimentaux pouvant être construits grâce à un effort commun des membres de l'organisation. Un groupe d'experts fut chargé par le conseil d'examiner cette question et de recommander les types de réacteurs, non prévus dans des programmes nationaux, qui pourraient entrer en ligne de compte. Des experts suisses participèrent aux travaux de ce groupe. Parmi les divers genres de réacteurs envisagés, la priorité fut donnée à l'étude de deux réacteurs, l'un homogène aqueux et l'autre à *eau bouillante lourde*.

Le gouvernement norvégien avait déjà entrepris à Halden la construction d'un réacteur à eau bouillante lourde. Il offrit généreusement à l'OECE de mettre ce réacteur à la disposition des Etats membres intéressés, en vue de la mise en œuvre d'un programme de recherches. Le gouvernement norvégien, constatant qu'un certain nombre de pays étaient favorables à son projet, invita les Etats ayant l'intention de participer à cette entreprise à envoyer des délégations à Oslo les 17 et 18 avril 1958. Au cours de cette conférence, les délégués jetèrent les bases d'un accord qui fut ensuite accepté lors d'une deuxième réunion tenue à Oslo le 11 juin 1958. Les délégués de la Norvège, de l'Autriche, du Danemark, de l'EURATOM, de la Suède, de la Grande-Bretagne et de la Suisse signèrent l'accord en question, annexé au présent message.

## II. DESCRIPTION DE L'ENTREPRISE COMMUNE DE HALDEN

### a. *Caractéristiques du réacteur*

Le réacteur construit par la Norvège à Halden est le seul réacteur à eau bouillante d'Europe. En outre, il s'agit du premier réacteur au monde qui utilise de l'eau bouillante lourde comme modérateur. Les experts ont donné la préférence à une entreprise commune utilisant les réacteurs à eau bouillante, étant donné que les réacteurs de ce type, après une mise au point nécessaire, offrent des perspectives intéressantes pour la production d'énergie à des conditions économiques. Par rapport aux réacteurs à eau sous pression, le principal avantage est d'éviter un système de refroidissement par eau circulant à haute pression, et de permettre à la vapeur produite d'être envoyée directement à une turbine, ce qui supprime l'échangeur de chaleur intermédiaire.

### b. *Moyens mis en œuvre pour la réalisation de l'entreprise commune de Halden*

Par l'accord élaboré et signé à Oslo, les parties contractantes s'engagent à participer techniquement et financièrement à l'exploitation du réacteur de Halden, en vue de l'exécution d'un programme commun de recherches

et d'expériences, pour une période de trois ans à partir du 1<sup>er</sup> juillet 1958. En contrepartie, les résultats des recherches scientifiques et les connaissances résultant de l'exploitation du réacteur et de l'exécution du programme commun seront communiqués aux signataires.

L'accord, dans sa partie générale, règle les relations devant être établies entre les Etats participants et l'institut norvégien de recherche atomique. Cet instrument constitue un accord de droit civil norvégien et non pas un accord de droit international. C'est pourquoi, il n'est pas nécessaire de le soumettre à la procédure d'approbation des chambres, prévue pour les traités internationaux. Le réacteur reste la propriété du gouvernement norvégien et demeure sous son entière responsabilité. Aucun privilège ni immunité ne sont accordés en vertu de cet accord à l'entreprise de Halden.

L'influence des Etats signataires dans la conduite de l'entreprise de Halden s'exerce au sein du comité de Halden, organe directeur du programme de recherches communes, dans lequel chaque Etat est représenté. Principalement, le comité approuve chaque année le programme et le budget. Il décide aussi des règles relatives aux brevets qui découleraient de l'exécution du programme. Le comité de Halden est assisté d'un «groupe technique», également composé de représentants de tous les Etats signataires, qui suivra de plus près la marche des travaux. Un lien, de nature formelle, est établi avec le comité de direction de l'agence européenne de l'énergie nucléaire, celui-ci pouvant déléguer un observateur aux réunions du comité de Halden. En outre, ce dernier informe l'agence européenne pour l'énergie nucléaire du développement des travaux de Halden.

Tout Etat tiers peut adhérer à l'accord avec le consentement unanime des Etats signataires.

L'accord comprend, en annexe, un programme approximatif des recherches qui devront être entreprises.

### c. *Financement*

L'accord, à son article 5, précise que le programme commun, dont la durée n'excédera pas trois ans, devra être exécuté dans les limites d'un budget de 3 660 000 de dollars. Les dépenses sont supportées par les signataires et réparties comme il suit, selon les dispositions qui se trouvent à l'annexe D de l'accord:

	Dollars
L'institut norvégien pour l'énergie atomique . . . . .	1 000 000
la République d'Autriche, représentée par la chancellerie fédérale . . . . .	150 000
la commission danoise de l'énergie atomique. . . . .	150 000
la commission de la Communauté européenne de l'énergie atomique (EURATOM). . . . .	1 000 000

	Dollars
Aktiebolaget Atomenergi à Stockholm . . . . .	350 000
le gouvernement de la Confédération suisse . . . . .	350 000
l'autorité de l'énergie atomique du Royaume-Uni . . . . .	660 000

La quote-part de la Suisse, comme celle des autres États participants, n'a pas été calculée, à proprement parler, selon un barème, mais compte tenu de l'intérêt qu'a chaque pays à collaborer au projet de Halden: les petits pays ont relativement plus d'intérêt à y participer que les grands États, qui ont déjà à leur disposition des installations importantes dans le domaine nucléaire.

Dans le cas de la Suède — dont la quote-part est égale à celle de la Suisse —, ce pays a déjà entrepris des études de réacteurs dont les résultats seront mis à la disposition de Halden et diminueront proportionnellement les frais d'exploitation de l'entreprise commune. Aussi, en signant l'accord de Halden, le délégué suisse a-t-il précisé que la contribution de 350 000 dollars avait été calculée selon l'intérêt suisse à participer au projet et n'était pas fondée sur un véritable barème. La quote-part prévue pour la Suisse doit donc être considérée comme ne pouvant constituer de précédent.

Le Conseil fédéral, par ses décisions des 13 mai et 6 juin, a autorisé notre ambassadeur à Oslo à signer l'accord relatif à l'exploitation commune du réacteur de Halden et à approuver une participation de la Suisse de 1 500 000 francs, sous réserve de l'approbation des chambres. Ce montant sera payé non pas en une seule fois, mais en versements échelonnés.

La Confédération assumera provisoirement la charge financière de la participation suisse; toutefois, les maisons privées qui en bénéficieront, par exemple en envoyant du personnel à Halden et en recevant communication du résultat des recherches, seront tenues de verser à la Confédération des compensations adéquates. Les critères qui seront pris en considération pour régler la participation des entreprises privées seront déterminés par la suite.

### III. AVANTAGES DONT BÉNÉFICIERA LA SUISSE DE SA PARTICIPATION A L'ENTREPRISE COMMUNE DE HALDEN

Le délégué du Conseil fédéral à l'énergie atomique s'est assuré l'intérêt des milieux suisses de l'industrie et de la science. Etant donné que le réacteur de l'entreprise commune est construit dans une caverne et que tous les projets de réacteurs actuellement à l'étude en Suisse prévoient que les installations seront également souterraines, les expériences faites en Norvège nous seront particulièrement précieuses.

D'autre part, nous tirerons des enseignements utiles de l'exploitation du type de réacteur à eau bouillante lourde pour la réalisation des projets actuellement à l'étude en Suisse.

Il est particulièrement avantageux que le réacteur de Halden soit déjà construit et prêt à fonctionner. De cette façon, les spécialistes suisses pourront prendre part aux expériences dès le début de l'exploitation et être ainsi en mesure, à brève échéance, d'utiliser leurs connaissances dans la construction de réacteurs en Suisse.

Si la Suisse n'avait pas la possibilité de participer à l'entreprise de Halden, nous devrions construire nous-mêmes (par la Réacteur S. A. ou autre société) nos propres installations de recherches, dont le coût dépasserait largement le montant de notre contribution à Halden et dont nous ne pourrions pas tirer le même profit. En effet, ces installations, si elles étaient construites dans notre pays, ne pourraient commencer à être exploitées que dans des délais fort éloignés. En outre, nous ne bénéficierons pas automatiquement, comme cela est le cas pour Halden, des connaissances et expériences des techniciens d'autres nations, avec lesquels nos experts travailleront en étroite collaboration.

En considération des arguments résumés ci-dessus, les milieux suisses de l'industrie et de la science sont unanimes: ils estiment sans réserve que notre intérêt est de participer à Halden et que la quote-part de 350 000 dollars prévue pour la Suisse représente un montant raisonnable, étant donnés les avantages que cette collaboration internationale nous apportera.

Le travail de recherche entrepris à Halden contribuera à resserrer encore davantage les liens de coopération scientifique et technique entre Etats européens, en particulier avec la Norvège. Il convient de relever que ce pays, très avancé dans la recherche nucléaire, nous a généreusement permis depuis quelques années déjà de profiter de ses connaissances en invitant des techniciens suisses à se perfectionner dans ses installations atomiques.

\* \* \*

Pour les raisons que nous venons d'exposer, nous avons l'honneur de vous proposer d'approuver le projet d'arrêté ci-joint.

Veuillez agréer, Monsieur le Président et Messieurs, les assurances de notre haute considération.

Berne, le 15 juillet 1958.

Au nom du Conseil fédéral suisse:

*Le président de la Confédération,*

**Holenstein**

*Le vice-chancelier,*

**F. Weber**

(Projet)

**ARRÊTÉ FÉDÉRAL**

approuvant

**la participation de la Suisse à l'entreprise commune de Halden**

---

*L'Assemblée fédérale de la Confédération suisse,*

vu l'article 24 *quinquies* de la constitution;

vu le message du Conseil fédéral du 15 juillet 1958,

*arrête:*

**Article premier**

Le Conseil fédéral est autorisé à verser une somme de 1 500 000 francs à l'institut de l'énergie atomique de Norvège, au titre de participation suisse au programme commun de recherches du réacteur expérimental de Halden.

**Art. 2**

Le présent arrêté, qui n'est pas de portée générale, entre immédiatement en vigueur.

Le Conseil fédéral est chargé de son exécution.

## ACCORD

relatif

### à l'exploitation commune du réacteur bouillant de Halden

---

L'Institut Norvégien pour l'Energie Atomique, la République d'Autriche représentée par la Chancellerie Fédérale, la Commission Danoise de l'Energie Atomique, la Commission de la Communauté Européenne de l'Energie Atomique (EURATOM), Aktiebolaget Atomenergi à Stockholm, le Gouvernement de la Confédération Suisse et l'Autorité de l'Energie Atomique du Royaume-Uni (appelés ci-après les «Signataires»);

Considérant que l'Institut Norvégien pour l'Energie Atomique (appelé ci-après l'«Institut») a entrepris en 1955 la construction à Halden (Norvège) d'un réacteur à eau bouillante; que ce réacteur est situé sur des terrains appartenant à la Société Saugbrugsforeningen; que les installations du réacteur sont la propriété de l'Institut; que sa construction sera achevée dans le courant de l'année 1958;

Considérant que les études entreprises au sein de l'Organisation Européenne de Coopération Economique en vue d'une opération dans le domaine des réacteurs expérimentaux ont fait apparaître l'intérêt d'un certain nombre de pays membres de l'Organisation à participer à des travaux d'études et de recherches relatifs à l'exploitation des réacteurs à eau bouillante; que, compte tenu de cet intérêt, l'Institut s'est déclaré prêt à envisager l'exécution d'un programme commun de recherches et d'expériences d'une durée de trois ans au moyen du réacteur de Halden;

Considérant que les Signataires ont fait connaître leur intention de participer techniquement et financièrement à cette exploitation en vue d'exécuter un programme commun de recherches et d'expériences qui sera élaboré par les Signataires sur les bases du projet de programme de recherches et d'expériences proposé par l'Institut et reproduit à l'Annexe A au présent Accord; que la dépense pour la période de trois ans envisagée a été estimée à 3 860 000 unités de compte de l'Union Européenne de Paiements (la décomposition provisoire de ce montant est donnée à l'Annexe B au présent Accord);

Considérant que l'exploitation du réacteur, qui reste la propriété de l'Institut, sera effectuée sous la responsabilité de l'Institut et conformément aux lois et accords applicables:

Sont convenus de ce qui suit:

### Article 1

Les Signataires exécuteront un programme commun de recherches et d'expériences au moyen du réacteur de Halden, pendant une période de trois ans à compter du 1<sup>er</sup> juillet 1958, conformément aux dispositions du présent Accord.

Le réacteur de Halden et les installations annexes disponibles pour l'exécution du programme commun sont décrits dans l'Annexe C au présent Accord.

### Article 2

a. Un Comité (appelé ci-après le «Comité de Halden») composé d'un membre désigné par chacun des Signataires,

- (i) Approuve chaque année le programme commun des recherches et d'expériences;
- (ii) Approuve chaque année le budget des dépenses correspondant au programme commun;
- (iii) Décide des règles relatives aux brevets auxquels l'exécution du programme commun pourrait conduire et notamment des conditions dans lesquelles les Signataires auront le droit d'acquérir des licences non exclusives sur ces brevets;
- (iv) Examine tout autre question qui lui est soumise par l'Institut ou le Groupe technique de Halden.

b. Le Comité de Halden désigne chaque année son Président et son Vice-Président et arrête son Règlement Intérieur. Il se réunit au moins deux fois par an, sur convocation de son Président, en principe au siège de l'Agence Européenne pour l'Energie Nucléaire. Sur demande écrite de membres représentant cinquante pour cent des voix, le Président est tenu de convoquer dans les deux semaines une réunion du Comité de Halden. Un représentant de l'Agence Européenne pour l'Energie Nucléaire peut assister, à titre consultatif, aux réunions du Comité de Halden.

c. Le Comité de Halden tient informé le Comité de Direction de l'Agence Européenne pour l'Energie Nucléaire de la marche générale des travaux.

d. Les décisions du Comité de Halden sont prises à la majorité des deux tiers des voix exprimées. Chaque membre dispose d'une voix à l'exception des membres désignés par l'Institut et par la Commission de la Communauté Européenne de l'Energie Atomique (EURATOM) qui disposent chacun de trois voix, et du membre désigné par l'Autorité de l'Energie Atomique du Royaume-Uni qui dispose de deux voix. Toutefois, l'accord du membre représentant l'Institut est nécessaire pour les décisions relatives à l'assurance et les décisions impliquant des risques de sécurité ou



qui peuvent compromettre l'utilisation future du réacteur et des installations auxiliaires.

### Article 3

a. Un Groupe technique (appelé ci-après le «Groupe technique de Halden») composé d'un spécialiste qualifié, désigné par chacun des Signataires, assiste le Comité de Halden dans l'exécution de ses tâches, en particulier dans l'élaboration du programme commun, et veille à l'exécution du programme commun par l'Institut.

b. En particulier, le Groupe technique de Halden:

- (i) Approuve les contrats dépassant 50 000 unités de compte U.E.P., qui pourraient être conclus par l'Institut pour l'exécution du programme commun;
- (ii) Approuve les conditions d'emploi du personnel scientifique et technique travaillant à l'exécution du programme commun, et rémunéré sur le budget commun.

c. Le Groupe technique de Halden désigne chaque année son Président et son Vice-Président et arrête son Règlement Intérieur. Il se réunit aussi souvent qu'il l'estime nécessaire et au moins quatre fois par an, en principe à Halden et sur convocation de son Président. Sur demande écrite de membres représentant cinquante pour cent du nombre des voix, le Président doit, dans les deux semaines, convoquer une réunion du Groupe technique de Halden.

d. Les décisions du Groupe technique de Halden sont prises à la majorité des deux tiers des voix exprimées. Chaque membre dispose d'une voix à l'exception des membres désignés par l'Institut et par la Commission de la Communauté Européenne de l'Energie Atomique (EURATOM) qui disposent chacun de trois voix, et du membre désigné par l'Autorité de l'Energie Atomique du Royaume-Uni qui dispose de deux voix.

### Article 4

a. L'Institut, en consultation avec le Groupe technique de Halden assure la conduite technique et administrative des travaux dans le cadre du programme et du budget approuvés par le Comité de Halden.

b. Le Directeur du projet, nommé par l'Institut, assiste aux séances du Comité de Halden avec voix consultative et aux séances du Groupe technique de Halden. Il est tenu de fournir tous les renseignements qui lui sont demandés, relativement à l'exécution du programme commun.

c. Le personnel scientifique et technique sera nommé par l'Institut en accord avec les Signataires qui mettent ce personnel à la disposition de l'Institut. L'Institut sera intégralement responsable de tous faits com-

mis ou omis par ce personnel au cours ou à l'occasion de l'accomplissement de son travail.

*d.* Les Signataires pourront, en outre, envoyer des stagiaires travailler auprès du réacteur et des installations auxiliaires; la rémunération des stagiaires incombera aux Signataires. L'Institut établira et soumettra à l'approbation du Comité de Halden les règles d'admission des stagiaires, en précisant le nombre de ces derniers.

#### Article 5

*a.* Dans la limite d'un montant fixé à 3 660 000 unités de compte U.E.P., pour une période de trois ans, les dépenses relatives à l'exécution du programme commun sont supportées par les Signataires et réparties conformément aux dispositions de l'Annexe D au présent Accord. Les engagements des Signataires sont limités au montant de leurs contributions découlant de cette répartition.

*b.* L'Institut prépare chaque année un projet de programme et de budget, ainsi qu'un rapport comprenant les comptes de l'année précédente, qui est soumis à l'approbation du Comité de Halden, avec les commentaires du Groupe technique de Halden. L'Institut soumet à l'approbation du Comité de Halden un modèle du budget et des comptes, reflétant les dépenses relatives à l'exécution du programme commun. Le projet de programme et de budget est ainsi soumis au plus tard deux mois avant le commencement de l'année en question et le rapport, au plus tard, trois mois après la fin de l'année en question. L'exercice financier va du 1<sup>er</sup> juillet au 30 juin.

*c.* Le Comité de Halden approuve le budget annuel au plus tard trente jours avant le commencement de l'exercice financier en question. Le Comité de Halden approuve le premier budget annuel au plus tard le 1<sup>er</sup> août 1958.

*d.* Les contributions dues par les Signataires, sont, dans les trois mois suivant cette approbation, versées à l'Institut et affectées à l'exécution du programme commun.

*e.* L'Institut est exclusivement responsable de toutes les actions, litiges, coûts et dépenses, quelle qu'en soit la nature, découlant du fonctionnement du réacteur de Halden et des installations auxiliaires. Il est tenu d'indemniser les autres Signataires pour toute action, litige, coût et dépense de ce type qui pourraient engager les autres Signataires.

*f.* Sauf accord contraire entre le Comité de Halden et l'Institut, tous les biens acquis par l'Institut dans le cadre du programme commun et du budget resteront la propriété de l'Institut à l'expiration du présent Accord.

## Article 6

a. Les Signataires auront communication des résultats des recherches scientifiques et des connaissances résultant du fonctionnement du réacteur de Halden et de l'exécution du programme commun.

b. Les résultats des recherches et connaissances visées au paragraphe précédent seront diffusés par voie de rapports aux Signataires conformément aux directives du Comité de Halden.

## Article 7

a. Le présent Accord est conclu pour une durée de trois ans à compter du 1<sup>er</sup> juillet 1958. Six mois avant son expiration, les Signataires détermineront, de concert s'il y a lieu, de le proroger, et dans quelles conditions.

b. D'autres parties pourront adhérer à l'Accord, avec l'agrément unanime des Signataires et aux conditions fixées par ceux-ci.

c. L'Institut pourra, avec l'approbation du Comité de Halden, conclure des accords de collaboration pour l'exécution du programme commun. Ces accords pourront notamment prévoir des échanges d'information ou de personnel scientifique et technique, ainsi que les modalités d'une association aux travaux du Comité de Halden et du Groupe technique de Halden.

---

## ANNEXE A

### **Esquisse d'un programme de recherches et d'expériences, proposé par l'institut**

Il paraît utile de diviser le programme de recherches et d'expériences du réacteur de Halden en deux stades.

Le premier stade concerne les recherches effectuées avec la première charge de combustible. Pour ces expériences, on peut envisager un programme détaillé.

Au second stade, les efforts sont concentrés sur les essais et la mise au point des améliorations du cœur. Les grandes lignes de cette mise au point seront décrites brièvement.

#### **1. Expérience avec la première charge de combustible**

##### *a. Expériences à puissance nulle*

Il est toujours intéressant d'utiliser un réacteur vierge pour effectuer des recherches fondamentales sur un système à réaction en chaîne. Etant donné que le volume actif du réacteur de Halden sera important, on pourra

procéder à toutes sortes d'expériences avec différentes dispositions géométriques du cœur. Il sera possible de faire varier l'épaisseur des réflecteurs en D/O, celle de la cuve en acier et celle du réflecteur en H/O.

On pourra mesurer les coefficients de température du système dans un intervalle beaucoup plus étendu qu'il n'est ordinairement possible de le faire.

On pourra vérifier les calculs théoriques relatifs aux barres de réglage en mesurant l'effet de groupages différents de ces barres sur la réactivité. On pourra également mesurer les effets d'ombre des barres se gênant l'une l'autre.

Les mesures de l'influence des bulles de vapeur sur la réactivité constitueront une partie importante du programme d'essais à puissance nulle. Une technique d'essai sur la perturbation des bulles, mise au point avec succès à Kjeller, sera appliquée à Halden.

On mesurera également l'influence de la température sur le coefficient des bulles de vapeur.

On s'efforcera de déterminer avec précision le signe et la grandeur du coefficient cavitaire de la réactivité. Il n'est nullement évident qu'un réacteur à eau bouillante a toujours un coefficient cavitaire négatif. Ce coefficient dépend de la géométrie du cœur. Le réacteur de Halden fournira d'importantes informations sur ce point.

On mesurera la fonction de transfert du réacteur à puissance zéro et on déterminera la durée de vie moyenne des neutrons thermiques.

### *b. Essais à pleine puissance*

L'étude de la stabilité dynamique d'un réacteur à eau lourde bouillante constitue naturellement l'essai le plus important. Comme essais types, on peut mentionner un grand nombre d'essais dans lesquels on perturbe la réactivité soit au moyen de disques de cadmium tournants, soit en faisant varier la pression ou la charge.

Pour avoir une idée exacte de la stabilité dynamique du réacteur de Halden, il faudra réunir en outre certaines données concernant l'échangeur de chaleur et le circuit secondaire.

Avant le démarrage, puis à pleine puissance, on procédera sur la cuve du réacteur à une série de mesures ayant pour objet de déterminer sa résistance aux efforts mécaniques.

Un essai intéressant consistera à déterminer l'importance de la radioactivité transportée du cœur du réacteur à l'échangeur de chaleur.

La structure hydrodynamique de la circulation dans le cœur est un élément très important, décisif pour la stabilité du réacteur. On recher-

chera les techniques permettant de mesurer cette circulation et le coefficient cavitaire *in situ*.

Une étude séparée sera consacrée à la protection biologique. On mesurera en certains points importants la distribution des flux de neutrons rapides et de neutrons thermiques, ainsi que l'intensité des rayons gamma. Un dispositif particulier aménagé à proximité de la cuve du réacteur permettra d'effectuer des essais de protection.

Au stade initial, les recherches métallurgiques porteront principalement sur la vitesse de corrosion des éléments structurels. On admet que la première charge de combustible ne sera utilisée qu'à puissance et température réduites, et qu'elle sera remplacée en temps voulu par une seconde charge permettant d'atteindre les pressions et températures prévues au projet.

Le premier cœur sera composé d'éléments de combustible en uranium métallique naturel, associés à quelques éléments enrichis servant à truffer le cœur, afin d'atteindre la réactivité nécessaire et une puissance techniquement intéressante sous des températures de 100 à 150° C. La température de 150° C a été fixée comme maximum autorisé dans le modérateur. Cette limite est déterminée par le risque d'une réaction chimique rapide entre le combustible métallique et l'eau chaude au-dessus de 100° C.

Grâce aux éléments servant à truffer le cœur, on dispose d'une certaine liberté pour modifier les paramètres importants du cœur. Pour le moment, on ignore si cette gamme de variation sera suffisante ou non pour tirer pleinement avantage de ce type simple de cœur. Il est possible que certaines autres modifications plus ou moins prévisibles se révèlent nécessaires.

Dans son état actuel, l'installation ne comporte pas de turbo-générateur. Si l'on rencontre des difficultés pour créer des variations de charge correctes ou si d'autres arguments techniques militent en faveur de l'adjonction d'un turbo-générateur, celui-ci pourra être installé dans le cadre du programme général d'essais.

### Essais avec la seconde charge et avec les charges ultérieures

On signalera ici quelques points techniques qui peuvent avoir une incidence sur le programme de recherches à long terme.

La cuve du réacteur a été conçue de telle sorte qu'il est en principe possible de remplacer le premier couvercle par un autre couvercle. Un puits, déjà aménagé dans la salle du réacteur, pourra être utilisé pour stocker cette lourde pièce en acier radioactif. Tous les éléments intérieurs de la cuve sont montés sur ce couvercle; ils seront donc enlevés en même temps que lui. Il s'ensuit que la possibilité de placer sur la cuve un nouveau cou-

vercle, étanche à la pression, permettrait d'effectuer des essais sur de nouveaux types de cœurs.

Le changement du couvercle exigerait probablement un arrêt de plusieurs mois; il faudrait donc que le projet du cœur soit fixé définitivement un an à l'avance.

Le remplacement du couvercle offrirait l'avantage de donner toute liberté pour le choix du nouveau cœur. On pourrait même réaliser un réacteur à eau légère bouillante.

Si l'on admet que le remplacement du couvercle peut s'effectuer, les possibilités de l'installation de Halden se rapprocheront davantage de celles d'une station d'essais de réacteurs que de celles d'un réacteur unique.

Selon les plans actuels, la seconde charge de combustible serait constituée par des groupes de barres contenant de l' $UO_2$  gainé d'acier inoxydable. L'exploitation commune du réacteur de Halden donnera un intérêt renouvelé aux gaines en zirconium. On pourrait envisager d'essayer des alliages d'aluminium, si toutefois il est possible de trouver une construction mécanique satisfaisante.

Il y a deux manières d'envisager le choix de la seconde charge de combustible.

La première consiste à conserver telle quelle la construction mécanique de la cuve et du couvercle (si le fonctionnement en est satisfaisant) et à essayer d'adapter au réseau un nouvel élément de combustible, tout en conservant l'uniformité du pas. Telle est la solution adoptée actuellement, mais il n'est nullement évident que ce soit la meilleure. D'une part, il serait très coûteux de changer le couvercle et d'autre part, la manipulation d'une aussi importante pièce radioactive présenterait de très grandes difficultés pratiques. On aurait peut-être beaucoup de peine à assurer une étanchéité absolue, compte tenu des conditions difficiles de cette manipulation.

On a procédé à une série d'essais exponentiels afin de déterminer la forme d'un élément de combustible s'adaptant au réseau et répondant en même temps aux conditions thermodynamiques. On a utilisé à cet effet des assemblages d' $UO_2$  sous gaine d'aluminium.

La seconde méthode consiste à changer le couvercle de la cuve, comme cela a été prévu initialement dans le projet, ce qui donne la possibilité de choisir en toute liberté la composition du nouveau cœur. Cette solution devrait être sérieusement examinée dans le cas du programme de recherches en commun concernant le réacteur de Halden.

Les essais préliminaires effectués avec la première charge de combustible indiqueront s'il est nécessaire de modifier les paramètres physiques du cœur pour assurer un comportement dynamique satisfaisant du réacteur. Ces essais pourraient aider à décider s'il convient de changer le couvercle. Les éléments de combustible entrant dans la seconde charge de

vraient être conçus de façon à pouvoir s'adapter facilement aux deux situations. Un élément important du programme commun de recherches consistera à mettre au point cette seconde charge.

Il y aurait lieu enfin d'étudier des phénomènes à long terme, comme l'influence des coefficients cavitaires sur le taux de combustion.

#### *Le réacteur de Halden en tant que réacteur d'essai de combustibles*

A ce stade, c'est-à-dire lorsqu'on disposera de la seconde charge de combustible, le réacteur devrait constituer une installation d'essai bien adaptée aux essais statiques d'éléments de combustible. Nous pensons qu'une charge de combustible utilisant de l' $\text{UO}_2$  sous forme de groupes de barres répond aux projets de réacteurs de puissance à refroidissement par eau, actuellement prévus en d'autres points de l'Europe.

#### *Essais d'emballement*

On sera sans doute d'accord pour ne pas faire figurer dans ce programme des essais d'emballement du type Borax I et SPERT. Par contre, il est instamment recommandé d'établir un contact étroit entre les groupes d'expérimentateurs qui procèdent à ces sortes d'essais, et le groupe de Halden.

#### *Besoins en personnel*

L'exécution du programme de recherches proposé exigera vraisemblablement un personnel de 15 à 30 scientifiques professionnels, qui devrait être fourni par les Instituts et par les autres pays participants ou associés.

---

## ANNEXE B

**Budget provisoire pour la période de trois ans  
commençant le 1<sup>er</sup> juillet 1958**

**Dépenses***Exploitation:*

u/c U.E.P.

Salaires du personnel d'exploitation . . . . .	180 000	
Frais d'entretien. . . . .	200 000	
Pertes d'eau lourde . . . . .	70 000	450 000
	<u>          </u>	

*Expériences:*

Salaires du personnel scientifique et industriel . . . . .	400 000	
Installations expérimentales. . . . .	250 000	
Service de calcul. . . . .	50 000	700 000
	<u>          </u>	

*Achat des charges de combustibles:*

Première charge . . . . .	700 000	
Eléments pour truffer le cœur . . . . .	150 000	
Deuxième charge . . . . .	850 000	1 700 000
	<u>          </u>	

*Dépenses générales:*

Bâtiments supplémentaires pour les bureaux et les laboratoires . . . . .	110 000	
Logements supplémentaires . . . . .	75 000	
Administration et voyages . . . . .	275 000	
Assurances (2 ans 1/2) . . . . .	200 000	660 000
Modifications et extensions des installations		350 000
	<u>          </u>	
	Total	<u>3 860 000</u>

**Recettes**

Contributions . . . . .	3 600 000	
Vente de la première charge. . . . .	150 000	
Vente des logements . . . . .	50 000	
	<u>          </u>	
	Total	<u>3 860 000</u>



## ANNEXE C

**Liste des installations et du matériel à prévoir pour le réacteur  
bouillant de Halden**

Cette liste comprend 5 parties:

1. Emplacement
2. Bâtiments
3. Installations mécaniques
4. Installations électriques, instruments de mesure et dispositifs de commande
5. Eau lourde

*1. Emplacement**2. Bâtiments*

- 2.1 Salle du réacteur et puits
- 2.2 Tunnel d'entrée et sas étanche et résistant à la pression au total 8000 m<sup>3</sup> pour 2.1 et 2.2)
- 2.3 Galerie des câbles
- 2.4 Bâtiment des commandes
- 2.5 Bâtiment annexe pour la purification de l'eau, le matériel et le groupe électrogène de secours
- 2.6 Groupe de ventilation pour la salle du réacteur
- 2.7 Pont roulant de 50 tonnes

*3. Installations mécaniques*

- 3.01 Cuve du réacteur, avec couvercle, boulons, joints, bouclier thermique, plaques inférieures, écrans de protection, éléments de chauffage pour le serrage des boulons et manchons résistant à la pression pour les barres de réglage
- 3.02 Protection
  - 3.02.1 Boucliers d'eau
  - 3.02.2 Système de refroidissement du bouclier en béton
  - 3.02.3 Bouclier supérieur du puits du réacteur
  - 3.02.4 Circuit fermé de refroidissement avec vannes et appareils pour la mesure de la température, de la pression et du débit

- 3.02.5 Dégazeur, vase d'expansion et réservoir d'appoint
- 3.02.6 Enveloppe et échangeur de chaleur de type tubulaire
- 3.02.7 Pompe de circulation
- 3.02.8 Bouclier supérieur des puits de stockage des barres irradiées, bouclier des échangeurs d'ions, centrifugeuse, etc. du circuit primaire
- 3.03 Circuit fermé de refroidissement de l'eau lourde
  - 3.03.1 Enveloppe et échangeur de chaleur de type tubulaire en acier inoxydable
  - 3.03.2 Pompe de circulation de l'eau lourde, type Hayward-Tyler, sous gaine
  - 3.03.3 Canalisations en acier inoxydable avec vannes, appareils pour la mesure de la température, de la pression et du débit
- 3.04 Circuit fermé d'eau lourde: canalisations en acier doux, canalisations en acier inoxydable pour les condensats, orifice de sortie de la vapeur, vannes et dispositifs pour la mesure de la température, de la pression et du débit
- 3.05 Circuit de recombinaison d'eau lourde à haute pression, avec éjecteur, réfrigérateur, réchauffeurs, catalyseurs, canalisations, vannes et dispositifs de mesure
- 3.06 Circuit de recombinaison de l'eau lourde à basse pression, avec canalisations, vannes, dispositifs de mesure et
  - 3.06.1 Appareil de recombinaison
  - 3.06.2 Réchauffeur
  - 3.06.3 Réfrigérateur
  - 3.06.4 Dispositifs de circulation de gaz
- 3.07 Circuit de purification de l'eau lourde, avec canalisations en acier inoxydable, filtres, vannes, dispositifs de mesure et
  - 3.07.1 Enveloppe et échangeur de chaleur de type tubulaire
  - 3.07.2 Centrifugeuse
  - 3.07.3 Réservoir supérieur
  - 3.07.4 Echangeurs d'ions
  - 3.07.5 Réservoir inférieur
  - 3.07.6 Pompe d'alimentation pulsée type Lapp
- 3.08 Cuve de réserve pour l'eau lourde, avec canalisations de raccord, vannes, dispositifs de mesure et
  - 3.08.1 Réservoir de drainage

- 3.09 Système de circulation d'eau légère, type La Mont, avec canalisations, vannes, dispositifs de mesure et
  - 3.09.1 Enveloppe en acier inoxydable et échangeur principal de chaleur de type tubulaire
  - 3.09.2 Séparateur de vapeur avec réchauffeur d'eau de 300 kW
  - 3.09.3 Deux pompes de circulation type La Mont
- 3.10 Canalisations auxiliaires situées dans la salle, les sous-sols et le tunnel, avec leurs vannes et dispositifs de mesure et
  - 3.10.1 Deux pompes de drainage
- 3.11 Puits «chaud» destiné à recevoir les barres irradiées, avec canalisations et vannes
- 3.12 Station de pompage à l'entrée du tunnel, avec canalisations, vannes, dispositifs de mesure et
  - 3.12.1 Deux pompes d'alimentation pour l'eau légère
  - 3.12.2 Pompe d'injection
  - 3.12.3 Cuve d'appoint pour la solution adoucissante
- 3.13 Installation d'appoint pour l'eau légère, avec canalisations, vannes, dispositifs de mesure et
  - 3.13.1 Réservoir
  - 3.13.2 Réchauffeurs
  - 3.13.3 Filtre à anthracite
- 3.14 Cuves d'attente, avec canalisations de raccord, pompe, vannes et dispositions de mesure
- 3.15 Equipement mécanique général
  - 3.15.1 Isolation thermique des éléments de l'équipement des circuits primaire et secondaire
  - 3.15.2 Consoles, échelles, etc.
  - 3.15.3 Appareils pour le levage et le transport des pièces
  - 3.15.4 Portes en acier pour les sas étanches à la pression
  - 3.15.5 Graphite pour les chambres d'ionisation
  - 3.15.6 Equipement d'atelier, machines-outils, pièces détachées, etc.

#### 4. Installations électriques, instruments et commandes

- 4.1 Réglage relatif à la physique du réacteur: détecteurs de neutrons, chambres, compteurs, amplificateurs, échelles, appareils de mesure du taux instantané, redresseurs et dix barres de réglage

- 4.2 Réglage relatif au fonctionnement du réacteur: mesure des températures, pressions, débits, etc., produits de fission, appareil de contrôle, enregistreurs, potentiomètres, etc., équipement de télévision, système d'intercommunication et téléphone
  - 4.3 Installation de la salle de commande
    - 4.3.1 Panneau du schéma des circuits
    - 4.3.2 Tableau principal
    - 4.3.3 Pupitre de commande
    - 4.3.4 Amplificateurs, contacteurs, disjoncteurs, etc.
  - 4.4 Groupe électrogène de secours, avec moteur diesel, transformateur, redresseur et batterie d'accumulateurs
  - 4.5 Instruments de la physique de santé
5. *Eau lourde, 16 tonnes*

---

## ANNEXE D

### Barème des contributions

Signataires	Montant u/cU.E.P.
L'Institut Norvégien pour l'Energie Atomique. . . . .	1 000 000
La République d'Autriche représentée par la Chancellerie Fédérale . . . . .	150 000
La Commission Danoise de l'Energie Atomique . . . . .	150 000
La Commission de la Communauté Européenne de l'Energie Atomique (EURATOM) . . . . .	1 000 000
Aktiebolaget Atomenergi à Stockholm . . . . .	350 000
Le Gouvernement de la Confédération Suisse . . . . .	350 000
L'Autorité de l'Energie Atomique du Royaume-Uni . . . . .	660 000
Total	3 660 000