

## Rapport du groupe de travail chargé de l'étude des problèmes relatifs à la construction d'une usine de séparation isotopique de l'uranium (Bruxelles, 14 janvier 1956)

**Légende:** Le 14 janvier 1956, le groupe de travail du comité Spaak chargé de l'étude des problèmes relatifs à la construction d'une usine de séparation isotopique de l'uranium remet un rapport dans lequel les experts nucléaires des Six examinent notamment le rôle de l'uranium 235, l'état des techniques de séparation isotopique, leur évaluation économique et les possibilités de création d'un organisme d'études commun.

**Source:** Archives historiques du Conseil de l'Union européenne, Bruxelles, Rue de la Loi 175. Négociations des traités instituant la CEE et la CEEA (1955-1957), CM3. Comité intergouvernemental/Conférence intergouvernementale : syndicat d'études pour la construction d'une usine de séparation isotopique de l'uranium, CM3/NEGO/177.

**Copyright:** (c) Union européenne

**URL:**

[http://www.cvce.eu/obj/rapport\\_du\\_groupe\\_de\\_travail\\_charge\\_de\\_l\\_etude\\_des\\_problemes\\_relatifs\\_a\\_la\\_construction\\_d\\_une\\_usine\\_de\\_separation\\_isotopique\\_de\\_l\\_uranium\\_bruelles\\_14\\_janvier\\_1956-fr-174aecbe-a6cf-4375-bc76-c0cd8860bfd0.html](http://www.cvce.eu/obj/rapport_du_groupe_de_travail_charge_de_l_etude_des_problemes_relatifs_a_la_construction_d_une_usine_de_separation_isotopique_de_l_uranium_bruelles_14_janvier_1956-fr-174aecbe-a6cf-4375-bc76-c0cd8860bfd0.html)



**Date de dernière mise à jour:** 05/11/2015

## Rapport du groupe de travail chargé de l'étude des problèmes relatifs à la construction d'une usine de séparation isotopique de l'uranium (Bruxelles, le 14 janvier 1956)

Le groupe de travail chargé de l'étude des problèmes relatifs à la construction d'une usine de séparation isotopique de l'uranium, institué par décision des chefs de délégation en date du 7 novembre 1955 (voir procès verbal de cette réunion, doc. MAE 532 et procès verbal de la réunion des experts en matière nucléaire du 12 décembre 1955, doc. MAE 547), a tenu séance, en réunion préliminaire : les 19 et 20 décembre 1955 et 4 janvier 1956, et en réunion officielle : le 12 janvier 1956, sous la présidence de M. Bertrand GOLDSCHMIDT.

Il a examiné, sur la base d'une note présentée par M. Goldschmidt, les questions suivantes concernant la construction d'une usine de séparation isotopique envisagée dans le Rapport de la commission de l'énergie nucléaire :

- a. rôle de l'uranium 235;
- b. état des techniques de séparation isotopique;
- c. évaluations économiques (coût, durée de construction, etc.);
- d. création d'un organisme d'études commun.

### I. rôle de l'uranium 235

Les experts estiment que le développement de l'énergie atomique nécessitera la disposition de quantités croissantes de combustibles nucléaires plus concentrés en matières fissiles que l'uranium naturel.

Les matières fissiles à considérer sont:

- l'uranium 235,
- le plutonium,
- l'uranium 233.

Il est généralement admis que dans un avenir lointain le développement de l'énergie atomique sera probablement basé sur le cycle rapide uranium 238-plutonium et sur le cycle thermique thorium-uranium 233 ou sur l'un de ces deux cycles seulement.

Toutefois il importe de considérer les besoins européens en combustibles nucléaires concentrés dans un avenir plus rapproché, à savoir la période 1960-1975, période au cours de laquelle devrait être mise sur pied et amortie l'usine envisagée de séparation isotopique de l'uranium.

Pendant cette période, le plutonium proviendra de grandes piles à uranium naturel ou faiblement enrichi, probablement du type Calder Hall/Marcoule. Quant à l'uranium 233 il ne pourra être obtenu dans les piles du dernier type qu'en quantités faibles par rapport à la quantité de plutonium produit. Une production plus importante d'uranium 233 dans des réacteurs à uranium naturel pourrait être envisagée dans des réacteurs à eau lourde, mais demanderait des investissements importants pour la production de celle-ci. En l'absence d'un tel investissement, seule la disposition de quantités importantes d'uranium 235 et de plutonium permettrait une production à grande échelle d'uranium 233 dans des piles suffisamment enrichies en l'un ou l'autre de ces combustibles nucléaires pour y tolérer de grandes quantités de thorium.

Il semble en conséquence, à première vue, que la comparaison entre les matières fissiles susceptibles d'être employées comme combustible, ne peut porter pour la période considérée que sur l'uranium 235 et le plutonium. Toutefois, il importe de signaler qu'une étude approfondie devrait être entreprise pour préciser à partir de quelle date l'uranium 233 jouera un rôle substantiel dans l'énergie atomique en Europe.

En ce qui concerne le plutonium, son maintien pose des problèmes délicats à cause de la haute toxicité. De plus sa technologie est mal connue et ce qu'on en connaît laisse prévoir de grandes difficultés, en particulier pour sa métallurgie.

L'emploi d'uranium 235 dans un avenir rapproché pose relativement peu de problèmes: presque toute la technologie des éléments de combustible enrichi en uranium 235 (métallurgie et étude des alliages, résistance des matériaux, résistance aux effets thermiques, écoulement de chaleur, et jusqu'à un certain point comportement sous radiations) peut être étudié dès maintenant à l'aide d'éléments similaires contenant de l'uranium naturel, il en est de même pour toutes les études de chimie. Par contre l'étude de la technologie et de la chimie des éléments de combustible enrichi en plutonium exigerait que l'on dispose dès maintenant de quantités notables de ce corps.

Il paraît utile d'énumérer les types de réacteurs qui semblent nécessiter l'emploi de combustible enrichi :

a. Réacteurs de recherche, y compris les « Material Testing Reactors »;

Réacteurs transportables,

Réacteurs pour propulsion navale.

Pour ces trois types de réacteurs, pour lesquels le coût du combustible n'est pas déterminant, l'emploi de l'uranium 235 paraît s'imposer pour une très longue période à cause des désavantages du plutonium signalés ci-dessus, désavantages dont certains sont partagés par l'uranium 233.

b. Construction de prototypes pour l'étude de techniques nouvelles :

La mise au point de certains réacteurs, même s'ils sont destinés par la suite à fonctionner à l'uranium naturel ou à l'uranium ou thorium enrichis en plutonium, sera facilitée par la construction de prototypes enrichis en uranium 235. On éviterait ainsi les difficultés supplémentaires dues à la nature du combustible. Ainsi, on peut envisager le fonctionnement des réacteurs à ébullition avec de l'eau lourde et de l'uranium naturel. Un prototype construit avec de l'uranium enrichi serait cependant plus petit, plus maniable, moins cher et permettrait de plus l'emploi d'eau ordinaire.

La technique des réacteurs sodium-graphite pourra de même être mise au point sur des prototypes à uranium enrichi en uranium 235 sans attendre que la métallurgie du plutonium ait atteint un stade satisfaisant et sans aussi cumuler les difficultés inhérentes à celle-ci.

c. Réacteurs de puissance et production d'uranium 233 :

La production d'énergie électrique dans des réacteurs de puissance du type PWR (Pressurized Water Reactor), sodium-graphite, etc. où le combustible serait enrichi par séparation isotopique pourra fournir une importante solution de transition si, comme il est à craindre, la mise au point de l'utilisation du plutonium dans ces mêmes réacteurs s'avère difficile. En particulier dans la solution PWR, l'emploi simultané d'uranium très enrichi et d'uranium naturel permet d'utiliser ce dernier avec un meilleur rendement et un taux favorable de conversion de l'uranium 238 en plutonium. Dans le même ordre d'idées, l'uranium enrichi peut servir à rehausser la concentration d'uranium appauvri en uranium 235 et être récupéré après usage dans une pile plutogène.

Certains de ces réacteurs seront à double usage et produiront de l'uranium 233 permettant ainsi le passage

graduel au cycle du thorium.

L'utilisation de l'uranium 235 s'impose particulièrement comme première charge pour des réacteurs destinés à fonctionner ultérieurement en uranium 233-thorium, le passage du 235 au 233 pouvant se faire sans aucune modification des techniques métallurgiques et chimiques. Par exemple dans des réacteurs homogènes du type TBR (Thermal Breeder Reactor) ou LMFR (Liquid Metal Fuel Reactor), l'utilisation du plutonium pour la première charge paraît difficile à envisager.

Les quelques arguments apportés ci-dessus montrent que la disposition d'une certaine quantité d'uranium enrichi en uranium 235 vers les années 1960-1975 est indispensable pour les pays européens. La quantité exacte d'uranium 235 nécessaire ne pourra être fixée avec précision que compte tenu de l'évolution des programmes plutonium et uranium 233.

## II. État des techniques de séparation isotopique :

Les travaux des experts ont montré que les deux seuls procédés dont l'étude est suffisamment avancée sont d'une part, le procédé maintenant classique de la diffusion gazeuse proprement dite employée aux États-Unis, au Royaume-Uni et même sans doute en Union soviétique, et d'autre part le nouveau procédé inventé en Allemagne par le Dr. E.W. Becker. Le procédé de diffusion gazeuse est principalement étudié en France et le procédé Becker en Allemagne. Ces deux procédés ne sont pas étudiés en Hollande où d'autres principes sont envisagés. Toutefois le problème des membranes en matière polymérisée est à l'étude en Belgique ainsi qu'en Italie; ce dernier pays travaille également des membranes en nickel fritté. L'organisme italien CISE a d'ailleurs des projets d'étude plus poussés sur l'ensemble du procédé par diffusion gazeuse. Un autre principe de séparation a fait l'objet d'une publication par le professeur Paul (Bonn) dans la *Zeitschrift für Physik* 1955, sous le titre : *Das elektrische Massenfilter*. Les questions de séparation isotopique sont aussi à l'étude en Suède et en Suisse, dans ce dernier pays par la société CIBA.

Dans les deux procédés dont l'étude est avancée, l'uranium est utilisé sous la forme d'hexafluorure gazeux. Le groupe estime que le problème de la préparation de l'hexafluorure d'uranium est relativement facile par rapport au reste des problèmes envisagés. Les problèmes de matériaux résistant à la corrosion, qui sont aussi communs aux deux procédés, semblent ne pas présenter de difficultés spéciales.

Pour le procédé de diffusion gazeuse étudié en France, les principaux problèmes résident encore dans la préparation des membranes et la mise sur pied des compresseurs. Les problèmes de détection de fuites sont résolus à l'échelle du laboratoire et le problème de la mesure précise de l'enrichissement le sera dans des délais raisonnables. Il est prévu de construire une chaîne pilote d'une douzaine d'éléments d'ici dix à quinze mois: ces essais doivent permettre de mesurer les grandeurs dont la connaissance sera nécessaire pour le calcul de l'usine, de mettre au point les prototypes et maquettes d'appareillages, de décoller les difficultés imprévues qui pourraient apparaître au cours d'un fonctionnement prolongé, accessoirement de mesurer l'enrichissement en uranium 235 au cours du fonctionnement. Cette chaîne pilote coûtera en équipement de 200 à 250 millions de francs (compresseurs, échangeurs de température, fluides, barrières, matériel de régulation et de mesure), la plupart des éléments de ce pilote seront construits comme prototypes. Dans l'hypothèse où les recherches se poursuivront en France seulement, il faut compter que les 18 mois seront nécessaires pour terminer le plan de l'usine avec toutes les spécifications requises.

Pour le procédé Becker, étudié en Allemagne et auquel s'intéresse une société privée française en liaison avec l'industrie allemande, la difficulté des membranes n'existe pas, la principale difficulté étant la mise au point des pompes dont un type est à l'étude. De plus, l'importance des fuites est relativement moins grande dans un tel procédé que dans le procédé de diffusion gazeuse classique. Le procédé a été examiné avec un certain nombre de gaz dont le plus lourd est le xénon; il sera examiné avec de l'hexafluorure d'uranium dès le mois de février et l'examen devrait être terminé en mars. Si l'expérience a été concluante, l'étape suivante consistera à trouver la forme optimum de la tuyère, et durera quelques mois. Simultanément une installation pilote comprenant une vingtaine d'étages sera réalisée et devra fonctionner d'ici un an, la principale difficulté étant la fabrication des pompes qui remplacent les compresseurs du procédé de diffusion gazeuse. Si l'expérience du mois de février prochain est concluante, c'est dans un an que pourrait être achevé le plan

de l'usine basée sur le procédé Becker.

### III. Évaluations économiques :

Comme il a été dit plus haut, la quantité exacte d'uranium 235 nécessaire ne pourra être fixée avec précision que compte tenu de l'évolution des programmes plutonium et uranium 233. Mais dès maintenant, on peut évaluer un tonnage économiquement raisonnable. De la même façon, il est difficile de préciser les degrés d'enrichissement qui seront nécessaires et la répartition de la production entre ces différentes concentrations. Néanmoins, il paraît raisonnable de supposer que la plus grande quantité de l'uranium traité sera destinée à produire du combustible faiblement enrichi (quatre fois la concentration naturelle au moins) le reste étant destiné à produire de l'uranium très enrichi (au moins trente fois la concentration naturelle).

Les experts se sont trouvés d'accord pour estimer que la taille raisonnable de l'usine envisagée se situe aux environs de 500 tonnes d'uranium naturel traité par an. Ce chiffre a été établi d'après les considérations suivantes :

- il est admis que, en-dessous d'une alimentation annuelle de 300 tonnes, l'investissement à la tonne traitée croît rapidement;
- on sait qu'une usine de séparation isotopique doit être réalisée comme un tout. On ne peut concevoir, pour des motifs économiques, de construire dans des lieux différents des portions d'usine correspondant à divers enrichissements;
- si, comme il est concevable, dans le milieu de la décade 1960-1970, l'ordre de grandeur de l'uranium disponible pour la séparation isotopique avoisinait 1.000 tonnes par an et les besoins atteignaient un chiffre correspondant, une deuxième usine pourrait être édifiée. Le coût de ces deux usines de 500 tonnes ne devrait pas dépasser celui d'une seule usine de 1.000 tonnes.

Ainsi, pour la concentration moyenne envisagée de quatre fois la concentration d'uranium naturel, le coût de l'usine pour les capacités de traitement annuel de 300, 500 et 1.000 tonnes par an serait respectivement de l'ordre de 55, 80, 160 millions d'UEP, la puissance électrique nécessaire étant de 120, 200 et 400 mégawatts respectivement.

Tout arrêt de l'usine serait catastrophique et nécessiterait de nombreux mois avant la remise en marche normale des installations, à cause notamment de la solidification de plusieurs dizaines de tonnes d'hexafluorure d'uranium maintenu gazeux à 80° centigrades durant la marche de l'usine. Dans ces conditions, il est indispensable de disposer d'une puissance électrique garantie, avec une marge de réserve d'au moins 20 %. De plus, il est raisonnable de se réserver une marge dans la production d'uranium très enrichi; ceci conduit à une puissance garantie de 300 mégawatts pour l'usine de 500 tonnes par an. Le choix du site sera sans doute imposé par cette nécessité de puissance garantie au plus bas prix possible et il serait souhaitable, et probablement difficile, de pouvoir y obtenir ultérieurement une puissance supplémentaire de 200 à 250 mégawatts pour le doublement éventuel de l'usine.

Dans l'hypothèse de l'usine de 500 tonnes par an dont le prix sera de l'ordre de 80 millions d'UEP, les calculs semblent montrer que le coût du gramme d'uranium 235 en plus de la concentration naturelle serait, selon la concentration réalisée, de :

30 unités compte UEP pour deux fois la concentration naturelle,

35 unités compte UEP pour quatre fois la concentration naturelle,

50 unités compte UEP au-dessus de trente fois la concentration naturelle.

(Ces chiffres ont été établis en prenant le prix du kilowattheure à 1/100ème d'unité de compte UEP).

La fraction du prix du gramme imputable à l'électricité est de l'ordre du 1/3 pour les faibles enrichissements envisagés (deux et quatre fois la concentration naturelle) et près des 2/5 pour les produits concentrés. Cette estimation démontre qu'il est essentiel de disposer d'électricité à bon marché. Cette condition influera fortement sur le choix du site et il sera nécessaire de se préoccuper assez longtemps à l'avance de la fourniture de la puissance électrique.

Bien que le procédé Becker semble permettre d'atteindre la phase d'équilibre plus rapidement que le procédé classique, il semble qu'en toute hypothèse on n'obtiendra le premier uranium faiblement enrichi que dans cinq ans environ, et, par la mise en fonctionnement successive des différentes sections, l'uranium fortement enrichi, deux ou trois ans après cette date.

#### IV. Création d'un organisme d'études commun

La question de la création d'un organisme d'études fut examinée par les experts en prenant pour base le point 3. de la note de M. Goldschmidt.

Au cours des entretiens du 4 janvier 1956, deux propositions plus développées furent présentées, l'une par les experts français, l'autre par les experts allemands.

La question fut examinée à nouveau lors de la réunion du 12 janvier 1956. À cette occasion, les experts italiens déposèrent une note, dans laquelle ils se prononçaient en faveur de la proposition des experts français, tout en suggérant d'apporter à cette dernière certains aménagements destinés à la renforcer. Les experts allemands, d'autre part, présentèrent de nouvelles propositions en vue de rapprocher leurs conceptions des propositions présentées par les experts français.

Aucune de ces propositions ne put obtenir, comme telle, l'accord unanime des experts des six pays.

Toutefois, étant donné l'urgence, et pour permettre d'éviter toute perte de temps, les experts se trouvèrent d'accord sur les dernières propositions allemandes, celles-ci paraissent pouvoir recueillir rapidement, dans tous les pays intéressés, l'approbation nécessaire, étant entendu que ces propositions seraient considérées comme un premier pas vers une solution assurant, dans l'esprit d'Euratom, l'efficacité maximum par une coopération plus étroite permettant, en particulier, aux équipes d'ingénieurs de travailler encore mieux vers le but commun, dans une identité d'intérêts techniques et économiques.

L'acceptation comme une première étape des dernières propositions allemandes a été, aux yeux des experts de certaines délégations, un compromis auquel les experts se sont ralliés dans le but de commencer le plus rapidement possible les travaux techniques en commun, parce qu'ils ont cru comprendre que ces propositions pourraient avoir de suite l'accord de l'autorité compétente allemande et des autres autorités compétentes nationales.

Les experts convinrent, en conséquence, de recommander aux autorités compétentes de leurs pays respectifs, à la condition qu'elles l'approuvent dans les meilleurs délais – et fassent connaître aussitôt cette approbation par lettre adressée au secrétaire général du Comité intergouvernemental – le texte suivant :

« Considérant

- a. l'importance pour l'Europe de disposer, dans les meilleurs délais, d'une production d'uranium 235 et, de ce fait, l'urgence de la construction d'une usine européenne de séparation isotopique de l'uranium;
- b. le fait que l'état actuel d'avancement des études dans les six pays ne permet pas encore d'établir le projet de cette usine;
- c. la nécessité qui en résulte de coordonner, dès à présent, les efforts nécessaires en vue de l'établissement de ce projet, qui exigera encore au moins un an d'études et de recherches en commun,

les dispositions suivantes sont prises :

1. Il est créé un syndicat d'études, conformément aux principes inscrits dans la note reproduite en annexe VI.
2. La création de ce syndicat est considéré comme un premier pas vers une solution assurant, dans l'esprit d'Euratom, l'efficacité maximum par une coopération plus étroite permettant, en particulier, aux équipes d'ingénieurs de travailler encore mieux vers le but commun, dans une identité d'intérêts techniques et économiques.
3. Le groupe de travail d'experts chargé de l'étude des problèmes relatifs à la construction de l'usine de séparation isotopique établira les statuts du syndicat en vue de leur approbation par chaque autorité nationale compétente et poursuivra les travaux techniques nécessaires à la coordination des études et des recherches ».