

STOP-NOGENT/S

## LE REDEMARRAGE DE SUPERPHENIX

### SOMMAIRE

2. ■ L'incident du barillet

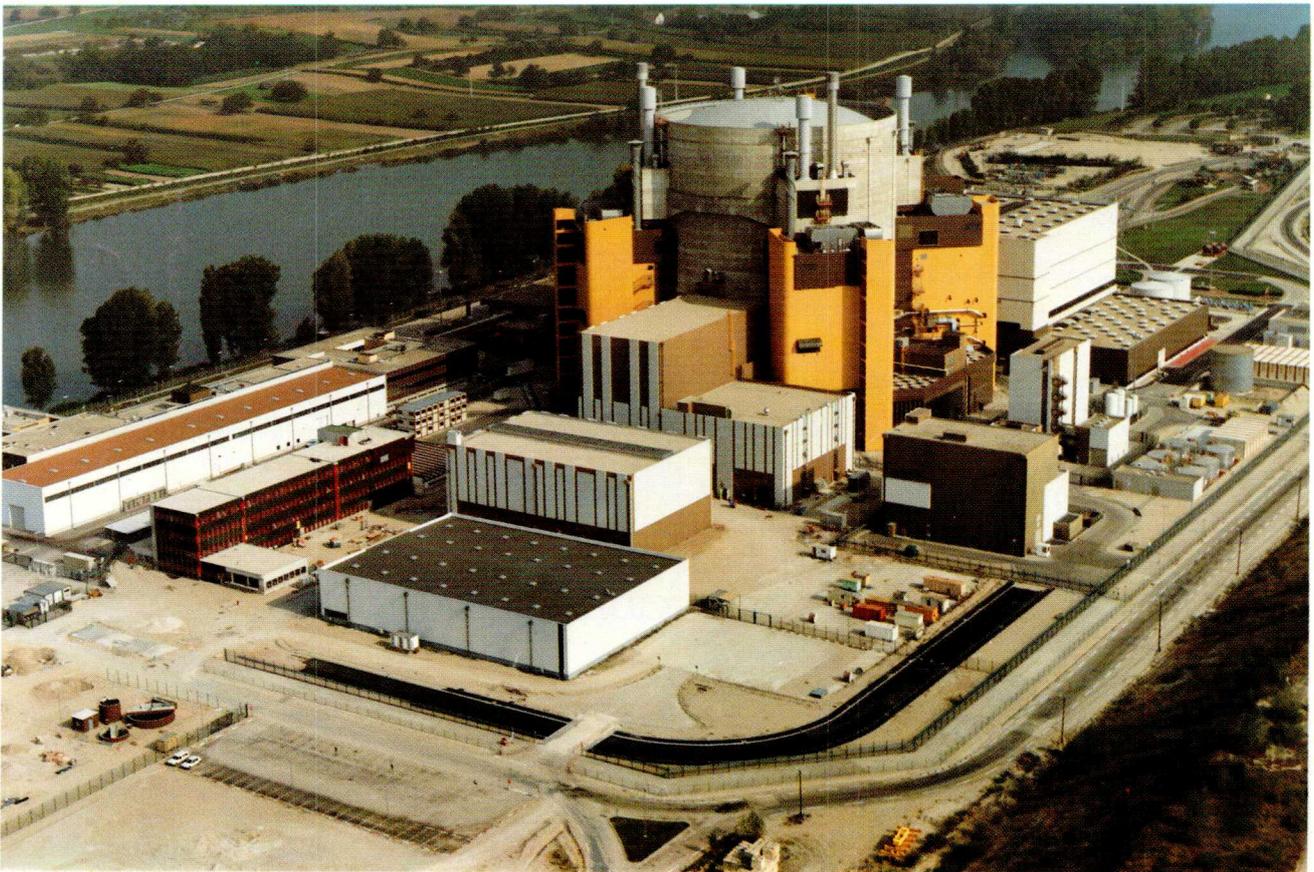
5. ■ Le redémarrage du réacteur

4. ■ Les préalables au redémarrage de Superphénix

6. ■ Schémas simplifiés de la localisation de la fuite

5. ■ La mise en place du poste de transfert du combustible

*Superphénix : 20 mois d'arrêt - 20 mois de travail*



La centrale de Creys-Malville, Superphénix.

### LA FUITE DU BARILLET

Le 26 mai 1987, Superphénix est arrêté, sur décision de l'autorité de sûreté (SCSIN), à la suite d'une fuite de sodium du sas de transfert et de stockage du combustible. Ce sas, rempli de sodium destiné à refroidir les assemblages de combustible stockés, est composé d'une double enveloppe métallique et il contient le barillet de manutention des assemblages de combustible, d'où le nom de "fuite du barillet".

### LE DIAGNOSTIC

La fissure de la première enveloppe du barillet, d'une longueur de 60 cm, est due à un phénomène de fragilisation du métal au niveau des soudures.

### LES MESURES PROPOSEES PAR EDF

Le barillet qui contenait du sodium était utilisé à l'occasion du chargement et du déchargement du combustible.

Cet appareil étant désormais inutilisable, le poste de transfert du combustible (PTC) sera modifié : il comprendra un réservoir rempli d'un gaz neutre (l'argon) et perdra sa fonction de stockage-refroidissement. Celle-ci s'effectuera dans le cœur même du réacteur, qui devra être maintenu à l'arrêt plus longtemps (8 mois au lieu de 6 semaines) lors des opérations de renouvellement du combustible du cœur.

EDF propose également, grâce au combustible qui se trouve dans le cœur du réacteur, d'utiliser cette

autonomie de fonctionnement (300 jours) pour exploiter le réacteur pendant les travaux de modification.

### LES PREALABLES DEMANDES PAR L'AUTORITE DE SURETE (SCSIN)

Compte tenu de l'incident du barillet, il est apparu opportun, d'une part de s'assurer à nouveau de la qualité des composants importants pour la sûreté et d'autre part de se préparer à faire face à la situation, même très improbable, où une fuite apparaîtrait sur la cuve principale du réacteur.

Aussi le 1<sup>er</sup> décembre 1987, le ministre chargé de l'industrie indiquait à EDF qu'il souhaitait, avant de donner le feu vert du redémarrage, que soient satisfaites **trois conditions** :

- mettre en place les procédures d'intervention nécessaires en cas de fuite de la cuve principale du réacteur ;
- réexaminer les clichés radiographiques pris lors de la fabrication des composants importants pour la sûreté (cuves du réacteur, etc...) ;
- confirmer, "in situ" avec le robot MIR, le bon état de la cuve du réacteur et effectuer, du même coup, le premier des contrôles périodiques qui sont prévus tout au long de la vie de l'installation.

### LA DECISION DE REDEMARRAGE

Le 26 mai 1987, Superphénix est arrêté à la demande de l'autorité de sûreté (SCSIN).

Le 1<sup>er</sup> décembre 1987, le redémarrage de la centrale est soumis à trois préalables du SCSIN.

Début 1988, EDF demande l'autorisation de modifier l'installation de manutention, en substituant au barillet un poste de transfert du combustible d'une autre conception, dont les travaux doivent s'achever en 1991.

En septembre 1988, EDF demande par ailleurs l'autorisation de redémarrer le réacteur.

Le 10 janvier 1989, au plan juridique, un décret répond dans le principe, à ces demandes.

EDF ayant, par ailleurs, apporté les dernières réponses aux demandes du SCSIN qui les a jugées acceptables, Superphénix peut donc redémarrer.

Cette autorisation de redémarrage est accordée le 12 janvier 1989.

### 20 MOIS DE TRAVAIL DE SURETE, C'EST ENVIRON :

- 25 000 radiographies réexaminées par EDF,
- 2 mois de contrôle pour le robot MIR, après l'achèvement de sa mise au point,
- 40 visites de contrôle de Superphénix par les inspecteurs du SCSIN,
- 10 000 heures d'analyse par les ingénieurs du SCSIN et de ses appuis techniques,
- 1 000 heures de réunion entre l'autorité de sûreté et EDF.

## L'incident du barillet

Les causes

Le déroulement

Les conséquences

### LES CAUSES DE L'INCIDENT DU BARILLET

La fuite est due à l'existence d'une fissure horizontale d'une longueur de l'ordre de 60 cm le long de la fixation d'une platine (plaque de métal rectangulaire) soudée à l'intérieur de la cuve principale du barillet. Cette platine assure la liaison entre le cylindre de la cuve et les "peignes" au travers duquel passe un serpentín du circuit

de régulation de la température du barillet.

Après avoir effectué en septembre 1987 la vidange de la cuve principale du barillet, EDF a procédé dans un premier temps à des examens par gammagraphie des autres platines du barillet et à l'expertise de deux prélèvements effectués sur la platine qui

est à l'origine de la fuite. Le premier prélèvement correspondait à la découpe d'un morceau de métal d'environ 8 cm de diamètre et le second prélèvement correspondait à la découpe de l'ensemble de la platine.

Le processus de fissuration le plus probable retenu actuellement à la suite de cette expertise est expliqué

par la nature même de l'acier du barillet et la présence simultanée de trois facteurs :

- l'existence de microfissurations qui pourrait être attribuée à des coups d'arcs de soudure lors de la construction,
- un chargement mécanique local important, de l'ordre de la limite élastique du métal,
- des apports d'hydrogène qui ont permis le phénomène de fragilisation du métal. La chronologie de ce dernier phénomène est la suivante :
  - La cuve a été mise en eau, de façon à en permettre le positionnement lors de la cons-

truction, puis séchée par balayage et maintenue en air sec. Pendant les quelques jours de la mise en eau un phénomène de réduction de l'eau par le fer et la libération de l'hydrogène dans le métal s'est effectuée au niveau de microfissures existantes.

- Enfin, lors de la mise en sodium du barillet, il y a eu réaction de la rouille hydratée avec le sodium, et diffusion supplémentaire de l'hydrogène à travers l'épaisseur de la cuve.

La fissuration de la première cuve du barillet s'est formée assez rapide-

ment soit au moment de la mise en eau, soit au moment de la mise en sodium. Le piégeage de l'hydrogène a ainsi pu provoquer l'apparition de la fissure qui a traversé toute l'épaisseur de la cuve. Cette fissure s'est donc propagée assez précocement.

En revanche, l'absence de contrainte mécanique suffisamment élevée et la température relativement basse du sodium (180° C) explique que la fuite elle-même ne soit apparue que très tardivement.

D'autres prélèvements de métal effectués, non plus au niveau d'une platine, mais sur les soudures d'assemblage de la cuve, ont également montré l'existence de fissures.

## LE DEROULEMENT DE L'INCIDENT DU BARILLET

L'incident a mis en évidence des difficultés dans l'interprétation des alarmes de fuite de sodium et dans le diagnostic de l'incident. Le SCSIN a donc demandé à EDF de présenter le programme de travaux ainsi que la rédaction de consignes prévues afin de garantir une détection précoce. Des visites de surveillance ont été effectuées pour vérifier les actions entreprises par EDF.

Le déroulement de l'incident a également montré que la présence d'une cuve de sécurité autour de la cuve principale, même si elle permettait effectivement de confiner le sodium écoulé à la suite de la fuite, ne constituait pas à elle seule une réponse

complète aux préoccupations de sûreté. En effet, à partir du moment où une fuite intervient sur la cuve principale, il est nécessaire de prendre un certain nombre de dispositions complémentaires pour mesurer et contrôler la fuite. Il faut préserver au maximum l'intégrité de la cuve de sécurité et disposer dans le local en béton, contenant les cuves, des moyens de surveillance complémentaires destinés à vérifier que la deuxième cuve reste effectivement étanche et prévoir, au cas où elle perdrait son étanchéité, les actions nécessaires.

Pendant l'incident, le débit de la fuite a évolué de 40 litres/heure à

l'arrêt complet de la fuite. Il s'est avéré que les conditions de température et de pureté du sodium affectaient très sensiblement la fuite. L'abaissement de la température de sodium pour limiter le débit de la fuite est un premier enseignement utile tiré de l'analyse du déroulement de l'incident. Il a également été décidé, de procéder à des vidanges régulières du sodium écoulé entre les deux cuves de façon à ménager l'intégrité de la cuve de sécurité.

Le SCSIN a demandé à EDF d'appliquer ces principes pour renforcer les mesures prises en ce qui concerne la cuve du réacteur.

## LES CONSEQUENCES DE L'INCIDENT DU BARILLET

A la suite de la vidange du barillet et des investigations effectuées, il est apparu que des défauts mis en évidence étaient retrouvés sur d'autres éléments de la première cuve du barillet. De ce fait, la possibilité de réutiliser le barillet initial après réparation et en le remplissant de nouveau de sodium était exclue. EDF a été amené à définir une solution de remplacement.

Devant les difficultés de construc-

tion qui présentait la solution de remplacement par un barillet rempli de sodium mais de conception différente, EDF a proposé de transformer le dispositif de manutention du barillet et d'adopter la solution d'un nouveau poste du transfert du combustible (PTC) comprenant une enceinte remplie de gaz neutre (argon) utilisée pour le transfert des assemblages. Le chantier durera jusqu'en 1991.

A l'avenir, le combustible ne sera

plus chargé par moitié (demi-cœur) mais dans sa totalité (cœur entier) et les périodes d'arrêt seront plus longues.

Après avoir pris connaissance de ces divers éléments, l'autorité de sûreté (SCSIN) a été amenée à définir des préalables au redémarrage et à formuler un certain nombre de demandes techniques concernant la mise en œuvre de la solution proposée par EDF.

- La procédure en cas de fuite de la cuve principale du réacteur
- Le réexamen des dossiers de fabrication
- Les contrôles de soudures de la cuve principale du réacteur

### LA PROCEDURE EN CAS DE FUITE DE LA CUVE PRINCIPALE DU REACTEUR DE SUPERPHENIX (PROCEDURE U4)

La fuite du réacteur est un événement considéré comme très improbable et la cuve principale du réacteur est entourée d'une seconde cuve dite de sécurité permettant de recueillir une éventuelle fuite.

Toutefois bien que ces cuves construites en acier inoxydable soient différentes de celles du barillet construit en acier noir (15D3), le SCSIN a considéré qu'il fallait **tirer pleinement les enseignements** du déroulement de **l'incident du barillet** et des mesures qu'il avait fallu définir "à chaud". Il a ainsi demandé que la **procédure** à mettre en œuvre **en cas de fuite** de la cuve principale du réacteur et les principaux **moyens** associés soient clairement **définis** et **opérationnels** avant le redémarrage. Cette procédure a pour objectif de faire face à

une éventuelle fuite de la cuve principale du réacteur.

En cas de fuite de la cuve principale du réacteur, il est prévu entre autres :

- d'arrêter immédiatement le réacteur et de refroidir progressivement le sodium jusqu'à 150° C ;
- de prévenir les risques d'apparition d'une fuite de la cuve de sécurité, par exemple en transférant du pompage le sodium écoulé dans l'espace entre-cuves vers le bloc réacteur à l'aide d'une pompe électromagnétique ;
- de garantir le confinement du sodium et le refroidissement du cœur au cas où la cuve de sécurité elle-même fuirait. Pour cela, on rend étanche le

puits de cuve, en le remplissant d'argon et on apporte du sodium dans le réacteur pour éviter le dénoyage du cœur.

Certaines actions, comme l'arrêt du réacteur sont immédiates, d'autres, comme le pompage du sodium écoulé entre les cuves, s'échelonnent sur plusieurs mois. La pompe nécessaire est disponible sur le site depuis début octobre.

A terme les assemblages du cœur seraient déchargés, soit au moyen d'une hotte (disponible à l'automne 1989), soit via le PTC (disponible en 1991) ; les assemblages déchargés seraient placés dans l'atelier pour l'évacuation du combustible (APEC), en construction sur le site (disponible à l'automne 1989). Le sodium du réacteur pourrait alors être vidangé.

### LE REEXAMEN DES DOSSIERS DE FABRICATION

Le réexamen des dossiers de conception et de fabrication demandé par le SCSIN nécessite plusieurs années de travail de la part d'EDF. Pour permettre la relecture des milliers de **clichés radiographiques** concernés, il a donc été décidé de choisir des **priorités** qui ont naturellement conduit à réexaminer en premier lieu les dossiers relatifs à la **cuve principale du réacteur** et à sa **cuve de sécurité**.

Le réexamen des clichés radiographiques pris lors de la fabrication a mis en évidence des anomalies.

Des études de nocivité ont été effectuées consistant à prendre des

hypothèses pénalisantes sur la longueur et la profondeur des anomalies.

Le calcul est alors mené de la façon suivante : dans une première étape de calcul, on estime la propagation possible de cette anomalie compte tenu des chargements mécaniques qu'elle est susceptible de subir lors de l'exploitation de la centrale. On calcule en particulier les conséquences d'un certain nombre d'arrêts d'urgence ou d'incidents conduisant à des sollicitations mécaniques de la cuve. Ce calcul permet de déterminer l'extension maximale, en longueur et en profondeur, de l'anomalie. On

effectue alors un deuxième calcul permettant d'évaluer l'effet sur cette anomalie d'un chargement mécanique qui peut être un séisme ou une autre situation accidentelle.

Naturellement, à chacune des étapes des calculs sont utilisés les hypothèses les plus pénalisantes. La non-nocivité du phénomène observé est prouvée si, à l'issue des calculs, la tenue mécanique de la soudure n'est pas remise en cause.

Les études ainsi effectuées sur l'ensemble des anomalies rencontrées ont montré qu'elles ne présentaient pas de caractère nocif.

### LES CONTROLES DE SOUDURES DE LA CUVE PRINCIPALE DU REACTEUR

Ce contrôle a débuté le 27 juin 1988 et s'est achevé le 23 août.

**Cette inspection a été réalisée à l'aide d'un robot appelé MIR (module d'inspection pour les réacteurs rapides).**

Ce robot est équipé d'une caméra de télévision qui lit les repères gravés sur la cuve de sécurité et qui contrôle les soudures à partir de traducteurs ultrasonores focalisés utilisant la technique de l'échographie. Pour permettre ce contrôle par ultrasons, un

fluide de couplage est mis en place entre l'émetteur et la tôle à contrôler.

Le programme de contrôle a tenu compte des indications qui ont été observées à l'occasion du réexamen des radiographies de fin de fabrication, effectué après l'incident du barillet (cf. 3.3). Les premières conclusions sont que ce contrôle n'a pas montré de défaut inacceptable dans les soudures correspondant aux indications trouvées lors des relectures des dossiers de fabrication. Ce con-

trôle n'a pas mis en évidence d'évolution nocive de l'état des soudures du point triple (le point triple est la soudure circulaire horizontale correspondant à l'endroit où est repris mécaniquement le poids du cœur et des structures internes du réacteur).

**A l'instar de la démarche suivie pour les réacteurs à eau, qui constituent 90 % du parc nucléaire français, de nouveaux contrôles seront effectués à échéance régulière.**

## La mise en place du poste de transfert du combustible

La solution "PTC" consiste principalement à supprimer la fonction de stockage dans le sodium du barillet qui était prévue initialement.

Dans la conception initiale les assemblages de combustible pouvaient être extraits du cœur et transférés dans le barillet en sodium jusqu'à ce que leur puissance résiduelle diminue pour permettre ensuite leur transfert vers des installations de lavage. Cette diminution de puissance est atteinte au bout de quelques mois. Il conviendra donc désormais d'attendre que les assemblages soient suffisamment refroidis après l'arrêt dans le cœur même du réacteur pour les transférer par le poste de transfert du combustible (PTC).

Le PTC se compose principalement d'une enveloppe métallique remplie d'argon, par laquelle transiteront les assemblages de combustible. Pour constituer cette enveloppe, EDF prévoit de réutiliser la cuve de rétention, la cuve principale de l'ancien barillet sera découpée et expertisée. **La possibilité de réutiliser la cuve de sécurité du barillet initial ne sera autorisée par le SCSIN qu'au vu des résultats des contrôles en cours sur le barillet.** Cette enveloppe du PTC sera remplie d'argon chauffé à 170° C pendant les opérations de manutention. Un seul assemblage sera placé dans un étui contenant du sodium.

Lors de la manutention à la sortie du réacteur d'un assemblage irradié, celui-ci arrive dans l'enceinte en argon à l'intérieur de son étui. L'assemblage irradié est ensuite évacué en gaz hors de l'étui. En ce qui concerne l'entrée d'un assemblage neuf, il est introduit dans l'étui et suit un chemin inverse à celui de l'assemblage irradié jusqu'au poste de chargement où s'effectue le transfert entre l'enceinte en argon et le cœur du réacteur.

En ce qui concerne le poste de transfert du combustible lui-même, l'analyse de sûreté de cette solution a porté principalement sur :

- la possibilité de mettre en œuvre le PTC avec des garanties en matière d'assurance de la qualité et de la sûreté (fabrication et construction) ;
- l'examen de l'ensemble des incidents pouvant affecter le poste de transfert du combustible lui-même (blocage d'un assemblage en cours de transfert, chute d'un assemblage...).

L'analyse de sûreté a également porté sur la modification de la gestion du combustible du cœur et le fonctionnement du réacteur. En effet, il est prévu que l'exploitation du réacteur s'effectuera avec un renouvellement du cœur complet conduisant à des campagnes de fonctionnement

plus longues. Dans la solution initiale (barillet en sodium), le déchargement du cœur était prévu tous les ans environ par demi-cœur (ce qui correspond à une fréquence 2). La durée correspondante pour le déchargement était de six semaines environ tous les quatorze mois. L'assemblage le plus chaud pouvait être extrait du réacteur au bout d'un mois d'arrêt pour être ensuite placé dans le barillet initial rempli de sodium où se poursuivait la décroissance de sa puissance résiduelle.

**Dans la nouvelle configuration,** l'exploitant prévoit de décharger la totalité du cœur à chaque arrêt (fréquence 1). La durée correspondante pour le déchargement est de sept à huit mois tous les trois ou quatre ans environ. L'assemblage le plus chaud peut être extrait du réacteur au bout de cinq mois et le plus froid au bout de trois mois et demi d'arrêt.

Un premier examen technique des propositions d'EDF a été effectué au mois de juin 1988. Cet examen a conclu que, dans le principe, les modifications proposées et les conséquences sur le fonctionnement étaient acceptables. Il conviendra qu'EDF justifie l'emploi de la cuve de rétention du barillet initial comme enceinte remplie de gaz et présente en temps utile les garanties sur la qualité de la réalisation (dossier de synthèse de la qualité).

## Le redémarrage du réacteur

La modification liée à la mise en place du poste de transfert du combustible nécessite un programme de travaux qui doit se poursuivre jusqu'en 1991. Pendant cette période, EDF souhaite pouvoir faire fonctionner le réacteur. **Aucun remplacement de combustible n'est prévu avant la fin des travaux** et l'exploitation est rendue possible grâce au combustible contenu dans le cœur. L'analyse technique de sûreté a porté sur l'examen :

- des réponses apportées par EDF au trois demandes formulées en 1987 par le ministre

chargé de l'industrie, préalables au redémarrage ;

- des conditions de compatibilité entre le fonctionnement du réacteur et les différentes phases du chantier du PTC. Il s'agit notamment de vérifier que les risques d'incendie, de perte de confinement, de chute d'objets lourds pendant les manutentions, de perturbations électriques ne sont pas susceptibles de mettre en cause la sûreté des installations et la sécurité du personnel.

Enfin, l'analyse de sûreté a porté

également sur l'ensemble des travaux et modifications qui ont été réalisés sur cette centrale depuis un an. Environ 500 modifications ont été réalisées. Elles résultent, pour l'essentiel, comme c'est le cas pour les réacteurs à eau sous pression (REP) qui constituent environ 90 % du parc nucléaire français, de l'expérience acquise lors des essais de démarrage. Certaines d'entre elles nécessitent des actions dites de requalification qui permettent de vérifier que les systèmes modifiés pendant l'arrêt présentent toutes les garanties de sûreté. L'ensemble de cet examen technique est achevé.

SCHEMA  
SIMPLIFIE  
1

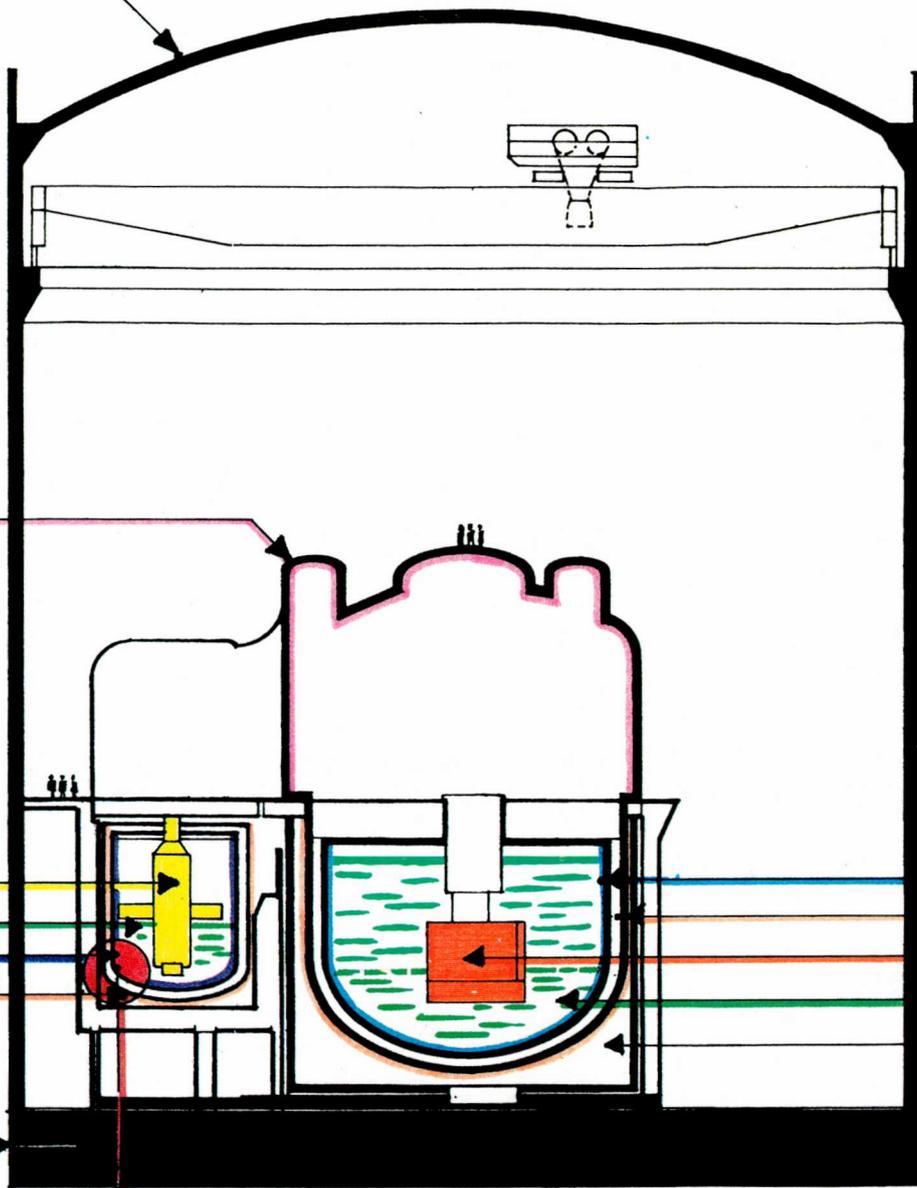
# CUVES DU BARILLET ET DU REACTEUR SUPERPHENIX

Enceinte de confinement  
en béton  $\approx 1\text{m}$

Dôme de  
confinement

Barillet  
Sodium liquide  
1<sup>er</sup> cuve du barillet  
2<sup>ème</sup> cuve du barillet

Dalle de béton  
5m



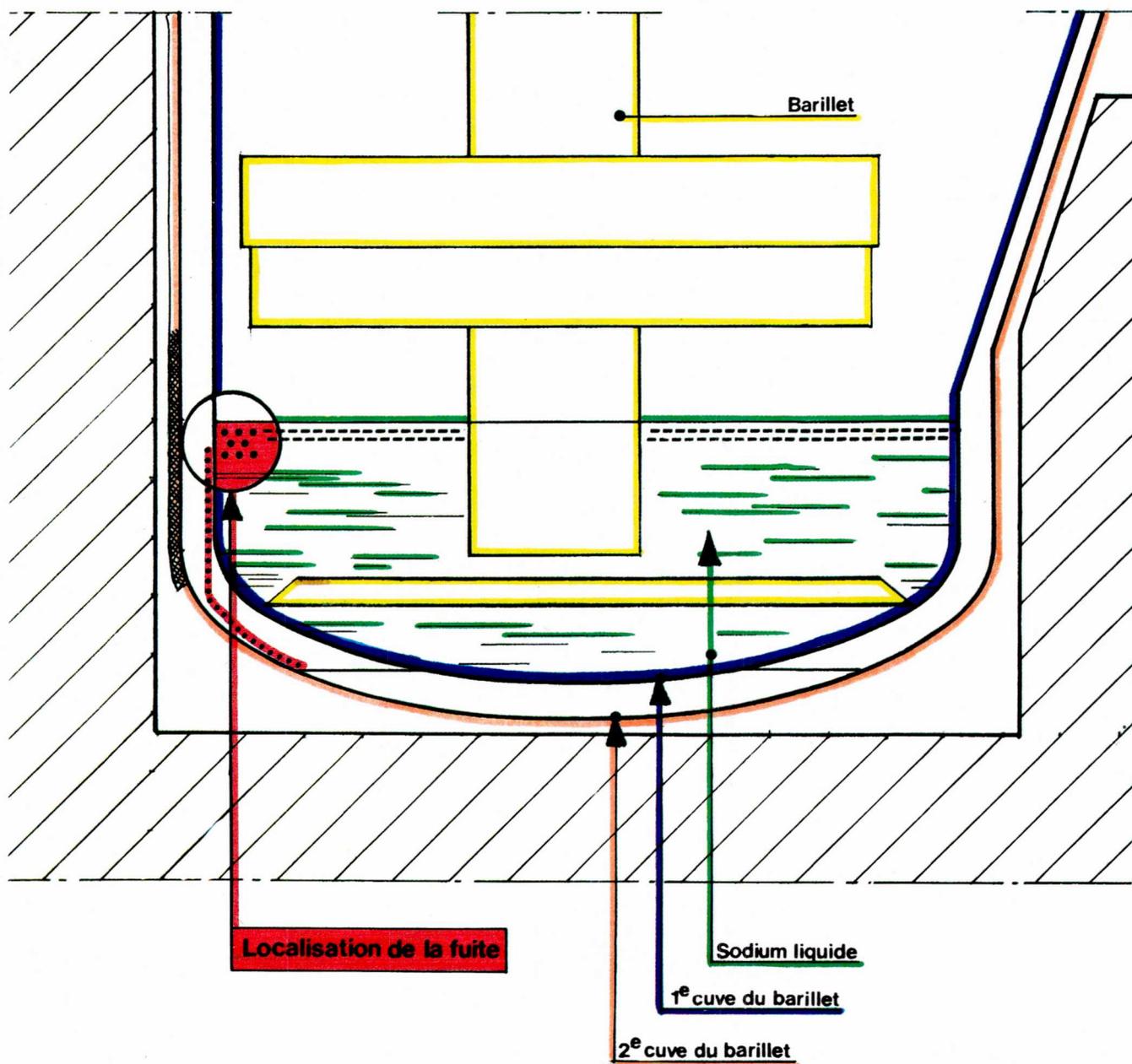
84 m

1<sup>er</sup> cuve du réacteur  
2<sup>ème</sup> cuve du réacteur  
Cœur du réacteur  
Sodium liquide  
Puits de cuve  
du réacteur

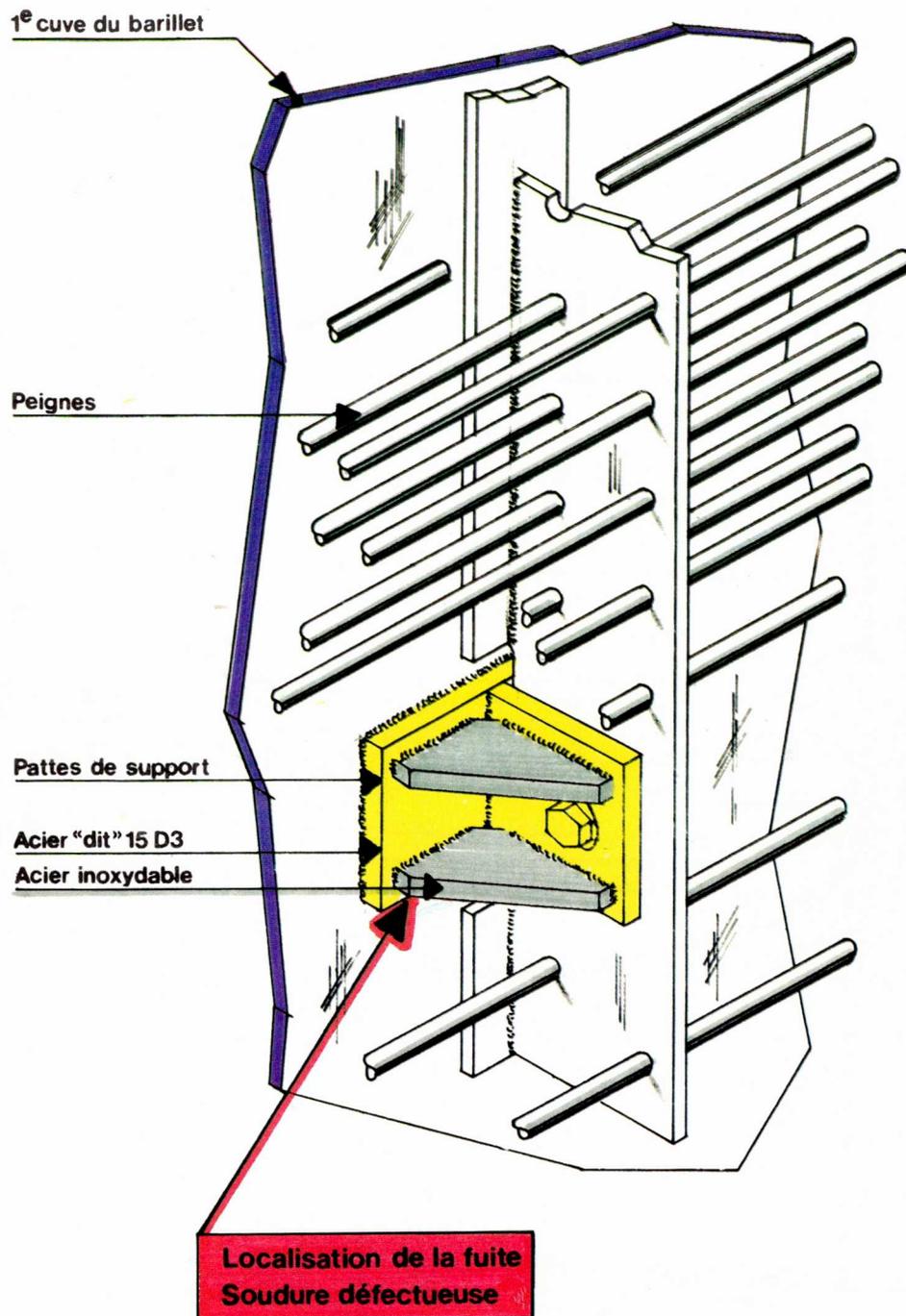
Localisation de la fuite  
1<sup>er</sup> cuve

SCHEMA  
SIMPLIFIE  
2

# LES CUVES DU BARILLET



# LE SUPPORT DEFECTUEUX



Le bulletin sur la sûreté des installations nucléaires est publié par le ministère de l'industrie et de l'aménagement du territoire - 101, rue de Grenelle, 75700 Paris.

Directeur de la publication :  
Michel LAVÉRIE, chef du service central de sûreté des installations nucléaires.

Rédacteur :  
Claude ROELS (service central de sûreté des installations nucléaires).

Réalisation :  
Christian ÉPIN (délégation à l'information et à la communication).

Abonnement (tarif annuel France : 170 F) :  
101, rue de Grenelle, 75007 Paris.  
Tél. : (1) 45.56.34.93.  
Diffusion : La Documentation Française.  
ISSN : 0182-6441  
Commission paritaire n° 1294 AD.  
Imprimerie Guénot, Paris.