

ISRI-82-02

André Gsponer, physicien, Dr ès Sciences.

Le 30 octobre 1982.

## UN EXAMEN DE L'IMPACT RADIOLOGIQUE DU LEP SUR L'ENVIRONNEMENT

### Résumé

Sur la base de ce qui a été appris par un examen détaillé des études du CERN sur l'impact radiologique prévisible du projet LEP sur l'environnement, ce rapport tente de répondre à quatre questions posées ayant trait à ce problème. Les caractéristiques radio-écologiques principales du projet sont rappelées et comparées dans la mesure du possible à celles des machines actuelles du CERN. Les éléments de réponse principaux sont les suivants :

1. Les études du CERN sur l'impact radiologique du LEP sont correctes dans leur ensemble. Les calculs, qui ont été refaits dans la mesure du possible, montrent que les nuisances seront faibles. Lorsque le LEP fonctionnera au maximum de sa puissance, c'est-à-dire à 100 GeV ou plus, son impact radiologique global sera comparable à celui des autres machines du CERN.

2. Vu les caractéristiques de la machine, et principalement sa taille, les nuisances radiologiques seront distribuées dans un grand espace à l'extérieur et sur un grand nombre de composants à l'intérieur de l'anneau. Il est difficile d'imaginer des méthodes diminuant sensiblement cet impact, quoique certaines améliorations soient possibles.

3. L'irradiation moyenne annuelle à la clôture du site qui est due au fonctionnement des accélérateurs actuels du CERN atteint en certains points une valeur égale au double de la radioactivité naturelle. Dans le cas du LEP, l'irradiation à l'extérieur des points d'accès ne dépassera pas le dixième de la radioactivité naturelle.

4. Le stockage ou l'évacuation des composants rendus radioactifs par le fonctionnement du LEP ne devraient pas présenter de danger pour la population.

Document préparé pour la Commune de Versonnex  
dans le cadre de l'Enquête préalable à la  
Déclaration d'Utilité Publique pour la réalisation  
d'un anneau de collisions pour électrons et positons (LEP).

Table des matières

0.	Introduction.	1
1.	Les affirmations contenues dans l'étude d'impact sont-elles correctes, tant sur le plan de l'utilisation de la machine que des effets radiologiques qu'elle provoquera ?	1
2.	Les mesures prises pour éviter les nuisances radiologiques sont-elles les meilleures possibles ?	8
3.	Que faut-il répondre aux contre-informations publiées dans la presse à propos des nuisances radiologiques du CERN ?	9
4.	Le stockage d'éléments radioactifs ayant servi aux expériences et l'évacuation de produits radioactifs éventuels peuvent-ils présenter un danger pour la population ?	12
5.	Références.	13

Un examen de l'impact radiologique du LEP sur l'environnement.

0. Introduction

Les problèmes radiologiques liés au fonctionnement du collisionneur electron-positon LEP ont été étudiés par le CERN au fur et à mesure de l'élaboration de ce projet. Les principales notes techniques concernant ces problèmes ont été regroupées dans un rapport (1) et leur conclusions résumées dans l'étude d'impact (2).

Les spécifications définitives d'une installation telle que le LEP sont le résultat d'une série d'approximations successives, et les effets radiologiques sur l'environnement et l'installation elle-même interviennent de manière essentielle dans ce processus d'itération. Les études ont donc été faites avec le souci principal de mettre en évidence les problèmes radiologiques majeurs éventuels, et les calculs eux-mêmes, souvent effectués sur la base de données préliminaires ont dû être fait avec des hypothèses très pessimistes de manière à ce que leur conclusions restent valable pour la version définitive du LEP. Pour comprendre ces études, et répondre aux quatres questions ci-dessous, il a fallu tenir compte de cette situation, et le cas échéant discuter avec les spécialistes concernés le contenu des rapports.

1. Les affirmations contenues dans l'étude d'impact sont-elles correctes, tant sur le plan de l'utilisation de la machine que des effets radiologiques qu'elle provoquera ?

1.1. Utilisation du LEP

Le projet LEP est composé d'un anneau principal souterrain de 26 km de circonférence et d'un système d'injection formé d'une chaîne de 5 machines. Deux des machines servant à l'injection existent déjà, le PS et le SPS, et doivent être modifiées de manière à pouvoir accélérer, en plus de protons ou d'anti-protons, les électrons et positons qui sont nécessaires au LEP. Trois autres machines de petite taille doivent être construites pour réaliser le "préinjecteur" et seront situées en surface à l'intérieur du site de Meyrin.

L'utilisation de ces machines correspondra certainement à ce qui est prévu dans l'étude d'impact. Toutefois, il est utile de préciser un certain nombre de points, notamment parce que les possibilité variées d'utilisation offertes par ces machines peuvent influencer l'impact radio-

logique global du CERN sur l'environnement :

1. Le préinjecteur du LEP est composé d'un accélérateur linéaire à haute intensité de 200 MeV qui produit les positons, d'un accélérateur linéaire de 600 MeV qui accélère les électrons ou les positons, et d'un anneau de stockage (EPA) qui accumule les électrons ou les positons et les rassemble en paquets. Ce système ne sera nécessaire au fonctionnement du LEP que pendant la phase d'injection, c'est-à-dire 10 minutes toutes les 2 à 3 heures. Le reste du temps ces machines pourront être utilisées pour des tests ou des expériences (1, p. 90).

2. De même, en dehors des 8% du temps que le PS et le SPS seront utilisés comme injecteurs du LEP, ces machines pourront accélérer des protons ou des électrons, ou leur anti-particule respective à d'autres fins.

3. Ces diverses utilisations des machines du système d'injection ne seront évidemment possibles que si les budgets et les priorités le permettent.

4. Les perfectionnements ultérieurs du LEP qui permettront notamment d'en augmenter l'énergie, de faire des collisions entre les électrons du LEP et les protons du SPS, d'accélérer des protons dans le LEP, ou même de construire un second anneau pour les protons dans le tunnel du LEP, sont des développements à long terme qui nécessiteront une nouvelle étude d'impact.

5. En ce qui concerne l'augmentation de l'énergie du LEP au dessus de 100 GeV, une nouvelle Déclaration d'Utilité Publique sera nécessaire (3, p. 4). Dans le cadre de l'Enquête préalable actuelle, il n'est donc en principe pas nécessaire d'envisager des énergies supérieures à 100 GeV. Néanmoins, comme cela a été fait par le CERN (2), une énergie limite de 125 GeV sera envisagée dans l'évaluation des nuisances, de manière à prendre en compte l'impact écologique probable au cas où la technologie et les budgets permettraient d'exploiter le LEP à cette énergie.

## 1.2. L'influence de l'énergie sur l'impact radiologique du LEP

Dans les installations utilisant des protons, ou des électrons de basse énergie, les problèmes de radio-protection principaux sont dus aux interactions des particules avec les cibles et aux pertes de faisceaux lors de l'accélération des particules, de leur transfert d'une machine à l'autre, ou de leur circulation dans les anneaux de stockage. Pour une énergie et une puissance de faisceau donnée, les interactions des électrons avec la matière produisent beaucoup moins de radioactivité que les protons (4). De façon générale, on peut donc s'attendre à ce que l'impact radiologique des machines

à électrons de basse énergie, et notamment du PS et du SPS utilisés comme injecteurs du LEP, soit plus faible que celui des accélérateurs de protons actuellement en fonctionnement au CERN.

Les problèmes radiologiques nouveaux posés par le LEP sont dus au rayonnement synchrotron. Ce rayonnement est émis lorsque des particules chargées se déplacent sur des trajectoires courbes. Dans le cas des accélérateurs de protons l'intensité de ce rayonnement est négligeable. Par contre, il devient très important pour les accélérateurs d'électrons de haute énergie. L'intensité et la dureté de ce rayonnement augmente très rapidement avec l'énergie des électrons. C'est pourquoi, afin de réduire la courbure des trajectoires, il a fallu donner au LEP sa très grande taille.

Aussi longtemps que l'énergie du LEP reste inférieure à 85 GeV, les effets radiologiques de la radiation synchrotron seront faibles par rapport à ceux des autres rayonnements. Par contre, lorsque l'énergie des électrons atteint ou dépasse 100 GeV, c'est-à-dire l'énergie qui a déterminé la taille du LEP, les effets de la radiation synchrotron deviendront dominants. Dans ce régime, l'énergie de la radiation synchrotron est suffisante pour produire de la radioactivité dans les composants de la machine, dans l'eau qui circule dans les circuits de refroidissement, et dans l'air du tunnel.

Dans les paragraphes qui suivent, les nuisances radiologiques du LEP sont passées en revue. Dans la mesure du possible, les différences entre le fonctionnement à basse énergie (moins de 85 GeV) et haute énergie (100 ou 125 GeV) seront mises en évidence. Des comparaisons seront faites avec les machines actuelles du CERN.

### 1.3. Les débits de dose dans le tunnel du LEP

Dans les sections courbes du tunnel dans lequel circule le faisceau du LEP, les niveaux de rayonnement attendus sont les suivants (1, p. 170) :

Energie (GeV)	51	85	125
Débits de dose (rad/h)	50	9000	50000

Dans les sections droites et les zones d'interaction, les débits de dose sont pratiquement indépendants de l'énergie et pourraient valoir de 1 à 10 rad/h (5, p. 3). Ces débits sont principalement dus aux pertes de faisceau.

Si l'on compare les débits de dose dans les sections courbes avec ceux rencontrés dans les autres accélérateurs, on constate qu'à cause du rayonnement synchrotron, les doses absorbées seront plus élevées dans le LEP

que dans les tunnels des accélérateurs CERN actuels. Cependant, les effets de ces doses concernent principalement le matériel et l'électronique, et ne sont pas directement comparables. Par exemple, alors que dans les accélérateurs de protons les rayonnements ont une énergie en général élevée et provoquent des réactions nucléaires, dans le LEP seule la partie du spectre de radiations synchrotron au dessus d'un seuil de quelques MeV est susceptible de le faire.

#### 1.4. Effets des radiations à l'intérieur du tunnel du LEP

Les effets principaux des radiations dans le tunnel du LEP sont de deux types : chimiques et nucléaires.

Les effets chimiques sont dus à la radiolyse, c'est-à-dire à la transformation chimique de certaines substances sous l'effet des radiations. Ce phénomène concerne principalement les matériaux tels que les isolants utilisés pour les aimants et les câbles, et la production d'ozone et d'oxydes d'azote dans l'air du tunnel. L'ensemble du spectre des radiations ionisantes participe à ce phénomène, si bien que la totalité des débits de dose indiqués ci-dessus sont à prendre en considération. Par exemple, pour la production d'ozone, les concentrations maximales dans l'air du tunnel sont les suivantes (6, p. 13) :

Energie (GeV)	51	85	125
Concentration maximum d'ozone (ppm)	0.004	0.64	3

Les effets nucléaires correspondent à la production de nucléides radioactifs et ne sont possibles que pour les rayonnements de haute énergie dus aux pertes de faisceau et à la partie du spectre de radiation synchrotron au dessus d'un seuil de quelques MeV. Le tableau suivant regroupe les quantités annuelles de radionuclides produits dans l'eau de refroidissement et dans l'air des tunnels, et les activités à la saturation dans le plomb qui entoure l'enceinte à vide et dans le fer des aimants (1) :

Energie (GeV)	51	85	125
Eau de refroidissement (Ci/an)	-	0.01	1
Air des tunnels (Ci/an)	20	30	340
Plomb de blindage (Ci)	-	0.03	720
Fer des aimants (Ci)	0.02	0.1	9500

L'effet de seuil apparait très clairement. A ce sujet il faut

remarquer qu'une fois le seuil franchi, la quantité de radioactivité produite augmente beaucoup plus lentement avec l'énergie des électrons. Pour cette raison, la prise en considération des effets radiologiques du LEP à 125 GeV permet d'apprécier raisonnablement l'impact radiologique maximum de cette machine lorsque elle accélère des électrons.

Lorsque la saturation de la production des radionuclides est atteinte avec une exploitation à 125 GeV, le bilan de l'activité totale est analogue à celui qui est observé auprès de l'actuel accélérateur SPS (7, p. 8).

#### 1.5. La radioactivité rémanente dans le tunnel du LEP

Lorsque le faisceau est arrêté, les débits de dose de radiation dans le tunnel décroissent très rapidement et deviennent une fonction de la radioactivité qui a été accumulée dans les composants de la machine. Cette radioactivité résiduelle ne sera importante que lorsque la machine aura été utilisée à une énergie supérieure à 85 GeV pendant un certain temps. Dans les sections courbes la contribution la plus importante proviendra de l'activation du plomb, ce qui donnera des débits de dose de 1 à 30 mrem/h à 40 cm (5, p. 6). En certains points de la machine, au bout de quelques années de fonctionnement, les débits de dose pourront être plus élevés. Ce pourra en particulier être le cas pour les parties en cuivre des cavités accélératrices proches des points d'injection ou des sections courbes (1, p. 30).

A titre de comparaison, les débits de dose dans le PS, 32 heures après l'arrêt, sont de 5 à 50 mrem/h. Dans le SPS, une moyenne d'ensemble sur la circonférence de la machine donne 2.3 mrem/h, avec évidemment des points chauds où les débits de dose atteignent des valeurs beaucoup plus élevées.

La radioactivité rémanente dans le tunnel du LEP exploité au maximum de sa puissance sera donc en moyenne du même ordre de grandeur que celle présente dans les autres grandes machines du CERN. Compte tenu de la durée des interventions en raison de la taille de la machine, les mesures de radioprotection pour les travailleurs s'occupant de l'entretien seront donc semblables.

#### 1.6. Radioactivité produite autour du tunnel et dans l'eau

La radioactivité produite dans les roches et l'eau à l'extérieur du tunnel, ainsi que les rejets accidentels d'eau à partir des circuits de refroidissement, sont d'une grande importance pour l'écologie.

La radioactivité totale produite par le LEP au maximum de sa puissance dans les roches a été estimée en suivant 4 approches différentes (1, p17).

Ces estimations montrent que cette radioactivité est environ 1000 fois plus petite que la radioactivité naturelle contenue dans une couche de 1 m de roche autour du tunnel.

En ce qui concerne la radioactivité produite dans l'eau souterraine, on a fait l'hypothèse très pessimiste que le LEP était entièrement entouré d'eau. Dans ces conditions, la production de tritium (1, p. 20) reste négligeable.

La radioactivité dans l'eau des circuits de refroidissement du LEP est au maximum de l'ordre de  $0.005 \mu\text{Ci}/\text{cm}^3$ . Cette concentration est environ 100 fois plus petite que celle dans l'eau de refroidissement du SPS (8, p.117). Cette eau est contenue dans un circuit fermé et une certaine partie de la radioactivité se concentre dans les lits de résine des échangeurs d'ions. Avant de rejeter cette eau il est prévu de la stocker temporairement dans les drains au fond du tunnel et d'en mesurer la concentration de tritium. Celle-ci ne devrait pas dépasser 100 fois la concentration naturelle du tritium contenu dans l'eau du Pays de Gex. Environ  $100 \text{ m}^3$  de cet eau sera ainsi rejetée, ce qui ne devrait pas poser de problèmes. En cas de fuite dans le circuit dans le circuit d'eau de refroidissement, les drains assureront le stockage de celle-ci.

#### 1.7. Radioactivité diffusée autour des puits et radioactivité rejetée par le système de ventilation

L'anneau du LEP est recouvert d'une épaisse couche de roches qui empêche les radiations produites par les électrons d'atteindre la surface. (Le nombre des muons de haute énergie éventuels est trop faible pour être significatif.) Les rayonnements qui atteignent l'extérieur passent donc nécessairement par les circuits d'eau de refroidissement, d'air de ventilation et les puits d'accès.

La radioactivité qui est diffusée par les puits peut être estimée à partir des débits de dose que l'on prévoit à la base de ceux-ci. Ces zones doivent pouvoir être occupées par les physiciens et le personnel durant le fonctionnement de la machine, ce qui limite les débits de dose moyens à 1 mrem/h. Vu la profondeur des puits, la dose annuelle qui en résultera en surface et à la clôture sera inférieure à 1 mrem/an (1, p. 8).

En ce qui concerne l'eau de refroidissement, la radioactivité qu'elle transporte peut être la source d'une certaine irradiation à proximité des tours de refroidissement. L'étude d'impact ne donne pas de chiffres à ce sujet (2, p. 134). Mais, si l'on tient compte des informations concernant le SPS (8, p. 117), et de la plus faible radioactivité de l'eau du LEP, on peut



estimer que l'irradiation à proximité des tours de refroidissement du LEP sera inférieure à 1 mrem/an.

L'irradiation principale en surface proviendra de la radioactivité de l'air expulsée du tunnel. Celle-ci peut être déterminée à partir des chiffres indiqués au paragraphe 1.4 et des caractéristiques du système de ventilation. Les 340 Ci rejetés par le LEP à 125 GeV peuvent être comparés aux 240 Ci rejetés par le SPS et le SC en 1981 (9, p. 10).

Les performances du système de ventilation du point de vue de la dispersion des polluants ont été décrits en détail pour le cas de l'ozone (6). Dans le cas de la radioactivité, le même modèle s'applique, à condition de tenir compte de la durée de vie des substances radioactives. Le point de concentration maximum au sol sera alors situé entre 200 et 600 m de la cheminée dans la direction du vent. L'irradiation en ce point sera au plus de 2 mrem/an. Si l'on tient compte de la direction et de la fréquence des vents dans le Pays de Gex (2, p. 170), l'irradiation moyenne maximale sera sur l'axe nord-est/sud-ouest par rapport à la cheminée. Par contre, dans la direction sud-est, l'irradiation sera en moyenne 100 fois plus petite. Afin d'illustrer la signification de ces nuisances, il est utile de traiter deux exemples :

Point d'accès N° 1 (Proche du CERN). Dans ce cas la base des puits est la plus proche des points d'injection et l'on s'attend à une irradiation en surface plus élevée que pour tous les autres puits (2, p. 138). Le maximum de l'irradiation, compte tenu de la fréquence des vents, se trouvera à l'intérieur du site de Meyrin du CERN.

Point d'accès N° 7 (Près du Lycée de Ferney-Voltaire). Le Lycée qui se trouve à 200 m au sud-est par rapport au point d'accès est situé dans la direction la plus favorable du point de vue des vents. L'irradiation par l'air évacué du LEP devrait y être inférieure à 0.1 mrem/an, c'est-à-dire beaucoup plus faible que l'irradiation naturelle qui est de 80 mrem/an environ. Comme ce point d'accès est décalé de plus de 400m par rapport au tunnel dans lequel passe le faisceau du LEP, la radiation diffusée autour de ce puit devrait être négligeable.

### 1.8 Impact radiologique du système d'injection

Lorsque le PS et le SPS seront utilisés comme injecteurs du LEP ils pourront continuer d'accélérer des protons. Comme cela a déjà été dit, à énergie égale, les effets radiologiques des électrons sont plus faibles que ceux des protons. Aussi longtemps que le PS et le SPS seront utilisés pour accélérer des protons, leur impact radiologique sera dominé par l'effet de

ces particules, et semblable à ce qu'il est actuellement.

Les diverses parties du préinjecteur, et en particulier la cible de production des positons, seront sévèrement blindés afin de réduire au maximum les doses à la clôture du site (10). Le blindage a donc été calculé en supposant un fonctionnement continu et la radioactivité de l'air autour de la cible sera confinée dans un système de ventilation fermé (1, p. 13).

## 2. Les mesures prises pour éviter les nuisances radiologiques sont-elles les meilleures possibles ?

La production de rayonnements et de substances radioactives indésirables sont des conséquences inévitables du fonctionnement des accélérateurs de particules. Les utilisateurs de ces machines ont en principe intérêt à limiter l'intensité de ces rayonnements parasites et la quantité des matières radioactives produites, et, lorsque cela n'est pas possible, de limiter les nuisances qui en résultent.

Certaines études concernant l'impact radiologique sont encore en cours. Vu les hypothèses très pessimistes qui ont été faites pour les estimations au premier ordre, il est possible que certaines nuisances soient finalement plus faibles que prévu. Par contre, certains effets inhabituels pourraient se révéler plus importants que prévus. Tels les effets nucléaires de la radiation synchrotron lorsque l'énergie du LEP dépassera 100 GeV.

### 2.1. Diminution de la quantité de matières radioactives produites

Une méthode générale qui permet en principe de réduire la quantité de substances radioactives produites est la sélection des matériaux en fonction de leur capacité à devenir radioactifs sous l'effet des particules. Malheureusement, dans la plupart des cas, les solutions possibles sont trop coûteuses pour être mises en oeuvre, ou présentent d'autres inconvénients. Par exemple, s'il était possible d'obtenir du plomb à faible teneur en plomb-204, l'activation du plomb sous l'effet de la radiation synchrotron serait beaucoup plus faible. Dans un autre domaine, si les sections courbes du tunnel du LEP étaient remplies d'azote au lieu d'air, l'absence d'oxygène éviterait toute production d'ozone ou d'oxydes d'azote. Malheureusement, les risques d'asphyxie au cas où l'azote inonderait une zone occupée par du personnel seraient trop importants pour qu'une telle solution puisse être envisagée.

L'utilisation de deux matériaux qui ont la propriété de devenir notablement radioactifs sous l'effet des radiations devrait être minimisée :

Le cuivre, utilisé entre autre dans les cavités accélératrices, et le sodium que l'on trouve en particulier dans le béton des aimants du LEP.

Finalement, une expérience d'activation par le rayonnement synchrotron pourrait être réalisée afin de vérifier les calculs, de mesurer l'importance de réactions du deuxième ordre comme la production du tritium dans l'eau de refroidissement par les neutrons de photodesintégration. Toutefois, comme la production de matières radioactives dans le LEP n'est pas un problème critique, il est difficile d'imaginer des améliorations importantes.

## 2.2. Limitation des effets

L'absorption des rayonnements par des matières inertes permet de diminuer leur impact sur la biosphère. Dans le cas du LEP, vu la profondeur de l'anneau, il est difficile d'envisager un meilleur blindage.

En ce qui concerne les matières radioactives, elles ne devraient pas être éliminées par dilution dans l'environnement, mais récoltées et isolées le plus longtemps possible de la biosphère. Dans le cas du LEP, même si la surcharge sur l'environnement qu'il provoquera sera relativement faible, les mesures suivantes devraient être étudiées :

Les lits de résine des échangeurs d'ions et tout autre composant, tels que les filtres à air, qui sont susceptibles d'accumuler des substances radioactives devraient le cas échéant être stockés comme des déchets moyennement radioactifs. L'avantage économique de rejeter les nucléides radioactifs contenus dans les échangeurs d'ions après régénération (1, p. 22) devrait être examiné.

Les eaux de rejets des circuits de refroidissement pourraient être stockées dans un réservoir, permettant ainsi de voir décroître leur radioactivité, et, si possible, de précipiter chimiquement certains des polluants radioactifs.

## 3. Que faut-il répondre aux contre-informations publiées dans la presse à propos des nuisances radiologiques du CERN ?

Les contre-informations que l'on peut lire dans la presse dans le contexte du LEP à propos des nuisances radiologiques du CERN adressent principalement deux critiques :

(1) Que l'impact radiologique du CERN actuel et en particulier les débits de dose aux clôtures et à l'extérieur du site sont beaucoup plus importantes que le CERN ne l'admet.

(2) Que l'impact radiologique du LEP sur la région et les populations

sera beaucoup plus important que le CERN ne le prétend.

Afin d'examiner ces affirmations, il faut rassembler les mesures qui concernent l'irradiation du public résultant du fonctionnement des accélérateurs du CERN, et, tout comme pour les estimations faites pour le LEP, les comparer aux normes légales applicables ainsi qu'à la radioactivité naturelle. Pour les personnes vivant dans le Pays de Gex, la dose annuelle pour l'irradiation due aux sources naturelles est de 80 mrem/an environ.

### 3.1. Normes légales et règles diverses

Les normes légales qui s'appliquent au CERN, aussi bien en France (11) qu'en Suisse (12) limitent la dose annuelle pour une personne du public à 500 mrem/an.

Le CERN a établi des règles pour la dose de rayonnement maximale sur la clôture, qui est due aux sources de rayonnement propres du CERN (9, p. 7) : 150 mrem/an. Ces mêmes règles fixent l'irradiation des membres du public résultant des sources propres au CERN à 20 mrem/an (1, p. 43).

A titre de comparaison, on peut mentionner les deux exemples suivants : En Suisse, l'irradiation du public par une centrale nucléaire en fonctionnement normal devrait être inférieure à 20 mrem/an. Aux Etats-Unis, l'objectif correspondant est de 5 mrem/an. En comparant ces chiffres cible à ceux du CERN et aux normes légales strictes, il faut tenir compte de la très grande différence de risques présenté par un accélérateur et un réacteur. Même dans le cas d'un grand accélérateur de recherche, l'inventaire radioactif reste négligeable à côté de celui d'un réacteur.

### 3.2. Débits de dose aux clôtures et à l'extérieur des sites du CERN actuel

Les débits de dose à l'intérieur, à la clôture, et à l'extérieur du CERN sont mesurés en permanence en de nombreux points et les rapports internes qui rassemblent ces mesures sont transmis aux autorités compétentes. Pour 1981, les mesures indiquent que (9) :

- En quelques endroits, les doses annuelles nettes à la clôture (après soustraction de la radioactivité naturelle) ont été de 175 mrem/an, c'est-à-dire supérieures à la norme de 150 mrem/an (9, p. 7).

- Quelques personnes vivant à proximité du CERN (Douane de Meyrin-St. Genis) ont pu recevoir une dose supplémentaire de 40 mrem/an, en supposant qu'elles soient restées à leur domicile la totalité du temps (9, p. 8).

Si on compare ces doses aux informations correspondantes pour les

années précédentes, on constate qu'en raison du développement des activités du CERN (augmentation du nombre et de la taille des accélérateurs, augmentation de l'énergie et de l'intensité des faisceaux accélérés), les doses moyennes aux clôtures du CERN ont régulièrement augmenté. A l'heure actuelle, malgré les efforts faits en matière de radioprotection, les chiffres indiquent qu'il semble être difficile de maintenir en tout lieu les doses aux clôtures au dessous de la norme de 150 mrem/an.

Les doses annuelles aux clôtures sont des doses cumulées. Comme les machines ne fonctionnent pas en permanence, et qu'il n'est pas toujours possible de calculer à l'avance les blindages nécessaires pour une expérience donnée, les débits de dose à la clôture peuvent atteindre durant des périodes limitées des valeurs nettement supérieures aux moyennes annuelles. Il est donc tout à fait possible qu'à certains moments et à certains endroits les doses aux clôtures puissent être 10 fois supérieures à la radioactivité naturelle. Ce genre de doses peuvent être mesuré avec des appareils relativement simples. Une situation semblable peut se présenter à proximité des zones de stockage du matériel radioactif. Si on y dépose des matériaux contenant des nucléides à courte durée de vie, les débits de dose au début de leur entreposage peuvent être plus élevés que par la suite.

### 3.3 L'impact radiologique du LEP

Après un examen détaillé des études qui ont été faites pour estimer l'impact radiologique du LEP sur les populations avoisinantes, il apparaît comme certain que l'irradiation maximum définie par les normes du CERN ne sera dépassée en aucun point à l'extérieur des points d'accès au LEP, à l'exception peut-être du point N° 1. Cette conclusion est semblable à celle de l'annexe 17 de l'étude d'impact (1, p. 43). Par contre, il apparaît comme beaucoup plus difficile de garantir que l'irradiation maximale aux clôtures reste inférieure à 2 mrem/an pour un fonctionnement à 100 GeV (2, p. 139).

En ce qui concerne l'impact radiologique du système préinjecteur, qui constitue la source principale de rayonnement parasite du LEP, on prévoit que les niveaux de rayonnement à l'extérieur du CERN ne devraient pas dépasser 20 mrem/an en un point quelconque le long de la clôture du site de Meyrin (2, p.7).

De façon générale, le faible impact radiologique du LEP provient moins d'un effort particulier visant à minimiser les nuisances que des caractéristiques spécifiques du projet. Comme cet impact est très en dessous des normes légales strictes, il est souhaitable que les promesses contenues dans l'étude d'impact se réalisent et puissent à la rigueur être vérifiées par des organes extérieurs.

4. Le stockage d'éléments radioactifs ayant servis aux expériences et l'évacuation de produits radioactifs éventuels peuvent-ils présenter un danger pour la population ?

Aussi longtemps que le LEP fonctionnera à basse énergie, il n'y aura essentiellement pas de production de matériaux fortement radioactifs, à l'exception des cibles d'arrêt de faisceau dans lesquelles les particules restantes après un cycle d'exploitation seront déchargées.

Lorsque le LEP travaillera à une énergie de 100 GeV ou plus, le bilan de l'activité totale sera analogue à celui qui est observé auprès de l'actuel accélérateur SPS (7, p. 8). Cependant, dans le cas du LEP, cette radioactivité sera distribuée de façon plus homogène, et sur un plus grand nombre de composants. Le transport de ces composants ne devrait pas poser de problèmes nouveaux, même si les distances parcourues risquent d'être plus grandes.

En ce qui concerne le stockage d'éléments radioactifs, par exemple de composants défectueux extraits de la machine, leur activité spécifique sera faible, notamment si les parties les plus radioactives (tel que le blindage de plomb qui entoure l'enceinte à vide) sont entreposés séparément. A terme, le problème le plus important risque d'être celui du volume représenté par les nombreux aimants au cas où ceux-ci devraient être retirés de l'anneau.

5. Références

- (1) K. Goebel, L'impact radiologique du projet LEP sur l'environnement, CERN 81-15, 19 novembre 1981.
- (2) Etude d'impact du projet LEP sur l'environnement, CERN, mars 1982
- (3) Notice explicative à l'Enquête préalable à la Déclaration d'Utilité Publique, DG-OF/RIM/625/Rev.1, 6 juillet 1982.
- (4) P.J. Gollon, Production of radioactivity by particle accelerators, IEEE Transactions on Nuclear Sciences, NS-23,4, August 1976, p. 1395.
- (5) Dispositions principales envisagées en matière de radioprotection, DG-OF/RIM/689/Rev.2, 29 juin 1982
- (6) A. Fasso et al., Formation d'ozone dans l'anneau principal du LEP et sa dispersion dans l'atmosphère par le système de ventilation, LEP Note 379, 27 mai 1982.
- (7) K. Goebel et Ch. Nuttal, Etudes concernant les influences radiologiques de l'installation LEP sur l'environnement, LEP Note 321, 22 octobre 1981.
- (8) K. Goebel, Radiation problems encountered in the design of multi-GeV research facilities, CERN 71-21, 29 septembre 1971.
- (9) G. Rau et D. Wittekind, Environmental radiation monitoring on the CERN sites during 1981, HS-RP/IR/82-13, 16 mars 1982.
- (10) A.H. Sullivan, The shielding of an electron-positron injector, HS-RP-073/CF, LEP Note 354, 5 February 1982.
- (11) Annexe III du décret no 67-228 du 15 mars 1967.
- (12) Article 44 de l'Ordonance concernant la protection contre les radiation du 30 juin 1976.