



CENTRE D'ETUDE DE L'ENERGIE NUCLEAIRE  
C. E. N.  
BRUXELLES

LABORATOIRE TRITIUM  
ETUDE DE L'ACCIDENT MAXIMUM CROYABLE

G. PENELLE et O. CORBISIER

Juillet 1964

STUDIECENTRUM VOOR KERNENERGIE  
S. C. K.  
BRUSSEL

G. PENELLE et O. CORBISIER  
BLG 280 (Juill. 1964)

LABORATOIRE TRITIUM -- ETUDE DE L'ACCIDENT MAXIMUM CROYABLE

Résumé. - L'accident maximum croyable est, par définition, le plus grave que l'on puisse concevoir, sans impossibilité physique, dans le cadre d'hypothèses considérées comme ayant une probabilité d'occurrence non négligeable.

Dans le cas du laboratoire tritium, cet accident est défini comme étant un incendie qui ravagerait les différents locaux et qui libérerait dans l'atmosphère tout le tritium contenu dans ce laboratoire ; les quantités de tritium qui ont été supposées se trouver dans le laboratoire au moment de l'incendie sont les quantités maxima prévisibles pour les installations actuelles.

G. PENELLE et O. CORBISIER  
BLG 280 (Juill. 1964)

LABORATOIRE TRITIUM -- ETUDE DE L'ACCIDENT MAXIMUM CROYABLE

Samenvatting. - Het maximaal denkbare ongeval is het ergste ongeval dat kan worden uitgedacht zonder een fysieke onmogelijkheid te bevatten, in het kader van hypotesen waarvan de waarschijnlijkheid van gebeuren niet verwaarloosd kan worden.

In het geval van het tritiumlaboratorium wordt dit ongeval bepaald als zijnde een brand die de verschillende lokalen zou verwoesten en het tritium, dat zich in dit laboratorium bevindt, in de lucht zou vrijlaten ; de hoeveelheid tritium die verondersteld wordt in dit laboratorium te zijn bij het uitbreken van de brand, is de maximaal voorzienbare hoeveelheid in verband met de huidige installaties.

G. PENELLE et O. CORBISIER  
BLG 280 (Juill. 1964)

LABORATOIRE TRITIUM -- ETUDE DE L'ACCIDENT MAXIMUM CROYABLE

Summary. - The maximum credible accident is defined as the most serious accident which one can conceive without involving any physical impossibility, within the frame of hypotheses which have a probability of occurrence considered as not negligible.

In the case of the tritium laboratory this accident is defined as a fire which would destroy the different rooms and release to the atmosphere all the tritium contained in the laboratory ; the quantity of tritium supposed to be in the laboratory when the fire starts is the maximum foreseeable quantity with respect to the existing installations.

Les doses par rayonnement direct en provenance du nuage radioactif et les doses par inhalation sont calculées et comparées aux niveaux-guides correspondants ; elles sont inférieures à ces niveaux. Les dépôts n'ont pas été calculés car aucune donnée sur la façon dont le tritium passe dans le lait n'a pu être trouvée dans la littérature.

De doses bij rechtstreekse straling afkomstig van de radioactieve wolk en de doses door inademing worden berekend en vergeleken met de overeenkomstige leid-niveaus ; de doses liggen lager dan deze niveaus. De nederzetting werd niet berekend daar in de literatuur geen enkele aanduiding te vinden is over de wijze waarop het tritium in de melk komt.

The doses by direct radiation from the radioactive cloud and the inhalation doses are calculated and compared to the corresponding guide-levels; they are smaller than those levels. The depositions were not calculated as in the literature no indication could be found as how the tritium may get into the milk.

## TABLE DES MATIERES

	<u>Pages</u>
INTRODUCTION	1
I. DESCRIPTION DE L'ACCIDENT	1
II. QUANTITES MAXIMA DE TRITIUM PRESENTES DANS LE LABORATOIRE	1
III. DEGAGEMENT DANS L'ATMOSPHERE	1
V. CONDITIONS ATMOSPHERIQUES	2
V. DISTRIBUTION DE POPULATION AUTOUR DU LABORATOIRE	2
VI. IRRADIATIONS CONSECUTIVES A UN ACCIDENT	2
I. NIVEAUX-GUIDES APPLICABLES EN CAS D'ACCIDENT NUCLEAIRE	3
I. CONCLUSIONS	4
CONCLUSION GENERALE	4
ANNEXE A	5
ANNEXE B	6
REFERENCES	7

\* \* \*

## INTRODUCTION

Le laboratoire Tritium fait partie du groupe des laboratoires de production des radioisotopes ; comme il se trouve complètement isolé des autres laboratoires, dans l'aile gauche du bâtiment BRI, il fait l'objet d'une étude séparée en ce qui concerne l'accident maximum prévisible.

Le laboratoire Tritium comprend actuellement trois locaux :

- un local "chaud" ;
- un local "tiède" ;
- un local "mesures".

Les travaux s'y effectuent dans des enceintes maintenues sous dépression et les locaux eux-mêmes sont ventilés avec interposition de filtres absolus avant l'échappement à l'atmosphère.

L'échappement se fait à environ 4 m de hauteur.

Une description détaillée de ces installations y compris les règles administratives qui ont été dressées pour leur exploitation, est en cours de rédaction.

## DESCRIPTION DE L'ACCIDENT

L'accident le plus grave que l'on puisse imaginer consiste en un incendie qui ravagerait les différents locaux. Ceux-ci ne sont pas sans défense contre un incendie ; des bonbonnes de CO<sub>2</sub> se trouvent dans les locaux et dans les couloirs. Nous supposons néanmoins que le laboratoire Tritium est complètement détruit et que tout le tritium qu'il contient est libéré dans l'atmosphère.

## QUANTITES MAXIMA DE TRITIUM PRESENTES DANS LE LABORATOIRE

Les quantités données ci-dessous ne sont pas des valeurs normalement présentes dans le laboratoire mais les quantités maxima prévisibles pour les installations actuelles, compte tenu des dépôts fixés dans les filtres et qu'un incendie libérerait :

750 Ci d' <sup>3</sup> H sous forme gazeuse
2 Ci d' <sup>3</sup> H sous forme molécules marquées
100 Ci d' <sup>3</sup> H sous forme d'eau tritiée

## DEGAGEMENT DANS L'ATMOSPHERE

Nous supposons que la totalité du tritium, soit 852 Ci, se dégagera dans l'atmosphère en cas d'incendie.

## CONDITIONS ATMOSPHERIQUES

Dans la théorie de SUTTON, le paramètre  $n$  mesure l'intensité de la variation de la vitesse du vent en fonction de l'altitude. Ce paramètre est lié à l'état de turbulence de l'atmosphère ; une faible valeur de  $n$  correspond à un état très turbulent et à des doses au sol faibles ; par contre, une valeur de  $n$  élevée amène des doses plus grandes.

Deux paramètres importants  $C_y$  et  $C_z$  mesurent la diffusion des effluents gazeux perpendiculairement à l'axe du nuage ; plus ces paramètres sont petits, plus grande est la dose.

Nous adoptons les paramètres atmosphériques recommandés par l'A.E.C. [1] pour les calculs d'accident maximum, soit :

$u$	vitesse du vent	= 1 m/s
$n$	paramètre de SUTTON	= 0,5
$C_y$	coefficient de diffusion	= 0,4 (m) <sup>n/2</sup>
$C_z$	coefficient de diffusion	= 0,07 (m) <sup>n/2</sup>

Une étude statistique basée sur l'exploitation des données fournies par un nouvel appareillage monté sur le mât météorologique du C.E.N. permettra une détermination de paramètres de diffusion adaptés spécialement au site de Mol ; cette étude est actuellement en cours au Département Mesure et Contrôle Radiations du C.E.N.

Il est possible que la méthode de PASQUILL se révèle mieux adaptée à l'exploitation de ces nouvelles données que la méthode de SUTTON ; elle serait alors utilisée lors d'une révision de ce rapport.

## DISTRIBUTION DE POPULATION AUTOUR DU LABORATOIRE

Les laboratoires se trouvent à 250 mètres de la limite la plus proche du Quartier Résidentiel du site 1 du C.E.N. ; les localités de Donk et de Achterbos sont à 2 km ; le village de Dessel (6.600 habitants) et la commune de Mol (25.400 habitants) commencent à 2 km. Geel (27.300 habitants) et Turnhout (36.700 habitants) sont respectivement à 7 et 14 km de distance. Les premières pâtures sont à 500 mètres.

## IRRADIATIONS CONSECUTIVES A UN ACCIDENT

Le tritium est uniquement émetteur  $\beta^-$ .

### 1. Dose due à l'immersion dans le nuage (voir annexe A)

Distance $d$ (m)	200	500	1.000	5.000	10.000
Dose $\beta$ (mrem)	12,1	3,0	1,1	0,1	$3,4 \cdot 10^{-2}$

## 2. Doses d'inhalation (voir annexe B)

Les doses ont été calculées pour un enfant de moins de 6 mois ; par prudence, on suppose dans les calculs que cet enfant peut demeurer pendant une durée infinie à 4 mètres de hauteur, c'est-à-dire au niveau de la source. Ce serait, par exemple, possible pour un enfant séjournant à l'étage de l'une des habitations du Quartier Résidentiel du C.E.N., si le Plan d'Urgence n'était pas appliqué.

Les quantités fixées dans l'organe critique (les tissus) sont alors les suivantes :

Distance d (m)	200	500	1.000	5.000	10.000
H <sup>3</sup> (μCi)	479	121	43	3,8	1,4

## 3. Dépôts

Les dépôts de tritium n'ont pas été calculés pour la raison qu'aucune donnée sur la façon dont H<sup>3</sup> passe dans le lait n'a pu être trouvée dans la littérature.

## 4. Discussion des résultats

Les valeurs trouvées doivent être considérées comme des maxima :

- 1) les quantités de tritium libérées dans l'atmosphère constituent la limite supérieure des quantités pouvant se trouver dans le laboratoire ;
- 2) les doses sont calculées pour des conditions météorologiques défavorables ;
- 3) les conditions se maintiennent indéfiniment ;
- 4) l'enfant séjourne dans l'axe du nuage, pendant un temps infini.

## NIVEAUX-GUIDES APPLICABLES EN CAS D'ACCIDENT NUCLEAIRE

### 1. Rayonnement externe

Nous adoptons comme niveau-guide pour l'irradiation accidentelle externe : 12 rems (total body) [3].

### 2. Inhalation de tritium

L'organe critique est constitué par les tissus ; le niveau-guide pour l'organe critique est de 15 rems [4], ce qui correspond à une quantité de H<sup>3</sup> pouvant être fixée dans l'organe critique d'un enfant nouveau-né de  $1,1 \cdot 10^3$  μCi ; toutefois l'expérience montre que le tritium présent dans l'air pénètre dans le corps par

inhalation et par absorption dans la peau ; il est donc prudent de n'admettre qu'une quantité de :

$$\frac{1,1 \cdot 10^3}{2} = 5,5 \cdot 10^2 \text{ } \mu\text{Ci de H}^3$$

directement inhalé [4] .

Pour un adulte la quantité correspondante s'élève à  $1,1 \cdot 10^4 \text{ } \mu\text{Ci}$  .

## CONCLUSIONS

### 1. Rayonnement externe

Les doses calculées sont nettement inférieures aux niveaux-guides.

### 2. Inhalation

Les doses calculées restent en dessous des niveaux-guides.

## CONCLUSION GENERALE

On peut donc conclure que le tritium ne posera pas de problème en dehors du foyer de l'incendie et de ses environs immédiats.



ANNEXE A

RAYONNEMENT DIRECT PAR IMMERSION DANS LE NUAGE

Les paramètres de diffusion atmosphérique sont (voir § IV)

$$\left. \begin{array}{l} \text{Vitesse du vent } u = 1 \text{ m/s} \\ C_y = 0,4 (m)^{n/2} \\ C_z = 0,07 (m)^{n/2} \\ n = 0,5 \end{array} \right\} C^2 = 0,028 m^n$$

Il s'agit uniquement de rayonnement  $\beta$ , le tritium étant seulement émetteur  $\beta^-$ .  
La formule 4.50 de la référence [2] donne :

$$X = \frac{2 B}{\pi C^2 u d^{2-n}}$$

- où X concentration à même hauteur que la source en  $\text{MeV/s} \cdot \text{m}^3$
- B activité de la source en  $\text{MeV/s}^2$
- u vitesse du vent = 1 m/s
- d distance à la source.

On obtient ainsi :

Distance d (m)	200	500	1.000	5.000	10.000
$\frac{X}{B} \text{ s/m}^3$	$8,04 \cdot 10^{-3}$	$2,03 \cdot 10^{-3}$	$7,19 \cdot 10^{-4}$	$6,43 \cdot 10^{-5}$	$2,27 \cdot 10^{-5}$

De la même référence, formule 8-1, on tire :

$$D(\text{mrems}) = 10^3 \cdot \frac{0,5 \times 0,64}{6,8 \times 10^{10}} \cdot 3,7 \cdot 10^{10} \cdot \frac{X}{B} (QE_{\beta} F)$$

- où Q activité de la source en Ci = 852 Ci
- $E_{\beta}$  énergie  $\beta$  en MeV = 0,010 MeV
- F fonction de décroissance durant le temps nécessaire pour atteindre la distance d :  $e^{-0,693 \frac{d}{T}}$  (négligeable étant donné la longue demi-vie du tritium).

De qui donne la dose D en mrems :

Distance d(m)	200	500	1.000	5.000	10.000
D (mrems)	12,1	3,0	1,1	0,1	$3,4 \cdot 10^{-2}$

ANNEXE B

INHALATION DE TRITIUM

La concentration intégrée à la distance d de la source est donnée par la formule [2] :

$$TID = \frac{2 Q}{\pi C^2 u d^{2-n}} \frac{Ci - s}{m^3}$$

La quantité (en  $\mu Ci$ ) qui se dépose dans l'organe critique (les tissus) est égale à la quantité inhalée (car  $fa = 1$ ) et est donnée pour un enfant de moins de 6 mois par :

$$D_{\mu Ci} = TID \times 10^6 \times 7 \times 10^{-5}$$
$$= \frac{2 Q \times 7 \times 10}{\pi C^2 u d^{2-n}}$$

où  $Q = 852 Ci$

$C^2 = 0,028 (m)^n$

$u = 1 m/s$

$d =$  distance à la source en mètres

$n = 0,5$

$7 \cdot 10^{-5} m^3/s$  est l'intensité d'inhalation pour un enfant de 6 mois.

On obtient ainsi :

Distance d (m)	200	500	1.000	5.000	10.000
$H^3$ ( $\mu Ci$ )	479	121	43	3,8	1,4

REFERENCES

- [1] Calculations of distance factors for power and test reactor sites  
US AEC - TID 14,844 - March 23 - 1962 - (page 19).
- [2] Meteorology and atomic energy  
AECU 3066 - July 1955.
- [3] X. de MAERE d'AERTRYCKE -  
Tolérances en cas d'accidents survenant à des installations nucléaires.  
C.E.N. - Mesures et Contrôle Radiations. Mars 1961.
- [4] X. de MAERE d'AERTRYCKE -  
Calcul des tolérances accident pour le C<sup>14</sup>, Cl<sup>36</sup>, Tritium.  
Note RB/XdM/MLS du 23 octobre 1961.

d