

**RAPPORT*****Document de synthèse relatif aux parafoudres radioactifs*****France TELECOM**

| DATE         | EDITION           | REDACTEUR                     | VERIFICATEUR                             | APPROBATEUR                      |
|--------------|-------------------|-------------------------------|------------------------------------------|----------------------------------|
| Juillet 2002 | Edition originale | <i>JM.MURE<br/>Consultant</i> | <i>J.COISY<br/>Responsable<br/>Unité</i> | <i>JP. GARNIER<br/>Directeur</i> |
| DATE         |                   |                               |                                          |                                  |
| VISA         |                   |                               |                                          |                                  |

# TABLE DES MATIERES

|                                                                           |           |
|---------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>INTRODUCTION, CONTEXTE</b>                                             | <b>4</b>  |
| QU'EST-CE QU'UN PARAFoudre ?                                              | 4         |
| HISTORIQUE ET MÉTHODOLOGIE MISE EN PLACE PAR FRANCE TELECOM               | 4         |
| <b>INVENTAIRE ET CARACTÉRISATION</b>                                      | <b>5</b>  |
| CARACTÉRISATION DES PARAFoudRES                                           | 5         |
| COMMENTAIRES SUR LES ANALYSES                                             | 7         |
| SPECTROMÉTRIE $\gamma$                                                    | 7         |
| SPECTROMÉTRIE $\beta$ PAR SCINTILLATION LIQUIDE (MESURE DU $^3\text{H}$ ) | 7         |
| VARIABILITÉ DES RÉSULTATS                                                 | 8         |
| <b>INVENTAIRE NATIONAL</b>                                                | <b>9</b>  |
| PARAFoudRES DE RÉPARTITEURS                                               | 9         |
| PARAFoudRES DE BOÎTES EN LIGNE                                            | 9         |
| NOMBRE TOTAL DE PARAFoudRES À COLLECTER                                   | 10        |
| <b>SPECTRE RADIOLOGIQUE</b>                                               | <b>11</b> |
| <b>ACTIVITÉ ET VOLUME PRÉVISIONNELS</b>                                   | <b>12</b> |
| ACTIVITÉS PRÉVISIONNELLES                                                 | 12        |
| VOLUMES PRÉVISIONNELS                                                     | 13        |
| <b>SOLUTIONS ENVISAGÉES PAR FRANCE TELECOM</b>                            | <b>14</b> |

## Liste des tableaux

|                    |                                                            |    |
|--------------------|------------------------------------------------------------|----|
| <b>Tableau 1 :</b> | Nature et activité de chaque type de parafoudre radioactif | 6  |
| <b>Tableau 2 :</b> | Spectre radiologique du parafoudre sur répartiteur         | 11 |
| <b>Tableau 3 :</b> | Spectre radiologique du parafoudre sur boîte en ligne      | 11 |
| <b>Tableau 4 :</b> | Activité totale et spectre moyen                           | 12 |
| <b>Tableau 5 :</b> | Volume de parafoudres à collecter                          | 13 |

# 1.Introduction, contexte

## 1.1. *Qu'est-ce qu'un parafoudre ?*

Les tensions perturbatrices d'origine atmosphérique ou créées par les lignes de transport d'énergie sont susceptibles de nuire à la qualité des communications, d'endommager gravement les équipements du réseau et, dans certains cas, d'être dangereuses pour les personnes.

Pour protéger le réseau de télécommunications en cas de tensions perturbatrices, des dispositifs capables d'éliminer très rapidement les surtensions temporaires et de rétablir le fonctionnement normal du réseau ont été mis en oeuvre. Ces dispositifs de protection sont des parafoudres, encore appelés parasurtenseurs.

Les premiers parafoudres utilisés étaient des parafoudres à gaz constitués d'électrodes enfermées dans une enceinte étanche (verre, verre-métal ou céramique) contenant un gaz. Les caractéristiques électriques, en particulier la tension d'amorçage, dépendent essentiellement de la distance entre les électrodes, de la nature de celles-ci, du gaz utilisé et de sa pression.

Afin d'éliminer les surtensions de mode commun les parafoudres sont installés entre les conducteurs et la terre. Lors d'une agression électrique, quand la tension dépasse une certaine valeur, le gaz du parafoudre s'ionise et écoule l'énergie à la terre protégeant ainsi les équipements en aval.

Les parafoudres peuvent être classés en deux principales catégories suivant leur localisation dans le réseau :

- au **répartiteur**, pour protéger les équipements de commutation. Ces dispositifs sont appelés "miniatures" ;
- **en ligne**, pour protéger les réseaux aériens et les abonnés raccordés. Ces dispositifs, dits à fort pouvoir d'écoulement, sont de deux types, à couteaux ou à glissières.

## 1.2. *Historique et méthodologie mise en place par France Telecom*

Dans les années 60/70, les premières générations de parafoudres contenaient des produits radioactifs dont le rôle était de pré-ioniser le gaz afin d'obtenir des tensions d'amorçage reproductibles. Depuis, les procédés technologiques permettent de protéger les réseaux de télécommunications à l'aide de dispositifs stables, sans radioélément. Bien que les dispositifs à radioéléments aient été interdits d'approvisionnement puis d'emploi en 1978, leur utilisation n'a pas pu être arrêtée instantanément et on en trouve encore aujourd'hui dans les installations de France Télécom.

**L'évolution de la réglementation, la mise en place d'une démarche environnementale au sein de France Télécom a conduit France Télécom à envisager un scénario de dépose, de collecte puis d'élimination de ces composants par une filière agréée, en respect de la réglementation en vigueur, en matière de radioprotection, de protection de l'environnement, de transport de matières dangereuses et de gestion des déchets.**

Dans cette optique, un groupe de travail interne à France Télécom a travaillé sur le sujet à

partir de 1997 et défini une démarche en plusieurs phases :

- identification des parafoudres susceptibles de contenir des radioéléments par des recherches internes à France Télécom et auprès des fabricants ;
- caractérisation radiologique des différents types de parafoudres par des laboratoires spécialisés (SUBATECH, IPNL) : analyses destinées à déterminer la nature des radioéléments et la quantité d'activité moyenne contenue dans chaque type de parafoudre ;
- inventaire des parafoudres sur l'ensemble du réseau de télécommunications de France Télécom ;
- analyse des contraintes réglementaires associées à la collecte et définition d'un scénario de collecte optimal ;
- mise en œuvre opérationnelle de la dépose et de la collecte des parafoudres puis élimination des parafoudres selon une filière mise en place en concertation avec l'Agence Nationale pour la Gestion des Déchets Radioactifs (ANDRA), organisme en charge de la gestion à long terme des déchets radioactifs en France.

## **2. Inventaire et caractérisation**

### ***2.1. Caractérisation des parafoudres***

Le travail de recherche en interne France Télécom et auprès des fabricants a permis d'établir une liste d'environ 30 types différents de parafoudres contenant des radionucléides. Bien sûr, il en existe beaucoup d'autres dans lesquels il n'y a aucune trace de radionucléide.

Tous ces parafoudres ont fait l'objet d'analyses radiologiques confiées au laboratoire SUBATECH de l'Ecole des Mines de Nantes et à l'IPNL de Lyon. Ainsi, ont pu être identifiés 4 radionucléides principaux :  $^3\text{H}$ ,  $^{147}\text{Pm}$ ,  $^{226}\text{Ra}$  et  $^{232}\text{Th}$ .

A partir de ces résultats de mesure, une activité forfaitaire a été attribuée à chaque type de parafoudre. Le principe retenu était de fixer une valeur d'activité raisonnablement pénalisante, qui ne sous-estime pas l'activité réelle moyenne, et ne la surestime pas non plus. Afin de faciliter une future comptabilité, la valeur d'activité est arrondie aux dizaines, centaines ou milliers les plus proches.

Le tableau ci-dessous résume l'ensemble des données radiologiques disponibles sur les parafoudres. Ce sont ces données qui ont permis d'établir une estimation de l'activité totale à éliminer.

| Type                                   | Radio-<br>élément | Mesures<br>SUBATECH | Mesures<br>IPNL           | Masse<br>en g | Activité<br>retenue | Rapport d'analyse<br>Commentaires         |
|----------------------------------------|-------------------|---------------------|---------------------------|---------------|---------------------|-------------------------------------------|
| <b>Parafoudres sur répartiteurs</b>    |                   |                     |                           |               |                     |                                           |
| M01                                    | Ra226             | 300 – 560           | 5 - 17,6 - 43 -<br>13 - 6 | 0,44          | 1 E+2               | SUBATECH - 00-186/C (2) + moyenne<br>IPNL |
| M06                                    | Pm147             | < 1000              |                           | 0,83          | 1 E+3               | SUBATECH - 00-149/C                       |
| M13                                    | Pm147             | 3700                |                           | 1,2           | 4 E+3               | SUBATECH - 00-186/C (2)                   |
| M14                                    | Pm147             | < 1200              |                           | 1,1           | 1 E+3               | SUBATECH - 00-149/C                       |
| M15                                    | Ra226             | 20                  |                           | 5,25          | 2 E+1               | SUBATECH - 00-149/C                       |
| M16                                    | Ra226             | 104                 |                           | 0,592         | 1 E+2               | SUBATECH - 00-186/C (2)                   |
| M17                                    | Ra226             | 320                 |                           | 5,4           | 3 E+2               | SUBATECH - 00-149/C                       |
| M18                                    | Kr85              | 1,4 E+04            |                           | 1             | 2 E+4               | SUBATECH - 00-186/C (2)                   |
| M19                                    | Ra226             |                     |                           | 1             | 3 E+2               | Hypothèse sur base M17                    |
| <b>Parafoudres sur boîtes en ligne</b> |                   |                     |                           |               |                     |                                           |
| C01                                    | H3                | 320                 |                           | 10            | 3 E+2               | C01 = C02                                 |
| C02                                    | H3                | 320                 |                           | 10            | 3 E+2               | SUBATECH - 01-79/C                        |
| C03                                    | H3                | 230                 |                           | 9,71          | 2 E+2               | SUBATECH - 01-79/C                        |
| C04                                    | H3                | 130                 |                           | 10,65         | 1 E+2               | SUBATECH - 01-79/C                        |
| C05                                    | H3                | 24                  |                           | 9,9           | 2 E+1               | SUBATECH - 01-127/C                       |
| C07                                    | H3                | 3,20E+06            |                           | 15,9          | 3 E+6               | SUBATECH - 01-127/C                       |
| C10                                    | Th232             | 28                  |                           | 9,95          | 3 E+1               | SUBATECH - 00-149/C                       |
| C11                                    | H3                | 480000              |                           | 8,57          | 5 E+5               | SUBATECH - 01-79/C                        |
| C12                                    | Pm147             | < 1300              |                           | 9,71          | 1 E+3               | SUBATECH - 00-149/C                       |
| C14                                    | Ra226             | 1000                | 1266                      | 8,04          | 1 E+3               | SUBATECH - 00-149/C                       |
| C15                                    | Th232             | 51                  |                           | 9,18          | 5 E+1               | SUBATECH - 00-149/C                       |
| C16                                    | H3                | 32000               |                           | 9             | 3 E+4               | SUBATECH - 01-79/C                        |
| C18                                    | Th232             | 7,3                 |                           | 16,37         | 1 E+1               | SUBATECH - 00-149/C                       |
| C19                                    | Ra226             | 3800                |                           | 14,48         | 4 E+3               | SUBATECH - 00-149/C                       |
| C20                                    | Ra226             | 970 – 28            | 3000                      | 27,17         | 1 E+3               | SUBATECH - 00-149/C                       |
| C21                                    | Th232             | 1                   |                           | 14,32         | 1                   | SUBATECH - 00-149/C                       |
| C22                                    | H3                | 5,40E+06            |                           | 8,62          | 5E+6                | SUBATECH - 01-127/C                       |
| C24                                    | Th232             | 20                  |                           | 13,713        | 2E+1                | SUBATECH - 00-186/C (2)                   |
| C37                                    | Ra226             | 180                 |                           | 12            | 2E+2                | SUBATECH - 01-8/C                         |
| C38                                    | Ra226             | 4,6 - 9,7           |                           | 11            | 1E+1                | SUBATECH - 01-8/C                         |
| C39                                    | H3                | ?                   |                           | 8,57          | 5 E+5               | Analogie avec C11                         |
| G09                                    | H3                | 4600                |                           | 8,614         | 5 E+3               | SUBATECH - 01-21/C                        |
| G10                                    | Ra226             | 23                  |                           | 8,5           | 2 E+1               | SUBATECH - 01-8/C                         |

**Tableau 1 :** Nature et activité de chaque type de parafoudre radioactif

Nota : les rapports techniques de mesure sont donnés en annexe 1.

## 2.2. Commentaires sur les analyses

Les analyses radiologiques ont porté sur les radionucléides susceptibles d'être présents au vu des recherches effectuées par France Telecom. C'est donc une recherche orientée sur quelques radionucléides qui a été entreprise par le laboratoire d'analyse.

### 2.2.1. Spectrométrie $\gamma$

Concernant les émetteurs gamma ( $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{232}\text{Th}$ ,  $^{241}\text{Am}$ ,  $^{147}\text{Pm}$ ), les mesures ont été effectuées en réalisant une spectrométrie gamma sur un ensemble de plusieurs parafoudres du même type regroupés dans une géométrie donnée. La mesure est non destructive. L'activité mesurée est ensuite moyennée sur le nombre de parafoudres présents.

La mesure du  $^{147}\text{Pm}$  est difficile compte tenu de la très faible intensité de l'émission gamma associée à l'émission bêta principale. C'est pourquoi le seuil de détection du  $^{147}\text{Pm}$  est relativement élevé, de l'ordre de  $10^3$  Bq.

On notera que le  $^{226}\text{Ra}$  est associé au  $^{210}\text{Pb}$  avec des activités relativement proches, ce dernier étant un descendant de la chaîne du  $^{226}\text{Ra}$  en équilibre avec celui-ci. On trouve parfois du  $^{210}\text{Pb}$  sans  $^{226}\text{Ra}$ , pouvant indiquer que le  $^{210}\text{Pb}$  a été utilisé seul.

L' $^{241}\text{Am}$  (émetteur  $\gamma$ ) n'est retrouvé que dans deux types de parafoudres et à des teneurs très faibles, et de plus en présence de  $^{226}\text{Ra}$ , ce qui peut paraître étonnant. La faiblesse de cette activité devant celle du  $^{226}\text{Ra}$  a conduit à ne pas retenir l' $^{241}\text{Am}$  dans l'inventaire.

La présence de  $^{40}\text{K}$  (émetteur  $\gamma$ ) à hauteur d'une dizaine de Bq dans quelques parafoudres est certainement d'origine naturelle, le potassium étant présent dans l'écorce terrestre (et donc la céramique) et particulièrement l'isotope  $^{40}\text{K}$ , à une teneur isotopique de 0,012%.

L' $^{228}\text{Ac}$  (émetteur  $\gamma$ ) est le traceur du  $^{232}\text{Th}$ . L' $^{228}\text{Ac}$  est en équilibre radioactif avec le  $^{232}\text{Th}$ . L'activité de l' $^{228}\text{Ac}$  est donc égale à celle de son père le  $^{232}\text{Th}$ . Seule l'activité du père est retenue.

La présence de  $^{85}\text{Kr}$  dans le parafoudre de type M18 est à prendre avec précaution compte tenu de la très faible intensité de la raie gamma (0,4%). Par ailleurs, le  $^{85}\text{Kr}$  n'a pas été retenu dans le spectre car seul le type M18 en contenait ; or, ce dernier n'a pas été identifié dans l'inventaire de novembre 2001.

La présence de  $^{85}\text{Sr}$  a été infirmée par des analyses complémentaires. Il s'agissait en fait d'une raie  $^{85}\text{Kr}$  dont l'énergie est très proche de celle du  $^{85}\text{Sr}$  (autour de 514 keV).

### 2.2.2. Spectrométrie $\beta$ par scintillation liquide (mesure du $^3\text{H}$ )

La mesure du tritium, émetteur bêta de faible énergie, s'est avérée complexe et a nécessité la destruction totale de l'échantillon.

En effet, afin de mesurer le tritium présent dans les parafoudres, il faut libérer et oxyder tout

le tritium contenu dans l'ampoule ou l'enveloppe de céramique, par une combustion à haute température (1200 °C). Le tritium peut se trouver sous forme de gaz (tritium HT), sous forme de dépôts solides (hydrures), d'eau tritiée (HTO) ou de tritium attaché à une molécule organique. Les formes les plus fréquentes rencontrées dans la littérature sont le gaz et le dépôt solide.

La mesure effectuée par le laboratoire n'a pas permis de caractériser la forme physico-chimique du tritium car lors de la combustion du parafoudre à 1200 °C, tout le tritium, sous quelque forme qu'il soit, est libéré, ne permettant aucune différenciation.

Il faudrait pouvoir rompre l'enveloppe du parafoudre à l'extérieur du four, libérant ainsi le gaz tritium puis effectuer une mesure sur l'enveloppe brisée. Le tritium restant mesuré serait alors sous forme solide ou éventuellement d'eau tritiée. Toutefois, la rupture de l'enveloppe hors du four entraînerait une émission importante de radioactivité dans la laboratoire, ce qui n'est pas acceptable d'un point de vue de la radioprotection.

### **2.2.3. Variabilité des résultats**

On note que pour les types de parafoudres M01 et C14, les différentes mesures effectuées par l'IPNL et SUBATECH donnent des résultats assez variables allant de 5 à 560 Bq pour le type M01, et 30 à 1300 Bq pour le C14. Il faut donc en conclure que, pour un même type de parafoudre la quantité d'activité présente n'est pas toujours identique.

De plus, la démarche retenue par France Telecom était d'effectuer des analyses fines (SUBATECH) sur des parafoudres susceptibles d'être les plus actifs. Les résultats de mesure de SUBATECH peuvent donc être considérés, en général, comme des bornes supérieures de l'activité réellement présente dans le parafoudre.

En termes d'activité, les parafoudres contenant du tritium, sont de loin les plus radioactifs, avec des activités pouvant atteindre 1 E+5, voire 5 E+6 Bq, pour le type C22. Là encore, on observe une très grande variabilité des activités puisque les résultats de mesure vont de 20 à 5 E+6 Bq, certes pour des types différents mais pour un même radionucléide.

Les parafoudres contenant du thorium contiennent de très faibles quantités de radioactivité, de 1 Bq à quelques dizaines de Bq. Quant au  $^{226}\text{Ra}$ , l'activité varie de quelques dizaines à quelques milliers de Bq.

Concernant le  $^{147}\text{Pm}$ , sur les 4 types en contenant, l'activité est le plus souvent non détectable (inférieure au seuil de détection) sauf pour un parafoudre (M13), pour lequel on mesure une activité de 3700 Bq. Pour les 3 types où l'activité en  $^{147}\text{Pm}$  n'est pas détectable (seuil de détection ~ 1000 Bq), une activité forfaitaire de 1000 Bq a été adoptée.

### 3. Inventaire national

#### 3.1. Parafoudres de répartiteurs

La complexité du réseau téléphonique et de ses composants, l'ancienneté de certains équipements et l'absence de données précises au sein de France Télécom ne permettent pas de connaître le nombre exact de parafoudres radioactifs à démonter et à éliminer.

La méthode suivie consiste donc à parcourir chaque répartiteur et à examiner les parafoudres présents afin d'inventorier les parafoudres radioactifs sur la base d'un guide recueillant toutes les informations sur les types de parafoudres susceptibles d'être présents (photo, fournisseur, type de parafoudre, présence sur répartiteurs ou boîtes). Cet inventaire représente un travail important effectué sur le terrain par les agents de France Télécom durant l'année 2001.

La qualité des informations recueillies est assez inégale. Certains secteurs (environ 250 au total) ont pu être passés en revue de manière très précise, donnant un inventaire complet alors que d'autres secteurs n'ont pas fait d'inventaire du tout. D'autre part, certains dénombrements sont basés sur des visites du réseau alors que d'autres sont issus d'hypothèses quant à la présence ou non de parafoudres radioactifs. Il faut donc prendre les données d'inventaire présentées ci-dessous avec beaucoup de précaution. L'estimation du parc de parafoudres permet de définir un ordre de grandeur du nombre de parafoudres à démonter plutôt qu'une estimation précise. L'inventaire minutieux ne pourra être réalisé que lors de la dépose et permettra ainsi de confirmer ou d'infirmer les estimations.

A partir des données d'inventaire partiel et du pourcentage d'équipements inventoriés, il est possible d'estimer le nombre total de parafoudres radioactifs présents sur le réseau, à partir d'extrapolations linéaires.

Les résultats sont les suivants :

|                              | Nombre de parafoudres inventoriés au 22/11/2001 | % du parc examiné | Extrapolation du nombre total |
|------------------------------|-------------------------------------------------|-------------------|-------------------------------|
| Parafoudres sur répartiteurs | 156725                                          | 46,6%             | 336320                        |

**Nota :** d'autres hypothèses de calcul donnent une estimation à environ 470000.

#### 3.2. Parafoudres de boîtes en ligne

L'inventaire des parafoudres sur les boîtes en ligne est pratiquement impossible à réaliser tant le nombre de boîtes est important (environ 400 000). Cet inventaire sera donc étalé sur une période de 6 ans, correspondant au cycle de maintenance des poteaux téléphoniques. A cette occasion, une inspection de chaque boîte permettra de détecter la présence de parafoudres radioactifs, de les démonter et de les remplacer par de nouveaux composants.

L'estimation du parc de parafoudres radioactifs présents sur les boîtes en ligne est donc basée



sur un ensemble d'hypothèses sujettes à de nombreuses incertitudes.

Le nombre de parafoudres sur boîtes en ligne est ainsi estimé à environ 415 000 avec des hypothèses pénalisantes et à 260 000 en extrapolant l'inventaire partiel effectué en fin d'année 2001.

### **3.3. *Nombre total de parafoudres à collecter***

Le total de parafoudres à déposer, collecter puis éliminer peut être estimé entre 700 000 et 1 million d'unités, avec une marge d'incertitude importante, de l'ordre de  $\pm 50\%$ .

## 4. Spectre radiologique

Le spectre radiologique des parafoudres sur répartiteurs est basé sur l'inventaire partiel effectué en 2001 et sur les analyses radiologiques dont les résultats sont présentés dans le tableau 1.

### Définition du spectre du parafoudre sur répartiteur

|                                                   |             |                      |        |                      |
|---------------------------------------------------|-------------|----------------------|--------|----------------------|
| Nombre de parafoudres inventoriés (novembre 2001) |             |                      |        |                      |
|                                                   |             | 156725               |        |                      |
| Activité totale (nov. 2001)                       | 1,54E+08 Bq | Masse unitaire (g) : |        | 1                    |
| Activité moyenne                                  | 9,83E+02 Bq |                      |        |                      |
| <b>Composition spectrale :</b>                    |             | Spectre %            |        | Activité totale (Bq) |
| Pm147                                             | 9,79E+02 Bq | 9,79E+02 Bq/g        | 99,64% | 1,54E+08             |
| Ra226                                             | 3,50E+00 Bq | 3,50E+00 Bq/g        | 0,36%  | 5,49E+05             |
|                                                   | 9,83E+02 Bq | 9,83E+02 Bq/g        |        |                      |

**Tableau 2 :** Spectre radiologique du parafoudre sur répartiteur

On constate que le spectre des parafoudres sur répartiteurs est largement dominé par le  $^{147}\text{Pm}$  (plus de 99,5 %) et que le  $^{226}\text{Ra}$  est présent à l'état de traces (moins de 0,5%). Cette prédominance est principalement due à la présence en masse de parafoudres M06 (97,32% du total) contenant une activité de 1000 Bq de  $^{147}\text{Pm}$ .

**Nota :** rappelons que les résultats d'analyse effectuées sur le parafoudre M06 sont inférieurs au seuil de détection. Toutefois, afin de ne pas sous-estimer l'activité réellement présente dans les parafoudres, il a été décidé d'attribuer au parafoudre M06 une activité forfaitaire de 1000 Bq.

Le calcul de l'activité massique est effectué sur la base d'une masse unitaire moyenne de parafoudre de 1 g, les valeurs étant comprises entre 0,44 et 5,4 g.

### Définition du spectre du parafoudre sur boîte en ligne

|                                                |          |    |                         |          |                      |
|------------------------------------------------|----------|----|-------------------------|----------|----------------------|
| Nombre de parafoudres inventoriés (nov. 2001): |          |    | 32668                   |          |                      |
| Activité totale (nov. 2001)                    | 4,24E+10 | Bq | Masse unitaire (g) : 10 |          |                      |
| Activité moyenne                               | 1,29E+06 | Bq |                         |          |                      |
| <b>Composition spectrale :</b>                 |          |    | Spectre %               |          | Activité totale (Bq) |
| Ra226                                          | 2,44E+01 | Bq | 2,44E+00 Bq/g           | 0,0019%  | 7,98E+05             |
| Pm147                                          | 1,21E+02 | Bq | 1,21E+01 Bq/g           | 0,0094%  | 3,98E+06             |
| Th232                                          | 7,31E+00 | Bq | 7,31E-01 Bq/g           | 0,0006%  | 2,39E+05             |
| H3                                             | 1,29E+06 | Bq | 1,29E+05 Bq/g           | 99,9882% | 4,23E+10             |
|                                                | 1,29E+06 | Bq | 1,29E+05 Bq/g           |          |                      |

**Tableau 3 :** Spectre radiologique du parafoudre sur boîte en ligne

De même que pour le spectre des parafoudres « répartiteurs » le spectre « boîtes » est dominé par un seul radionucléide, le tritium, alors que les autres radionucléides ne représentent que des traces infimes, dont l'activité représente moins de 0,01%.

## 5. Activité et volume prévisionnels

### 5.1. Activités prévisionnelles

L'extrapolation des données d'inventaire partiel couplée au spectre radiologique de chaque famille permet de prévoir une activité totale à collecter de  $5,38 \text{ E}+11 \text{ Bq}$  (cf. tableau ci-dessous).

Les données ci-dessous s'appliquent à l'ensemble des parafoudres pris dans leur globalité. Elles s'appliqueraient ainsi à un déchet générique qui serait composé en moyenne par

#### Synthèse globale de tous les parafoudres

Nombre total de parafoudres

$8,84\text{E}+05$

Masse totale (g)  $4,62\text{E}+06$

|              | Activités par<br>radioélément<br>(Bq) | Activité massique<br>(Bq/g) | Répartiteurs                          | Boîtes en ligne                       | Spectre<br>% |
|--------------|---------------------------------------|-----------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|--------------|
| <b>Ra226</b> | $1,17\text{E}+07^1$                   | $2,54\text{E}+00$           | $1,64 \text{ E}+06$                   | $1,01 \text{ E}+07$                   | 0,0022%      |
| <b>Pm147</b> | $5,11\text{E}+08$                     | $1,11\text{E}+02$           | $4,6 \text{ E}+08$                    | $5,02 \text{ E}+07$                   | 0,0949%      |
| <b>Th232</b> | $3,03\text{E}+06$                     | $6,57\text{E}-01$           | -                                     | $3,03 \text{ E}+06$                   | 0,0006%      |
| <b>H3</b>    | $5,38\text{E}+11$                     | $1,16\text{E}+05$           | -                                     | $5,38 \text{ E}+11$                   | 99,9024%     |
| <b>Total</b> | <b><math>5,38\text{E}+11</math></b>   |                             | <b><math>4,62 \text{ E}+08</math></b> | <b><math>5,38 \text{ E}+11</math></b> |              |

**Tableau 4 :** Activité totale et spectre moyen

Sur l'activité totale de  $5,38 \text{ E}+11$ , seul 0,1% provient des répartiteurs ( $4,62 \text{ E}+8 \text{ Bq}$ ), la majorité de l'activité provenant du tritium contenu dans les parafoudres de boîtes en ligne.

Les données ci-dessus sont à prendre avec prudence tant l'estimation du nombre de parafoudres ainsi que du spectre radiologique est entachée de nombreuses incertitudes. Toutefois, on peut considérer que l'activité totale de  $5,38 \text{ E}+11 \text{ Bq}$  constitue une borne supérieure puisque l'activité est calculée sur la base d'hypothèses pénalisantes.

Des calculs basés sur l'extrapolation de l'inventaire partiel donnerait un nombre total de parafoudres à environ 600 000, soit une activité totale de  $3,36 \text{ E}+11 \text{ Bq}$ .

<sup>1</sup> La totalité de l'activité en  $^{226}\text{Ra}$  représente moins d'un tiers de l'activité type d'un paratonnerre au radium (37 MBq).

## 5.2. Volumes prévisionnels

Les volumes de parafoudres à collecter peuvent être estimés sur la base des quantités prévues ci-dessus. Néanmoins, ces volumes estimatifs sont prendre avec beaucoup de précaution, tant les incertitudes sur le nombre et le volume effectif sont difficiles à prévoir.

De plus, les hypothèses sur le taux de foisonnement (% de vide effectif) et le volume de déchets induits lors de la collecte (gants, vinyle, boîtes, ...) sont entachées de nombreuses incertitudes.

|                                 | Volume unitaire en $\text{cm}^3$ | Nombre (borne haute) | Facteur « remplissage » | Volume en $\text{m}^3$ | Facteur déchets induits | Volume totale en $\text{m}^3$ |
|---------------------------------|----------------------------------|----------------------|-------------------------|------------------------|-------------------------|-------------------------------|
| Parafoudres sur répartiteurs    | 0,5                              | 470 000              | 1,5                     | 0,35                   | 1,5                     | 0,53                          |
| Parafoudres sur boîtes en ligne | 7,5                              | 415 000              |                         | 4,7                    |                         | 7                             |

Tableau 5 : Volume de parafoudres à collecter

Le volume de déchets prévisionnels peut donc être estimé à environ  $7,5 \text{ m}^3$ , pour une masse de 4,6 tonnes (masse de parafoudres uniquement).

Ce volume de  $7,5 \text{ m}^3$  représente le volume de déchets de collecte dans son ensemble. Néanmoins, le volume à collecter, lié au nombre de fûts de déchets et donc au nombre de points de rassemblement, pourrait être très différent. En effet, si l'on considère que chaque point de rassemblement de parafoudres (environ 250) génère chacun au minimum un fût de déchet, alors le volume à collecter serait de l'ordre de  $30 \text{ m}^3$  pour un conditionnement en fûts de 120 litres.

## 6. Solutions envisagées par France Telecom

France Telecom a fait étudier par la société HEMISPHERES les différents scénarios de dépose et de collecte envisageables au regard des contraintes réglementaires associées à la collecte des parafoudres – ICPE, radioprotection, déchets, transport.

Le scénario de collecte des parafoudres se décompose en plusieurs processus :

dépose des parafoudres sur les répartiteurs et sur les boîtes en ligne ;  
transport intermédiaire jusqu'à un point de regroupement (bâtiment de France Telecom) ;  
entreposage dans un local de France Telecom, appelé point de regroupement intermédiaire ;  
transport vers un point d'entreposage national ;  
entreposage national en attente d'élimination ;  
élimination dans une filière agréée par l'ANDRA.

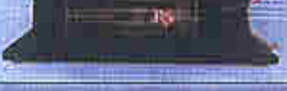
Les étapes n°1 à 3 seraient prises en charge par France Telecom ou effectuées sous sa responsabilité par des entreprises spécialisées.

Concernant les étapes n°4 à 6, France Telecom devient alors un petit producteurs de déchets radioactifs et souhaite bénéficier du service de collecte et d'élimination de déchets radioactifs organisé par l'ANDRA, conformément à la loi du 30 décembre 1991 relative à la gestion des déchets radioactifs.

Les modalités pratiques de collecte, d'entreposage et d'élimination seront à définir en fonction des volumes collectés, des capacités d'entreposage de l'ANDRA et des solutions d'élimination actuellement mises en œuvre par l'ANDRA pour les différents types de radioanucléides.

## **Annexe 1**

# **Description des parafoudres**

| Type                                  | Radioélément | Mesures SUBATECH (Bq) | Mesures INPL (Bq)         | Masse en g | Activité retenue (Bq) | Rapport d'analyse radiologique            | Photographie <sup>1</sup>                                                             |
|---------------------------------------|--------------|-----------------------|---------------------------|------------|-----------------------|-------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Parafoudres de répartiteurs</b>    |              |                       |                           |            |                       |                                           |                                                                                       |
| M01                                   | Ra226        | 300 - 560             | 5 - 17,6 - 43<br>- 13 - 6 | 0,44       | 100                   | SUBATECH - 00-186/C (2) +<br>moyenne INPL |    |
| M06                                   | Pm147        | < 1000                |                           | 0,83       | 1000                  | SUBATECH - 00-149/C                       |    |
| M13                                   | Pm147        | 3700                  |                           | 1,2        | 4000                  | SUBATECH - 00-186/C (2)                   |    |
| M14                                   | Pm147        | < 1200                |                           | 1,1        | 1000                  | SUBATECH - 00-149/C                       |    |
| M15                                   | Ra226        | 20                    |                           | 5,25       | 20                    | SUBATECH - 00-149/C                       |    |
| M16                                   | Ra226        | 104                   |                           | 0,592      | 100                   | SUBATECH - 00-186/C (2)                   |   |
| M17                                   | Ra226        | 320                   |                           | 5,4        | 300                   | SUBATECH - 00-149/C                       |  |
| M18                                   | Kr85         | 1,4 E+04              |                           | 1          | 20000                 | SUBATECH - 00-186/C (2)                   |  |
| M19                                   | Ra226        |                       |                           | 1          | 100                   | Hypothèse sur base M17 et M18             |  |
| <b>Parafoudres de boîtes en ligne</b> |              |                       |                           |            |                       |                                           |                                                                                       |
| C01                                   | H3           | 320                   |                           | 10         | 300                   | C01 = C02                                 |  |
| C02                                   | H3           | 320                   |                           | 10         | 300                   | SUBATECH - 01-79/C                        |                                                                                       |

<sup>1</sup> Les photographies sont calibrées à la largeur de la colonne. La taille réelle des parafoudres est d'environ 1 cm pour les parafoudres de répartiteurs (parafoudres miniatures) et de 5 cm pour les parafoudres de boîtes en ligne (parafoudres à couteaux).

| Type | Radioélément | Mesures SUBATECH (Bq) | Mesures INPL (Bq) | Masse en g | Activité retenue (Bq) | Rapport d'analyse radiologique | Photographie <sup>1</sup>                                                             |
|------|--------------|-----------------------|-------------------|------------|-----------------------|--------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|
| C03  | H3           | 230                   |                   | 9,71       | 200                   | SUBATECH - 01-79/C             |    |
| C04  | H3           | 130                   |                   | 10,65      | 100                   | SUBATECH - 01-79/C             |    |
| C05  | H3           | 24                    |                   | 9,9        | 20                    | SUBATECH - 01-127/C            |    |
| C07  | H3           | 3,20E+06              |                   | 15,9       | 3000000               | SUBATECH - 01-127/C            |    |
| C10  | Th232        | 28                    |                   | 9,95       | 30                    | SUBATECH - 00-149/C            |   |
| C11  | H3           | 480000                |                   | 8,57       | 500000                | SUBATECH - 01-79/C             |  |
| C12  | Pm147        | < 1300                |                   | 9,71       | 1000                  | SUBATECH - 00-149/C            |  |
| C14  | Ra226        | 1000 - 30             | 1266              | 8,04       | 1000                  | SUBATECH - 00-149/C            |  |
| C15  | Th232        | 51                    |                   | 9,18       | 50                    | SUBATECH - 00-149/C            |  |
| C16  | H3           | 32000                 |                   | 9          | 30000                 | SUBATECH - 01-79/C             |  |
| C18  | Th232        | 7,3                   |                   | 16,37      | 10                    | SUBATECH - 00-149/C            |  |
| C19  | Ra226        | 3800 - 22             |                   | 14,48      | 4000                  | SUBATECH - 00-149/C            |  |



| Type | Radioélément | Mesures SUBATECH (Bq) | Mesures INPL (Bq) | Masse en g | Activité retenue (Bq) | Rapport d'analyse radiologique | Photographie <sup>1</sup>                                                             |
|------|--------------|-----------------------|-------------------|------------|-----------------------|--------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|
| C20  | Ra226        | 970 - 28              | 3000              | 27,17      | 1000                  | SUBATECH - 00-149/C            |    |
| C21  | Th232        | 1                     |                   | 14,32      | 1                     | SUBATECH - 00-149/C            |    |
| C22  | H3           | 5,40E+06              |                   | 8,62       | 3000000               | SUBATECH - 01-127/C            |    |
| C24  | Th232        | 20                    |                   | 13,713     | 20                    | SUBATECH - 00-186/C (2)        |    |
| C37  | Ra226        | 180                   |                   | 12         | 200                   | SUBATECH - 01-8/C              |    |
| C38  | Ra226        | 4,6 - 9,7             |                   | 11         | 10                    | SUBATECH - 01-8/C              |  |
| C39  | H3           | ?                     |                   | 8,57       | 500000                | Analogie avec C11              |  |
| G09  | H3           | 4600                  |                   | 8,614      | 3000                  | SUBATECH - 01-21/C             |  |
| G10  | Ra226        | 23                    |                   | 8,5        | 20                    | SUBATECH - 01-8/C              |  |

## **Annexe 2**

# **Résultats des analyses**

RAPPORT D'ANALYSE  
N° 00-149-C

Page :

1/4

## CLIENT

Nom : France TELECOM

Adresse : CENT DTD/FME

2 avenue Pierre Marzin Technopole Anticipa  
22307 LANNION CEDEX

N° de bon de commande : 5MCAK/0B01703

Destinataire : J.R. COUDRIN

Description de l'échantillon : Solides

Référence(s) client :

M06-M13-M14-M14/A-M15-C10-C12-C14-C15

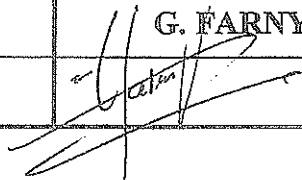
C18-C19-C20-C21

Date de réception : 24/08/2000

## RAPPORT D'ANALYSE

N° 00-149-C

Date du rapport : 26/09/2000

|        |                                                                                       |
|--------|---------------------------------------------------------------------------------------|
|        | Chef de Service                                                                       |
| Nom :  | G. FARNY                                                                              |
| Visa : |  |

Le rapport d'essai ne comporte que les échantillons mentionnés dans ce document. Le rapport ne doit pas être reproduit partiellement sans l'approbation du laboratoire d'essais.  
La reproduction de ce rapport d'essai n'est autorisée que sous sa forme intégrale. Il comporte ...4... page(s)

## RAPPORT D'ANALYSE

N° 00-149-C

Page :

2/4

## RESULTATS DES ANALYSES

## Expression des résultats :

si  $SD > A_m$  alors l'activité s'exprime selon :  $A < LD$ si  $SD \leq A_m$  alors l'activité s'exprime selon :  $A = A_m \pm 2\sigma_{A_m}$ avec : SD : seuil de décision, LD : limite de détection, ( $LD = 2SD$ )A : activité calculée,  $A_m$  : Activité mesurée,  $\sigma_{A_m}$  = incertitude associée à  $A_m$ 

**Informations utiles à un essai spécifique :** Les activités sont ramenées à la date de réception des échantillons, le 24/08/2000.

Analyses par spectrométrie  $\gamma$ 

| Référence<br>Echantillon | Famille de l'Uranium 238 |                    |
|--------------------------|--------------------------|--------------------|
|                          | Ra226<br><i>Bq</i>       | Pb210<br><i>Bq</i> |
| M06                      | <2,4                     | <1,2               |
| M13                      | <1,4                     | <9,5 $10^{-1}$     |
| M14                      | <1,4                     | <2,8               |
| M14/A                    | <1,4                     | 6,1±8,8            |
| M15                      | (2,0±0,3) $10^1$         | (2,1±3,0) $10^1$   |
| C10                      | <2,6                     | <1,8               |
| C12                      | <3,1                     | <1,8               |
| C14                      | (1,0±0,1) $10^3$         | (7,3±2,8) $10^2$   |
| C15                      | <2,9                     | <1,4               |
| C18                      | <4,7                     | <5,3               |
| C19                      | (3,8±0,4) $10^3$         | (1,2±1,6) $10^3$   |
| C20                      | (9,7±1,2) $10^2$         | (2,7±3,6) $10^2$   |
| C21                      | <1,6                     | <1,7               |



ECOLE DES MINES DE NANTES

Adresse : Subatech - Ecole des Mines de Nantes

4, rue Alfred Kastler - La Chantrerie - BP 20722 - 44307 Nantes cedex 3

Tél. 02 51 85 81 00 - Fax 02 51 85 84 79 - <http://www-subatech.in2p3.fr>

## RAPPORT D'ANALYSE

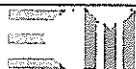
N° 00-149-C

Page :

3/4

Analyses par spectrométrie  $\gamma$ 

|                          | Famille du Thorium 232     |
|--------------------------|----------------------------|
| Référence<br>Echantillon | Ac228<br>Bq                |
| M06                      | $<3,2 \cdot 10^{-1}$       |
| M13                      | $<3,1 \cdot 10^{-1}$       |
| M14                      | $<3,1 \cdot 10^{-1}$       |
| M14/A                    | $<3,1 \cdot 10^{-1}$       |
| M15                      | $<4,3 \cdot 10^{-1}$       |
| C10                      | $(2,8 \pm 0,3) \cdot 10^1$ |
| C12                      | $<3,1 \cdot 10^{-1}$       |
| C14                      | $<2,1$                     |
| C15                      | $(5,1 \pm 0,5) \cdot 10^1$ |
| C18                      | $7,3 \pm 0,9$              |
| C19                      | $<5,4$                     |
| C20                      | $(2,8 \pm 0,4) \cdot 10^1$ |
| C21                      | $1,3 \pm 0,4$              |



ECOLE DES MINES DE NANTES

Adresse : Subatech - Ecole des Mines de Nantes

4, rue Alfred Kastler - La Chantrerie - BP 20722 - 44307 Nantes cedex 3

Tél. 02 51 85 81 00 - Fax 02 51 85 84 79 - <http://www-subatech.in2p3.fr>

## RAPPORT D'ANALYSE

N° 00-149-C

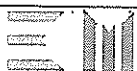
Page :

4/4

Analyses par spectrométrie  $\gamma$ 

| Référence<br>Echantillon | K40<br>Bq              | Pm147<br>Bq            | Am241<br>Bq            |
|--------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|
| M06                      | <2,9                   | <1,0 $10^3$            | <9,3 $10^{-2}$         |
| M13                      | <3,0                   | <1,1 $10^3$            | <7,7 $10^{-2}$         |
| M14                      | <3,0                   | <1,2 $10^3$            | <1,5 $10^{-1}$         |
| M14/A                    | <2,8                   | (4,5 $\pm$ 0,5) $10^4$ | <1,8 $10^{-1}$         |
| M15                      | <3,7                   | <1,9 $10^3$            | <2,5 $10^{-1}$         |
| C10                      | (1,1 $\pm$ 0,3) $10^1$ | <2,2 $10^3$            | <1,7 $10^{-1}$         |
| C12                      | <2,9                   | <1,3 $10^3$            | <1,2 $10^{-1}$         |
| C14                      | <1,4 $10^1$            | <7,6 $10^3$            | (3,0 $\pm$ 0,8) $10^1$ |
| C15                      | 8,9 $\pm$ 2,6          | <2,6 $10^3$            | <1,7 $10^{-1}$         |
| C18                      | <3,1                   | <2,0 $10^3$            | <2,9 $10^{-1}$         |
| C19                      | <1,7 $10^1$            | <2,3 $10^4$            | (2,2 $\pm$ 1,6) $10^1$ |
| C20                      | 9,5 $\pm$ 7,0          | <9,6 $10^3$            | <8,4 $10^{-1}$         |
| C21                      | (1,3 $\pm$ 0,3) $10^1$ | <1,4 $10^3$            | <1,4 $10^{-1}$         |

| Référence<br>Echantillon | MASSE en gramme |
|--------------------------|-----------------|
| M06                      | 0,83            |
| M13                      | 1,20            |
| M14                      | 1,10            |
| M14/A                    | 0,78            |
| M15                      | 5,25            |
| C10                      | 9,95            |
| C12                      | 9,71            |
| C14                      | 8,04            |
| C15                      | 9,18            |
| C18                      | 16,37           |
| C19                      | 14,48           |
| C20                      | 27,17           |
| C21                      | 14,32           |



ECOLE DES MINES DE NANTES

Adresse : Subatech - Ecole des Mines de Nantes

4, rue Alfred Kastler - La Chantrerie - BP 20722 - 44307 Nantes cedex 3

Tél. 02 51 85 81 00 - Fax 02 51 85 84 79 - <http://www-subatech.in2p3.fr>

## RAPPORT D'ANALYSE

N° 00-186-C

Page :

1/4

## CLIENT

Nom : France TELECOM

Adresse : CENT DTD/FME

2 avenue Pierre Marzin Technopole Anticipa  
22307 LANNION CEDEX

N° de bon de commande : 5MCAK/0B01703

Destinataire : J PAUGAM

Description de l'échantillon : Solides

Référence(s) client :

M12-C23-M17-M18-M16-C24-C25-M13-M01 Bis-

M01

Date de réception : 23/10/2000

## RAPPORT D'ANALYSE

N° 00-186-C

Date du rapport : 29/11/2000

|        |                        |
|--------|------------------------|
|        | <b>Chef de Service</b> |
| Nom :  | MIMOKILI               |
| Visa : |                        |

Le rapport d'essai ne comporte que les échantillons mentionnés dans ce document. Le rapport ne doit pas être reproduit partiellement sans l'approbation du laboratoire d'essais.  
La reproduction de ce rapport d'essai n'est autorisée que sous sa forme intégrale. Il comporte ...4... page(s)

## RAPPORT D'ANALYSE

N° 00-186-C

Page :

2/4

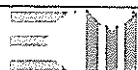
## RESULTATS DES ANALYSES

Expression des résultats :si  $SD > A_m$  alors l'activité s'exprime selon :  $A < LD$ si  $SD \leq A_m$  alors l'activité s'exprime selon :  $A = A_m \pm 2\sigma_{A_m}$ avec : SD : seuil de décision, LD : limite de détection, ( $LD = 2SD$ )A : activité calculée,  $A_m$  : Activité mesurée,  $\sigma_{A_m}$  = incertitude associée à  $A_m$ 

Informations utiles à un essai spécifique : Les activités sont ramenées à la date de réception des échantillons, le 23/10/2000.

| Référence échantillon | Nombre d'unités | Masse unitaire pesée en gramme | Masse totale pesée en gramme | Nombre d'éclateurs mesurés en spectrométrie |
|-----------------------|-----------------|--------------------------------|------------------------------|---------------------------------------------|
| M12                   | 100             | 0,581                          | 57,953                       | 100                                         |
| C23                   | 10              | 9,878                          | 99,410                       | 10                                          |
| M17                   | 5               | 5,399 (N°19)                   | 26,997                       | 5                                           |
| M18                   | 8               | 1,441                          | 11,470                       | 8                                           |
| M16                   | 5               | 0,592                          | 3,062                        | 5                                           |
| C24                   | 1               | 13,713                         | 13,713                       | 1                                           |
| C25                   | 1               | 13,801                         | 13,801                       | 1                                           |
| M13                   | 10              | 1,025                          | 11,249                       | 10                                          |
| M01 Bis               | 5               | 0,444                          | 2,235                        | 5                                           |
| M01                   | 44              | 0,455                          | 20,172                       | 5                                           |

Information complémentaire : Pour l'échantillon M01, du fait de son activité, la mesure a été effectuée sur 5 éclateurs dont la masse totale est de 2.2530g.



ECOLE DES MINES DE NANTES

Adresse : Subatech - Ecole des Mines de Nantes

4, rue Alfred Kastler - La Chantrerie - BP 20722 - 44307 Nantes cedex 3

Tél. 02 51 85 81 00 - Fax 02 51 85 84 79 - <http://www-subatech.in2p3.fr>



## RAPPORT D'ANALYSE

N° 00-186-C

Page :

3/4

Analyses par spectrométrie  $\gamma$ 

| Référence échantillon | K40<br>Bq                 | Sr85<br>Bq                | Pm147<br>Bq               | Am241<br>Bq           |
|-----------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|-----------------------|
| M12                   | 6,7±2,0                   | <1,6 10 <sup>-1</sup>     | <1,1 10 <sup>3</sup>      | <1,7 10 <sup>-1</sup> |
| C23                   | <3,6                      | <1,2 10 <sup>-1</sup>     | <1,1 10 <sup>3</sup>      | <6,7 10 <sup>-2</sup> |
| M17                   | (2,3±1,6) 10 <sup>1</sup> | <2,8                      | <2,7 10 <sup>4</sup>      | <3,2                  |
| M18                   | <4,2                      | (7,8±0,8) 10 <sup>1</sup> | <8,1 10 <sup>3</sup>      | <7,9 10 <sup>-1</sup> |
| M16                   | <9,1                      | <3,3 10 <sup>-1</sup>     | <6,8 10 <sup>3</sup>      | <2,7                  |
| C24                   | <3,7                      | <3,7 10 <sup>-1</sup>     | <2,9 10 <sup>3</sup>      | <2,9 10 <sup>-1</sup> |
| C25                   | <1,6                      | <2,4 10 <sup>-1</sup>     | <1,4 10 <sup>3</sup>      | <1,1 10 <sup>-1</sup> |
| M13                   | 2,5±1,0                   | <9,9 10 <sup>-2</sup>     | (3,7±1,2) 10 <sup>3</sup> | <1,4 10 <sup>-1</sup> |
| M01 Bis               | <1,9 10 <sup>1</sup>      | <2,0                      | <1,9 10 <sup>4</sup>      | <3,4                  |
| M01                   | <1,1 10 <sup>2</sup>      | <7,1                      | <4,4 10 <sup>4</sup>      | <1,0 10 <sup>1</sup>  |

## Famille de l'Uranium 238

| Référence échantillon | Pb210<br>Bq               | Ra226<br>Bq               | Th234<br>Bq               |
|-----------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|
| M12                   | <7,4 10 <sup>-1</sup>     | <3,0                      | <5,7 10 <sup>-1</sup>     |
| C23                   | <1,5                      | <3,1                      | <5,4 10 <sup>-1</sup>     |
| M17                   | (2,5±0,9) 10 <sup>2</sup> | (1,6±0,2) 10 <sup>3</sup> | <1,1 10 <sup>1</sup>      |
| M18                   | <7,5                      | <6,5                      | <4,9                      |
| M16                   | (5,7±0,7) 10 <sup>2</sup> | (5,2±0,5) 10 <sup>2</sup> | <3,3                      |
| C24                   | (2,0±2,8) 10 <sup>2</sup> | <2,9                      | <2,2                      |
| C25                   | <1,1                      | <2,7                      | <7,0 10 <sup>-1</sup>     |
| M13                   | <1,8                      | <1,4                      | <8,1 10 <sup>-1</sup>     |
| M01 Bis               | (1,4±0,5) 10 <sup>3</sup> | (2,8±0,3) 10 <sup>3</sup> | (5,4±3,2) 10 <sup>1</sup> |
| M01                   | (1,1±0,4) 10 <sup>3</sup> | (1,5±0,2) 10 <sup>3</sup> | <1,9 10 <sup>1</sup>      |



ECOLE DES MINES DE NANTES

Adresse : Subatech - Ecole des Mines de Nantes

4, rue Alfred Kastler - La Chantrerie - BP 20722 - 44307 Nantes cedex 3

Tél. 02 51 85 81 00 - Fax 02 51 85 84 79 - <http://www-subatech.in2p3.fr>

## RAPPORT D'ANALYSE

N° 00-186-C

Page :

4/4

Analyses par spectrométrie  $\gamma$ 

| Famille du Thorium 232 |                            |
|------------------------|----------------------------|
| Référence échantillon  | Ac228<br>Bq                |
| M12                    | $<5,6 \cdot 10^{-1}$       |
| C23                    | $<3,9 \cdot 10^{-1}$       |
| M17                    | $<7,8$                     |
| M18                    | $<5,9 \cdot 10^{-1}$       |
| M16                    | $<1,3$                     |
| C24                    | $(2,0 \pm 0,2) \cdot 10^1$ |
| C25                    | $<2,5 \cdot 10^{-1}$       |
| M13                    | $<3,9 \cdot 10^{-1}$       |
| M01 Bis                | $<6,2$                     |
| M01                    | $<1,5 \cdot 10^1$          |

| Famille de l'uranium 235 |                      |
|--------------------------|----------------------|
| Référence échantillon    | U235<br>Bq           |
| M12                      | $<1,8 \cdot 10^{-1}$ |
| C23                      | $<1,9 \cdot 10^{-1}$ |
| M17                      | $<4,4$               |
| M18                      | $<3,9 \cdot 10^{-1}$ |
| M16                      | $<1,2$               |
| C24                      | $<1,8 \cdot 10^{-1}$ |
| C25                      | $<1,6 \cdot 10^{-1}$ |
| M13                      | $<8,6 \cdot 10^{-2}$ |
| M01 Bis                  | $<3,6$               |
| M01                      | $<8,0$               |

AMENDEMENT AU RAPPORT D'ESSAI  
N° 00-186-C

Page :

1/5

## CLIENT

Nom : France TELECOM

Adresse : CENT DTD/FME

2 avenue Pierre Marzin Technopole Anticipa  
22307 LANNION CEDEX

N° de bon de commande : 5MCAK/0B01703

Destinataire : J PAUGAM

Description de l'échantillon : Solides

Référence(s) client :

M12-C23-M17-M18-M16-C24-C25-M13-M01 Bis-

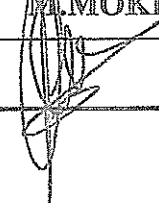
M01

Date de réception : 23/10/2000

AMENDEMENT AU RAPPORT  
D'ESSAI

N° 00-186-C

Date du rapport : 11/01/2001

|        |                                                                                       |
|--------|---------------------------------------------------------------------------------------|
|        | Chef de Service                                                                       |
| Nom :  | M. MOKILI                                                                             |
| Visa : |  |

Le rapport d'essai ne comporte que les échantillons mentionnés dans ce document. Le rapport ne doit pas être reproduit partiellement sans l'approbation du laboratoire d'essais.  
La reproduction de ce rapport d'essai n'est autorisée que sous sa forme intégrale. Il comporte ...5... page(s)

**RESULTATS DES ANALYSES****Expression des résultats :**

si  $SD > A_m$  alors l'activité s'exprime selon :  $A < LD$

si  $SD \leq A_m$  alors l'activité s'exprime selon :  $A = A_m \pm 2\sigma_{A_m}$

avec : SD : seuil de décision, LD : limite de détection, ( $LD = 2SD$ )

A : activité calculée,  $A_m$  : Activité mesurée,  $\sigma_{A_m}$  = incertitude associée à  $A_m$

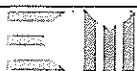
**Informations utiles à un essai spécifique :**

Dans le rapport N° 00-186-C concernant l'échantillon M18, nous avons indiqué la présence de Strontium 85 (d'une période de 65 jours) sous réserve d'une mesure gamma ultérieure pour confirmation.

Nous venons d'effectuer la mesure gamma, sur ce même lot d'éclateurs dans les mêmes conditions qui infirme la présence de Strontium 85 dans cet échantillon qui émet gamma à 514 keV pour une intensité de 99%.

Après recherche complémentaire, il ressort que le pic gamma détecté à 513,9 keV (pour une statistique de comptage de 10 000 chocs en 17 000 secondes) peut être attribué au Krypton 85 de période 10,7 ans et qui émet un gamma à 514 keV à une intensité de 0,4 %.

| Référence échantillon | Nombre d'unités | Masse unitaire pesée en gramme | Masse totale pesée en gramme | Nombre d'éclateurs mesurés en spectrométrie |
|-----------------------|-----------------|--------------------------------|------------------------------|---------------------------------------------|
| M12                   | 100             | 0,581                          | 57,953                       | 100                                         |
| C23                   | 10              | 9,878                          | 99,410                       | 10                                          |
| M17                   | 5               | 5,399 (N°19)                   | 26,997                       | 5                                           |
| M18                   | 8               | 1,441                          | 11,470                       | 8                                           |
| M16                   | 5               | 0,592                          | 3,062                        | 5                                           |
| C24                   | 1               | 13,713                         | 13,713                       | 1                                           |
| C25                   | 1               | 13,801                         | 13,801                       | 1                                           |
| M13                   | 10              | 1,025                          | 11,249                       | 10                                          |
| M01 Bis               | 5               | 0,444                          | 2,235                        | 5                                           |
| M01                   | 44              | 0,455                          | 20,172                       | 5                                           |



# AMENDEMENT AU RAPPORT D'ESSAI

## N° 00-186-C

Page :

3/5

Analyses par spectrométrie  $\gamma$ 

| Référence échantillon | K40<br><i>Bq</i>          | Pm147<br><i>Bq</i>        | Am241<br><i>Bq</i>    |
|-----------------------|---------------------------|---------------------------|-----------------------|
| M12                   | 6,7±2,0                   | <1,1 10 <sup>3</sup>      | <1,7 10 <sup>-1</sup> |
| C23                   | <3,6                      | <1,1 10 <sup>3</sup>      | <6,7 10 <sup>-2</sup> |
| M17                   | (2,3±1,6) 10 <sup>1</sup> | <2,7 10 <sup>4</sup>      | <3,2                  |
| M18                   | 4,4±4,0                   | <1,4 10 <sup>4</sup>      | <1,4                  |
| M16                   | <9,1                      | <6,8 10 <sup>3</sup>      | <2,7                  |
| C24                   | <3,7                      | <2,9 10 <sup>3</sup>      | <2,9 10 <sup>-1</sup> |
| C25                   | <1,6                      | <1,4 10 <sup>3</sup>      | <1,1 10 <sup>-1</sup> |
| M13                   | 2,5±1,0                   | (3,7±1,2) 10 <sup>3</sup> | <1,4 10 <sup>-1</sup> |
| M01 Bis               | <1,9 10 <sup>1</sup>      | <1,9 10 <sup>4</sup>      | <3,4                  |
| M01                   | <1,1 10 <sup>2</sup>      | <4,4 10 <sup>4</sup>      | <1,0 10 <sup>1</sup>  |

## Famille de l'Uranium 238

| Référence échantillon | Pb210<br><i>Bq</i>        | Ra226<br><i>Bq</i>        | Th234<br><i>Bq</i>        |
|-----------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|
| M12                   | <7,4 10 <sup>-1</sup>     | <3,0                      | <5,7 10 <sup>-1</sup>     |
| C23                   | <1,5                      | <3,1                      | <5,4 10 <sup>-1</sup>     |
| M17                   | (2,5±0,9) 10 <sup>2</sup> | (1,6±0,2) 10 <sup>3</sup> | <1,1 10 <sup>1</sup>      |
| M18                   | <1,2 10 <sup>1</sup>      | <1,1 10 <sup>1</sup>      | <8,3                      |
| M16                   | (5,7±0,7) 10 <sup>2</sup> | (5,2±0,5) 10 <sup>2</sup> | <3,3                      |
| C24                   | (2,0±2,8) 10 <sup>2</sup> | <2,9                      | <2,2                      |
| C25                   | <1,1                      | <2,7                      | <7,0 10 <sup>-1</sup>     |
| M13                   | <1,8                      | <1,4                      | <8,1 10 <sup>-1</sup>     |
| M01 Bis               | (1,4±0,5) 10 <sup>3</sup> | (2,8±0,3) 10 <sup>3</sup> | (5,4±3,2) 10 <sup>1</sup> |
| M01                   | (1,1±0,4) 10 <sup>3</sup> | (1,5±0,2) 10 <sup>3</sup> | <1,9 10 <sup>1</sup>      |



ECOLE DES MINES DE NANTES

Adresse : Subatech - Ecole des Mines de Nantes

4, rue Alfred Kastler - La Chantrerie - BP 20722 - 44307 Nantes cedex 3

Tél. 02 51 85 81 00 - Fax 02 51 85 84 79 - <http://www-subatech.in2p3.fr>

Analyses par spectrométrie  $\gamma$ 

| Famille du Thorium 232 |                            |
|------------------------|----------------------------|
| Référence échantillon  | Ac228<br>Bq                |
| M12                    | $<5,6 \cdot 10^{-1}$       |
| C23                    | $<3,9 \cdot 10^{-1}$       |
| M17                    | $<7,8$                     |
| M18                    | $<1,2$                     |
| M16                    | $<1,3$                     |
| C24                    | $(2,0 \pm 0,2) \cdot 10^1$ |
| C25                    | $<2,5 \cdot 10^{-1}$       |
| M13                    | $<3,9 \cdot 10^{-1}$       |
| M01 Bis                | $<6,2$                     |
| M01                    | $<1,5 \cdot 10^1$          |

| Famille de l'uranium 235 |                      |
|--------------------------|----------------------|
| Référence échantillon    | U235<br>Bq           |
| M12                      | $<1,8 \cdot 10^{-1}$ |
| C23                      | $<1,9 \cdot 10^{-1}$ |
| M17                      | $<4,4$               |
| M18                      | $<6,6 \cdot 10^{-1}$ |
| M16                      | $<1,2$               |
| C24                      | $<1,8 \cdot 10^{-1}$ |
| C25                      | $<1,6 \cdot 10^{-1}$ |
| M13                      | $<8,6 \cdot 10^{-2}$ |
| M01 Bis                  | $<3,6$               |
| M01                      | $<8,0$               |

Analyses par spectrométrie  $\gamma$

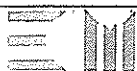
## AMENDEMENT AU RAPPORT D'ESSAI

N° 00-186-C

Page :

5/5

| Référence<br>échantillon | Kr85<br>Bq           |
|--------------------------|----------------------|
| M18                      | $(1,4 \pm 0,2) 10^4$ |



## RAPPORT D'ANALYSE

N° 01-8-C

Page :

1/3

## CLIENT

Nom : France TELECOM

Destinataire : J PAUGAM

Adresse : CENT DTD/FME

2 avenue Pierre Marzin Technopole Anticipa  
22307 LANNION CEDEX

Description de l'échantillon : Solides

N° de bon de commande : 5MCAK/0B01703

Référence(s) client :

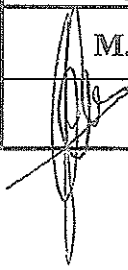
M08-G10-G11-T01-C37-C38

Date de réception : 12/12/2000

## RAPPORT D'ANALYSE

N° 01-8-C

Date du rapport : 11/01/2001

| Chef de Service |                                                                                       |
|-----------------|---------------------------------------------------------------------------------------|
| Nom :           | M.MOKILI                                                                              |
| Visa :          |  |

Le rapport d'essai ne comporte que les échantillons mentionnés dans ce document. Le rapport ne doit pas être reproduit partiellement sans l'approbation du laboratoire d'essais. La reproduction de ce rapport d'essai n'est autorisée que sous sa forme intégrale. Il comporte ...3... page(s)



## RAPPORT D'ANALYSE

N° 01-8-C

Page :

2/3

## RESULTATS DES ANALYSES

Expression des résultats :si  $SD > A_m$  alors l'activité s'exprime selon :  $A < LD$ si  $SD \leq A_m$  alors l'activité s'exprime selon :  $A = A_m \pm 2\sigma_{A_m}$ avec : SD : seuil de décision, LD : limite de détection, ( $LD = 2SD$ )A : activité calculée,  $A_m$  : Activité mesurée,  $\sigma_{A_m}$  = incertitude associée à  $A_m$ Informations utiles à un essai spécifique : Néant.

| Référence(s)<br>échantillon | Masse<br>gramme     |
|-----------------------------|---------------------|
| M08                         | $7,9 \cdot 10^{-1}$ |
| G10                         | 8,5                 |
| G11                         | 8,7                 |
| T01                         | $1,1 \cdot 10^1$    |
| C37                         | $1,2 \cdot 10^1$    |
| C38                         | $1,1 \cdot 10^1$    |

Analyses par spectrométrie  $\gamma$ 

| Référence(s)<br>échantillon | K40<br>Bq     | Pm147<br>Bq       |
|-----------------------------|---------------|-------------------|
| M08                         | <3,0          | $<1,2 \cdot 10^3$ |
| G10                         | $4,0 \pm 2,0$ | $<2,5 \cdot 10^3$ |
| G11                         | <3,1          | $<1,6 \cdot 10^3$ |
| T01                         | <3,6          | $<1,8 \cdot 10^3$ |
| C37                         | <8,8          | $<3,9 \cdot 10^3$ |
| C38                         | <3,9          | $<2,2 \cdot 10^3$ |



ECOLE DES MINES DE NANTES

Adresse : Subatech - Ecole des Mines de Nantes

4, rue Alfred Kastler - La Chantrerie - BP 20722 - 44307 Nantes cedex 3

Tél. 02 51 85 81 00 - Fax 02 51 85 84 79 - <http://www-subatech.in2p3.fr>

## RAPPORT D'ANALYSE

N° 01-8-C

Page :

3/3

Analyses par spectrométrie  $\gamma$ 

## Famille de l'Uranium 238

| Référence(s)<br>Echantillon | Ra226<br>Bq          | Pb210<br>Bq          |
|-----------------------------|----------------------|----------------------|
| M08                         | <3,1                 | <2,7                 |
| G10                         | $(2,3 \pm 0,4) 10^1$ | $(1,2 \pm 0,5) 10^1$ |
| G11                         | <3,9                 | <6,7                 |
| T01                         | <4,2                 | <9,0                 |
| C37                         | $(1,8 \pm 0,2) 10^2$ | $(1,2 \pm 0,2) 10^2$ |
| C38                         | $4,6 \pm 2,4$        | $(5,3 \pm 7,0) 10^2$ |

| Référence(s)<br>échantillon | Th232<br>Bq    |
|-----------------------------|----------------|
| M08                         | $<3,3 10^{-1}$ |
| G10                         | $<7,6 10^{-1}$ |
| G11                         | $<4,4 10^{-1}$ |
| T01                         | $<4,2 10^{-1}$ |
| C37                         | <1,2           |
| C38                         | $9,7 \pm 1,2$  |



ECOLE DES MINES DE NANTES

Adresse : Subatech - Ecole des Mines de Nantes

4, rue Alfred Kastler - La Chantrerie - BP 20722 - 44307 Nantes cedex 3

Tél. 02 51 85 81 00 - Fax 02 51 85 84 79 - <http://www-subatech.in2p3.fr>

## RAPPORT D'ANALYSE

N° 01-21-C

Page :

1/2

## CLIENT

Nom : France TELECOM

Destinataire : J PAUGAM

Adresse : CENT DTD/FME

2 avenue Pierre Marzin Technopole Anticipa  
22307 LANNION CEDEX

Description de l'échantillon : Solides

N° de bon de commande : 5MCAK/0B01703

Référence(s) client :

G01-G06-G09

Date de réception : 23/10/2000

## RAPPORT D'ANALYSE

N° 01-21-C

Date du rapport : 02/02/2001

|        |                 |
|--------|-----------------|
|        | Chef de Service |
| Nom :  | M. MOKILI       |
| Visa : |                 |

Le rapport d'essai ne comporte que les échantillons mentionnés dans ce document. Le rapport ne doit pas être reproduit partiellement sans l'approbation du laboratoire d'essais.  
La reproduction de ce rapport d'essai n'est autorisée que sous sa forme intégrale. Il comporte ...2... page(s).



ECOLE DES MINES DE NANTES

Adresse : Subatech - Ecole des Mines de Nantes

4, rue Alfred Kastler - La Chantrerie - BP 20722 - 44307 Nantes cedex 3

Tél. 02 51 85 81 00 - Fax 02 51 85 84 79 - <http://www-subatech.in2p3.fr>

## RAPPORT D'ANALYSE

N° 01-21-C

Page :

2/2

## RESULTATS DES ANALYSES

## Expression des résultats :

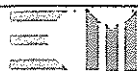
si  $SD > A_m$  alors l'activité s'exprime selon :  $A < LD$ si  $SD \leq A_m$  alors l'activité s'exprime selon :  $A = A_m \pm 2\sigma_{A_m}$ avec : SD : seuil de décision, LD : limite de détection, ( $LD = 2SD$ )A : activité calculée,  $A_m$  : Activité mesurée,  $\sigma_{A_m}$  = incertitude associée à  $A_m$ Informations utiles à un essai spécifique :

La mesure du tritium dans les éclateurs par combustion à l'oxygène à 1400°C dans un four tubulaire pose des problèmes techniques qui retardent sa réalisation :

- L'expérience pour un éclateur dure 1 journée.
- Celle du premier éclateur mesuré ( GO1 ) s'est bien déroulée.
- Celle du deuxième éclateur ( GO6 ) a posé problème : il y a eu une réaction violente de l'oxygène avec des matières carbonées organiques entraînant la fissuration du tube à combustion en alumine et la fusion de la partie métallique a débordé du creuset , le collant ainsi aux parois du tube.  
Après l'expérience, ce tube était inutilisable pour les mesures suivantes.
- Le fournisseur, n'en ayant plus en stock, n'a pu nous dépanner que d'un tube d'une autre dimension qu'il a coupé en précisant que, dans ce genre d'expérience, l'absence de matières carbonées était impérative pour éviter des réactions violentes avec l'oxygène.
- Dans l'expérience de la mesure de l'éclateur ( GO9 ) le tube envoyé en dépannage a été rendu inutilisable par le débordement du creuset du métal en fusion le collant à nouveau à la paroi du tube et en provoquant des fissurations sur celui-ci.
- Dans l'attente de la livraison de nouveaux tubes en alumine ( dont le délai est au minimum de 3 semaines ) nous conduisant à la reprise des expériences vers la mi-février, nous vous communiquons ci-dessous les résultats des 3 éclateurs mesurés.

Analyse par scintillation liquide :

| Référence (s)<br>Echantillon | $^3\text{H}$<br>Bq   | Masse totale en g |
|------------------------------|----------------------|-------------------|
| G01                          | <1,5                 | 10,655            |
| G06                          | <1,5                 | 11,478            |
| G09                          | $(4,6 \pm 1,0) 10^3$ | 8,614             |



ECOLE DES MINES DE NANTES

Adresse : Subatech - Ecole des Mines de Nantes

4, rue Alfred Kastler - La Chantrerie - BP 20722 - 44307 Nantes cedex 3

Tél. 02 51 85 81 00 - Fax 02 51 85 84 79 - <http://www-subatech.in2p3.fr>

## RAPPORT D'ANALYSE

N° 01-79-C

Page :

1/2

## CLIENT

Nom : France TELECOM

Destinataire : J PAUGAM

Adresse : CENT DTD/FME

2 avenue Pierre Marzin Technopole Anticipa  
22307 LANNION CEDEX

Description de l'échantillon : Solides

N° de bon de commande : 5MCAK/0B01703

Référence(s) client :

CO2-CO3-CO4-C16-C11

Date de réception : 23/10/2000

## RAPPORT D'ANALYSE

N° 01-79-C

Date du rapport : 21/05/2001

|        |                        |
|--------|------------------------|
|        | <b>Chef de Service</b> |
| Nom :  | M. MOKILI              |
| Visa : |                        |

Le rapport d'essai ne comporte que les échantillons mentionnés dans ce document. Le rapport ne doit pas être reproduit partiellement sans l'approbation du laboratoire d'essais  
La reproduction de ce rapport d'essai n'est autorisée que sous sa forme intégrale. Il comporte : 2... page(s)



ECOLE DES MINES DE NANTES

Adresse : Subatech - Ecole des Mines de Nantes

4, rue Alfred Kastler - La Chantrerie - BP 20722 - 44307 Nantes cedex 3

Tél. 02 51 85 81 00 - Fax 02 51 85 84 79 - <http://www-subatech.in2p3.fr>

## RESULTATS DES ANALYSES

Expression des résultats :si  $SD > A_m$  alors l'activité s'exprime selon :  $A < LD$ si  $SD \leq A_m$  alors l'activité s'exprime selon :  $A = A_m \pm 2\sigma_{A_m}$ 

avec : SD : seuil de décision, LD : limite de détection, (LD = 2SD)

A : activité calculée,  $A_m$  : Activité mesurée,  $\sigma_{A_m}$  = incertitude associée à  $A_m$ Informations utiles à un essai spécifique : Néant.Analyse par scintillation liquide :

| Référence (s)<br>Echantillon | $^3\text{H}$<br>Bq   | Masse totale en g |
|------------------------------|----------------------|-------------------|
| CO2                          | $(3,2 \pm 0,4) 10^2$ | 13,20             |
| CO3                          | $(2,3 \pm 0,3) 10^2$ | 9,71              |
| CO4                          | $(1,3 \pm 0,1) 10^2$ | 10,65             |
| C16                          | $(3,2 \pm 0,4) 10^4$ | 9,00              |
| C11                          | $(4,8 \pm 0,5) 10^5$ | 8,57              |



## RAPPORT D'ANALYSE

N° 01-127-C

Page :

1/2

EMENT

1 : France TELECOM

Esse : CENT DTD/FME

2 avenue Pierre Marzin Technopole Anticipa  
22307 LANNION CEDEX

le bon de commande : 5MCAK/0B01703

e de réception : 23/10/2000

Destinataire : J PAUGAM

Description de l'échantillon : Solides

Référence(s) client :

C05-C07-C22

ire.

## RAPPORT D'ANALYSE

N° 01-127-C

e du rapport : 13/09/2001

|        |                        |
|--------|------------------------|
|        | <b>Chef de Service</b> |
| Nom :  | M. MOKILI              |
| Visa : |                        |

ort d'essai ne comporte que les échantillons mentionnés dans ce document. Le rapport ne doit pas être reproduit partiellement sans l'approbation du laboratoire d'essais  
oduction de ce rapport d'essai n'est autorisée que sous sa forme intégrale. Il comporte ...2... page(s).