

MEMENTO

Unités

Becquerel, Curie:

Ils expriment l'activité radioactive d'un corps en fonction du nombre de noyaux atomiques qui se désintègrent spontanément à chaque seconde.

1 becquerel = 1 désintégration par seconde.

1 curie = 37 milliards de becquerels.

RAD (radiation absorbed man): mesure de dose radioactive traduisant la quantité d'énergie absorbée par l'homme. Il s'exprime aussi en *gray*, cent fois plus petit que le *rad*.

1 RAD = 100 joules.

1 gray = 1 joule.

REM (rad equivalent man): Exprimé aussi en *sieverts*, il traduit les effets biologiques de la dose absorbée chez l'homme. Pour une même dose, exprimée en rads, les effets sont différents selon s'il s'agit de rayonnements alpha, bêta ou gamma.

1 sievert = 100 rems

Réglementation:

La dose maximale annuelle est de 5 *rems* pour les travailleurs exposés au rayonnement et de 0,5 *rems* soit 0,05 *sieverts* pour le public en général.

AVIS AU PROFESSEUR

Je tiens à vous informer que la note de ce travail m'est indifférente. Malgré les innombrables heures que j'ai pu y consacrer et malgré l'ordinateurphobie qui est née en moi à la suite d'un désastre technologique qui m'a fait recommencer une bonne partie du travail; le sujet était intéressant et c'est peut-être à cause de cela que j'ai élargi un peu plus qu'il n'aurait fallu.

Je sais que mon travail n'est pas le seul et que la longueur vous dérangera sûrement, mais je ne me soucie guère de la note et je vous demanderai seulement une lecture attentive et une appréciation finale suffisamment élaborée pour que je puisse y tirer parti pour de futurs travaux de recherche.

Merci.

LA CENTRALE NUCLEAIRE DE TCHERNOBYL

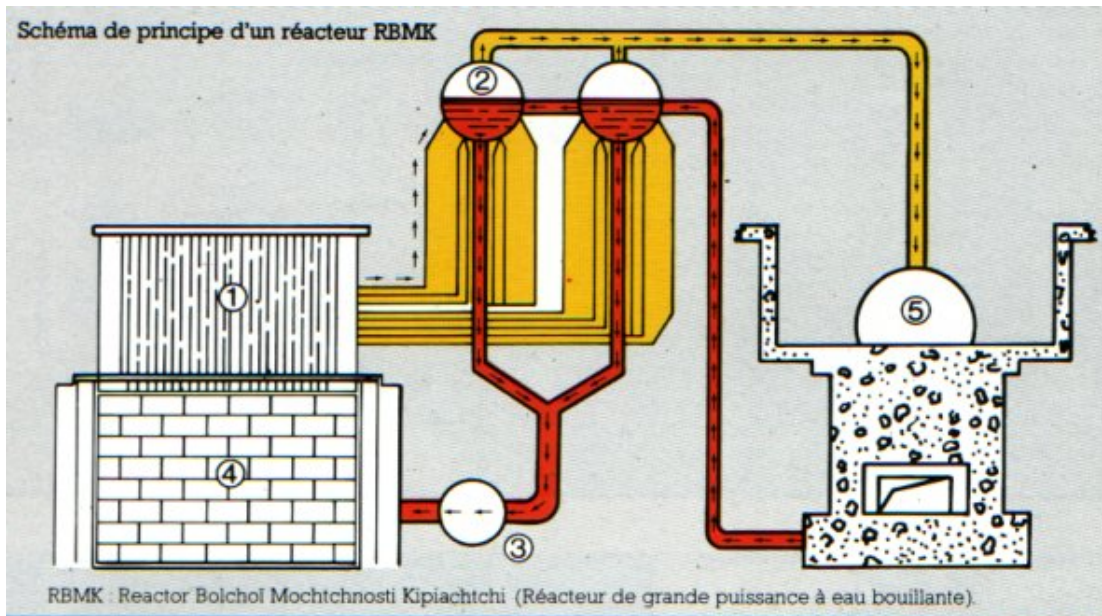


La construction de la centrale nucléaire de Tchernobyl s'est achevée en décembre 1983. La centrale est formée par quatre réacteurs qui ont chacun une puissance de 1000 MW.

En ce moment 15 réacteurs du type RBMK (réacteurs de grande puissance à eau bouillante), identiques a ceux de Tchernobyl continuent à fonctionner dans les pays de l'est, notamment dans l'ex-URSS.

Dans ces réacteurs, l'uranium, le combustible qui sert à la fission, est enrichi, car l'uranium naturel est un mélange de trois isotopes: l'U-238, l'U-235, et l'U-234 dans des proportions respectives de 99,294%, 0,7% et 0,006%. Or, pour fonctionner, un réacteur à eau sous pression; de même que ceux du type RBMK a besoin d'un uranium plus riche en U-235, entre 1.8% et 4% plus. L'enrichissement consiste à augmenter la proportion d'uranium U-235. Ce combustible est installé dans des assemblages de crayons protégés par des gaines en zircaloy (1). Le modérateur est du graphite présent sous forme d'un empilement de briques entourant les crayons d'uranium (4).

Le fluide caloporteur est de l'eau bouillante ; elle circule dans quelques 1700 tubes de force qui traversent l'empilement de graphite et passent le long du combustible. L'eau se transforme en vapeur ; celle-ci est recueillie par des collecteurs (2) et envoyée directement vers les turbines (5). Il n'existe donc pas de circuit intermédiaire entre le réacteur et la turbine.



LÉGENDE

1. Coeur
2. Collecteur de vapeur
3. Graphite
4. Turbine

La centrale nucléaire de Tchernobyl possédait 4 réacteurs du type RBMK. Par la suite, celle que l'on prenait pour une des centrales modèle de sécurité a été gravement critiquée par les mêmes qui disaient que Un accident grave avec pour cause perte de réfrigérant est pratiquement impossible dans une centrale de ce type.

Le fait que le modérateur et le réfrigérant soient différents entraîne un problème de base. Le modérateur de neutrons sert à transformer les neutrons dits rapides produits lors de la fission; en neutrons thermiques qui sont ceux qui sont le plus facilement absorbés par le U-235 pour continuer à produire de fissions.

Donc le rôle du modérateur est d'augmenter la quantité de neutrons que les nouvelles fissions produisent. Au cas où le réfrigérant stopperait son passage à travers le noyau, la réaction de fission continuerait étant donné que le modérateur continuerait à agir.

L'effet issu de la perte de réfrigérant n'est malheureusement pas une énigme. Le noyau se réchauffe, la température augmente et sa géométrie peut se modifier ce qui accélère le rythme de la réaction et peut entraîner la fusion du noyau, en donnant lieu à l'un des accidents les plus graves du nucléaire.

C'est à cet effet que les RBMK sont instables à faible puissance car ils peuvent, à différence des REP, s'emballer et augmenter la puissance produite. L'absence d'enveloppe de confinement permet la libération des éléments radioactifs dans l'environnement en cas d'accident. Un autre des multiples problèmes des centrales du type RBMK (qui sont entachées de vices de conception) est la vitesse d'insertion des barres, qui est de 28s contre 1s des autres centrales.

L'ensemble de ces défauts de conception a été la cause l'accident du réacteur N°4 de la centrale nucléaire de Tchernobyl.



L'ACCIDENT

C'est le samedi 26 avril de 1986 à 1h 23mn 40s lors de l'explosion du réacteur n° 4 que la centrale de Tchernobyl est devenue tristement célèbre.

À l'occasion d'une révision ordinaire, les techniciens ont décidé de mener une expérience dans le réacteur n° 4; qui avait pour but de vérifier le temps que pouvait continuer à produire de l'électricité une turbine à qui ont aurait supprimé le réfrigérant. Pour l'expérience ils avaient réduit la puissance du réacteur. Cette baisse entraînait la possibilité de la mise en marche automatique des systèmes de sécurité et par conséquent l'arrêt de l'expérience. Ainsi, les principaux systèmes de sécurité furent désactivés.

En plein milieu de l'expérience se produit une augmentation inattendue de la puissance qui provoqua la fragmentation du combustible, une génération de vapeur massive et la réaction de l'eau réfrigérante (vapeur) avec le zircaloy des gaines de combustible. L'ensemble a produit de l'hydrogène et ainsi que d'autres gazs.

L'ensemble a fini par briser les structures interne et externe du réacteur ce qui a permi la filtration de l'hydrogène qui, deux ou trois secondes plus tard en réagissant avec l'oxygène a provoqué une explosion en feux d'artifices .

La pression a monté jusqu'a faire sauter, comme un bouchon, le toit de 2000 tonnes. Vers 10 heures du matin, une deuxième explosion, en l'absence de barrière (le toit) a libéré les débris radioactifs dans l'environnement. Pour achever le tout, les briques de graphite ont commencé à brûler en fondant une partie du noyau, dispersant de la sorte des particules radioactives et en menaçant de propager le feu aux autre réacteurs.

À Prypiat, la ville la plus proche _qui sera plus tard évacuée_ les maîtresses de l'école locale ont fait sortir les élèves à la cour de récréation pour contempler le spectacle. Des gigantesques feux d'artifices radioactifs, secondés par les immenses flammes qui avaient pris possession des instalations ont donné lieu à un spectacle

sombre et grandiose, une image dantesque de l'enfer.

Et en effet, c'est ce que les pompiers de l'unité n°2 de cette même ville ont dû penser en arrivant, qu'ils pénétraient en enfer. Ses chaussures s'enfonçaient dans le béton fumant de la centrale, qui était devenu comme un immense sable mouvant. La chaleur était étouffante. La fumée qui se dégageait était non seulement toxique mais irrespirable, asfixiante. La plupart ont tenu au delà de l'héroïsme. Ils sont restés des heures et des heures au sommet du réacteur incendié dans l'espoir désespéré d'éteindre le feu qui était arrivé au toit du réacteur n° 3. Pendant les 3 ou 4 jours qu'a duré l'opération son courage démesuré a empêché que la tragédie ne prenne des proportions encore plus grandes. Mais dans certains cas ce courage leur a coûté la vie.

Ces pompiers forment la plus grande partie des 300 affectés graves par la radioactivité, 32 décédèrent avant la fin de 1986 et la plupart firent de même dans les années suivantes.

Pour éteindre le feu il n'était pas possible de se servir que d'eau. Les quantités insuffisantes dont on disposait pouvaient empêcher l'extérieur de brûler, mais ne pouvaient pas finir avec le brasier qu'était devenu le cœur du réacteur. Pour l'incendie interne, l'eau qui était jetée au cœur avait plus ou moins l'action d'une allumette que l'on jette à l'océan pour essayer de le mettre en feu. De plus, le faible effet qu'il avait ne servait qu'à mettre le graphite au rouge, ce qui donnait lieu à une nouvelle production d'hydrogène et menaçait de provoquer de nouvelles explosions.

On a inventé une nouvelle formule pour arrêter le feu. L'accident était sans précédent, et la solution, donc, se voulait sans précédent aussi. On a versé à l'intérieur du réacteur un mélange composé de: plomb, dolomite, carbure de bore, sable et argile. En quantités différentes ces produits avaient des fonctions concrètes.



Le carbure de bore devait absorber les neutrons et arrêter ainsi la réaction nucléaire en chaîne, la dolomite permettait la dispersion de la chaleur et en cas de décomposition elle produisait du dioxyde de carbone qui aidait à l'extinction du feu, le sable et l'argile gardaient les aérosols et contribuaient à arrêter l'incendie, et finalement le plomb devait fondre _absorbant de la sorte la chaleur_ en bouchant les fissures pour éviter la dispersion des substances radioactives et la radiation directe.

Intérieur du réacteur n°4 après l'accident.

Ce mélange se versait à l'aide d'hélicoptères qui survolaient la centrale, en bravant le feu et le manque de visibilité provoqués par la fumée et la radioactivité. On craignait néanmoins que la dalle sur laquelle le réacteur était installé se cassât à cause de la chaleur et du poids des produits insérés, en contaminant les eaux

souterraines.

Pour l'éviter on vida la piscine souterraine qu'il y avait sous le réacteur (d'ou l'on pompait l'eau) et l'on creusa un tunnel de 135 mètres le longeur à 5.4 mètres de profondeur. Ce tunnel, une fois rempli de béton éviterait que la radioactivité ne se propage par cette voie. Des systèmes de réfrigération fûrent mis en place pour alléger la chaleur que produisait le noyau. Cette opération fut réalisée en un temps record par 400 travailleurs par périodes de 3 heures pour éviter des dommages irréparables. Cette expérience sans précédent éteignît le feu à l'intérieur du réacteur et finît avec l'incendie.



Un sarcophage fut construit d'urgence autour de la centrale; pour éviter de nouvelles fuites radioactives; après l'extinction du feu.

Dans les 6 mois qui ont suivi l'accident de Tchernobyl, les autorités soviétiques ont fait construire, sous des conditions difficiles, une structure composée notamment de poutres et de plaques métalliques; en béton et en acier, destinée à reconstituer les parties détruites du bâtiment.

Baptisée sarcophage, cette installation de 50 m de hauteur a permis de confiner les matières radioactives et de protéger l'environnement ainsi que les hommes travaillant encore sur le site. Bâtie pour "tenir" entre 20 et 30 ans, elle a néanmoins présenté des déficiences assez rapidement.

Un autre des graves problèmes auxquels les autorités concernées dûrent faire face fût l'évacuation de la population affectée par l'accident. 11 ans après, les informations sur ce point restent inexactes. Il paraît que le jour même furent évacuées les personnes qui habitaient dans la résidence pour operateurs située a 1,6 km de la centrale. A peu près 1000 familles furent délogées avec les moyens locaux de transport, 1100 autobus réquisitionnés dans tout le pays; conduits par des volontaires provenant de KIEV et des alentours; aidèrent à évacuer les lieux. En moins de 36 heures on reussi á vider un territoire de 30 km en rayon autour de la centrale sinistrée.

La dernière ville à être délogée fut Tchernobyl, qui comptait avec 40.000 habitants et se trouvait à la limite des 30 km. Ce ne fût que 6 jours après l'accident et l'on mit plus de trois jours.

Le nuage radioactif

Le lundi 28 avril 1986, à la suite d'événements inexplicables, les travailleurs de la centrale nucléaire suédoise de Forsmark étaient prêts à croire à la magie.

Tout a commencé lorsque l'un des travailleurs a mis ses pieds sur le détecteur de radioactivité à l'entrée au travail, comme il le faisait tous les matins, et l'alarme s'est déclenchée. Il ne pouvait pas être contaminé par négligence puisqu'il venait de commencer sa journée de travail donc, comme mesure de sécurité on réalisa une vérification des taux de radioactivité des vêtements des travailleurs. On constata avec surprise que les taux dépassaient les habituels de entre 5 et 15 fois.

Pendant ce temps rien n'indiquait qu'il y eut des irrégularités dans la centrale. Néanmoins elle fut arrêtée, car on craignait une fuite radioactive non enregistrée. L'événement fut transmis à l'Agence Suédoise de Sécurité Nucléaire (SKI) et la réponse de cet organisme ne fut pas moins surprenante.

Toutes les centrales suédoises et finlandaisesregistraient des valeurs anormalement élevées de radioactivité depuis la veille. Les sytographes n'ayant détecté aucun mouvement anormal on du laisser de côté l'hypothèse d'un essai nucléaire non autorisé avec des armes quelque part dans les pays de l'est. Une analyse postérieure de l'air révéla la présence d'isotopes tels que le césium et le iode, introuvables ailleurs que dans une centrale nucléaire. Lorsqu'on réalisa une analyse météorologique rétrospective on arriva à la conclusion qu'un accident s'était produit dans une centrale nucléaire et que le nuage radioactif devait provenir de l'une des centrales soviétiques installées en Ukraine. Le nuage avait volé 2000 km avant d'être détecté!!!!

Au cours des dix jours qui ont suivi l'accident de Tchernobyl l'émission de radio-nucléides (particules contaminées éjectées de la centrale lors de l'explosion) dans l'atmosphère a créé des masses d'air contaminées (appelées généralement nuage radioactif) qui ont été entraînées dans tous les sens ayant pour seul guide les variations atmosphériques.

- Au nord-ouest le nuage est arrivé en Finlande et Suède, où il a été détecté en premier, le 28 avril.
- À l'ouest, sa trajectoire, s'infléchissant plus tard vers le sud-est l'a conduit en Tchécoslovaquie et en Pologne, où il a été à l'origine d'une forte contamination. A un degré moindre cette contamination est arrivée en Allemagne et Italie, pour pénétrer finalement très atténuée en France par la façade est.
- Au sud il a atteint l'Hongrie, la Roumanie, la Bulgarie, la Turquie et la Grèce.

Au fur et à mesure que l'on s'éloignait du lieu sinistré la radioactivité diminuait donc l'impact en Europe a été mineur, cependant le bilan en ex-URSS a été horrible:

- 5 millions de personnes ont été exposées aux radiations; 1 700 000 des irradiés se trouvent essentiellement en Ukraine, Biélorussie et Russie.
- 135 000 personnes dans un rayon de 45 km autour de la centrale ont été évacuées et soumises à des contrôles médicaux.
- 850 000 personnes vivent encore dans les zones contaminées et 248 000 devraient être évacuées, mais pour beaucoup travailler à Tchernobyl vaut mieux que mourir de faim.

Surfaces contaminées en km² et dépôts de césium 137 en Bq/m²:

- 18 000 km² ont été contaminés à 600 000 Bq/m² dont Biélorussie 10 200 km, Russie 5 800 km, et Ukraine 2 000 km.
- 7 100 km² de 600 000 à 1 600 000 Bq/m² dont Biélorussie 4 200 km, Russie 2 100 km, et Ukraine 800

km.

- 3 100 km² à plus de 1 600 000 Bq/m² : dont Biélorussie

2 200 km , Ukraine 600 km et Russie 300 km.

Globalement dans les pays occidentaux affectés par le nuage, le taux de césium 137 est revenu au même niveau qu'il y avait avant l'accident de Tchernobyl, c'est à dire de l'ordre de 1 microbecquerel par mètre cube d'air, mais en ex-URSS il passera longtemps avant que l'on atteigne un niveau inférieur a 3 becquerels.

LA SITUATION ACTUELLE

Il est difficile aujourd'hui d'énumérer toutes les conséquences de la catastrophe de Tchernobyl. Elles sont de nature très différentes, économiques, sociologiques, écologiques et sanitaires.

Les conséquences économiques ont été chiffrées, mais les coûts varient selon que l'on prenne le court terme où le long terme.

Dans le court terme figurent le coût de la centrale détruite, voir du site nucléaire condamné à la fermeture et celui des travaux gigantesques entrepris pour décontaminer les environs.

Le long terme inclue le coût total comprenant les moyens de production d'énergie pour compenser la déficience de cette filière et les conséquences directes pour la population, de toutes natures.

Les conséquences sociologiques sont impossibles à quantifier, elles sont sûrement très importantes, puisque certains pensent que la mauvaise gestion de cet accident a contribué au développement de la *perestroïka*.

Les conséquences écologiques sont beaucoup mieux connues. Les effets sur l'environnement proche à la centrale, révélés dans les mois qui ont suivi l'accident sont en voie de régression. Les effets dans le monde agro-alimentaire seront plus longs à disparaître, mais les modifications des plantations et du type de culture ne devrait pas entraîner des dommages considérables à long terme.

Les conséquences sanitaires sont beaucoup plus difficiles à évaluer et nécessitent un suivi médical méticuleux de grands groupes de population. Ceci implique également une composante psychologique non négligeable, dont on peut espérer qu'elle s'améliorera avec le temps mais qui n'a pas une solution concrète.

Le gouvernement de Kiev utilise Tchernobyl comme monnaie de change dans ses négociations avec les organismes internationaux. La situation actuelle du site nucléaire est simplement inadmissible; d'un côté la sécurité des réacteurs du type RBMK est mise en question même par les organismes les plus pronucléaires. Et de l'autre; l'état du sarcophage qui isole le réacteur sinistré est catastrophique. Il permet la filtration d'isotopes radioactifs vers l'extérieur, et d'énormes quantités d'eau vers l'intérieur qui pourrait remodeler la géométrie du combustible au cœur, ce qui pourrait entraîner une nouvelle réaction nucléaire.

De plus il existe autour de la centrale quelques 800 dépôts de déchets et résidus radioactifs, ramassés lors du projet de décontamination. Ces dépôts sont mal contrôlés et quasiment pas surveillés. On sait que les mesures d'isolement et stockage sont déplorables, en partie à cause de la vitesse et les circonstances dans lesquels ils ont été construits.

Ces circonstances poussent les organismes internationaux à la négociation de la fermeture de Tchernobyl, où malgré tout, les réacteurs 2 et 3 continuent à fonctionner. Le réacteur n°3 est en mauvais état à cause de l'incendie souffert lors de l'explosion de n°4 dont les dégâts n'ont pas encore été tout à fait réparés. Les autorités ukrainiennes s'opposent à la fermeture car, pour eux, la perte du site suppose un problème

économique grandiose. Mais les négociations n'avancent pas, et ça fait onze ans que l'on essaye de mettre un prix à la fermeture.

En 1991, le 10 octobre plus concrètement, un incendie s'est produit dans la turbine du réacteur n°2. Il continue à fonctionner malgré que le feu ait causé beaucoup de dégâts car il n'a toutefois pas affecté la partie nucléaire.

Le lundi 3 août 1998 le réacteur n° 1: le dernier à fonctionner sans irrégularités de la centrale nucléaire de Tchernobyl a été fermé automatiquement en raison d'une défaillance du transformateur électrique.

Doit-t-on attendre un accident plus grave encore pour montrer que le site n'est pas viable? Ou peut-être trouve-t-on que 1000 ans de pollution radioactive n'est pas un héritage suffisant à laisser aux générations futures?..

1

2