

La radioactivité

Document 1 : Qu'est-ce que la radioactivité ?

<https://www.youtube.com/watch?v=VZHpAwSGYZE>

- La radioactivité provient de la structure du noyau de l'atome. La plupart du temps, ce noyau constitue un édifice stable. Mais pour certains d'entre eux l'équilibre est imparfait : le noyau se transforme (on dit qu'il se désintègre), en rayonnant de l'énergie et une particule.
- Les éléments constitués d'atomes ayant des noyaux instables sont des éléments **radioactifs**
- Pour un élément radioactif, la désintégration est un phénomène :
 - **unique** : chaque noyau ne peut se désintégrer qu'une fois,
 - **spontané** : la désintégration ne nécessite aucune intervention extérieure ,
 - **incontrôlable** : il est impossible d'arrêter une désintégration,
 - **aléatoire** : le moment où débute la désintégration d'un noyau est indéterminé.

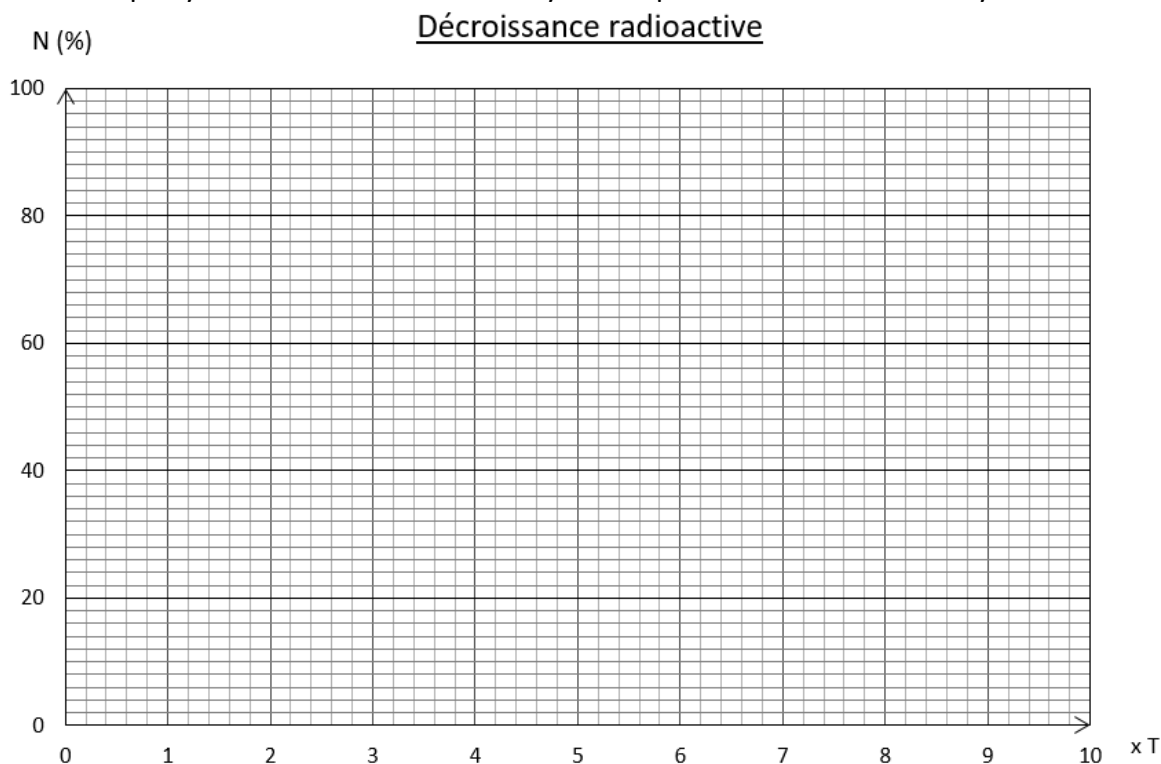
1. Citer les 3 principales raisons pour lesquelles un noyau peut être instable ?
2. Equilibrer les réactions de désintégrations suivantes et proposer une explication à l'instabilité du noyau qui se désintègre :
 - a. ${}^{226}_{88}\text{Ra} \rightarrow {}^{222}_{86}\text{Rn} +$
 - b. ${}^{14}_6\text{C} \longrightarrow {}^{14}_7\text{N} +$
 - c. ${}^{14}_7\text{N} \longrightarrow \quad + {}^0_1\text{e}$
3. En quoi voit-on que dans les équations écrites ci-dessus qu'il s'agit bien de réactions nucléaires et non chimiques ?
En quoi voit-on qu'il s'agit de désintégrations « spontanées » et non « provoquées » ?
4. Quel rayonnement électromagnétique très énergétique et pénétrant peut accompagner ces désintégrations ?

Document 2 : Décroissance radioactive :

- Il est impossible de prédire à quel moment un atome instable va se transformer. Mais lorsque l'on considère un ensemble d'atomes d'un même élément, on peut prévoir statistiquement l'évolution de la population de noyaux considérés.
Par exemple, dans une population de noyaux de $^{14}_6\text{C}$, on sait en moyenne que 1 sur 8000 noyaux vont se désintégrer au cours d'une année.
- La décroissance radioactive décrit l'évolution d'une population de noyaux radioactifs au cours du temps.
- La période, ou « demi-vie » notée T, est la durée au bout de laquelle la moitié des noyaux radioactifs initialement présents se sont désintégrés.

5. A partir de la définition de la demi-vie, tracer la courbe qui représente la décroissance radioactive d'une population de noyaux.

On considère qu'il y a initialement 100% de noyaux et que la demi-vie de ces noyaux est T.



6. Au bout de combien de période peut-on considérer que la population de noyaux radioactifs a disparu ?

7. La période radioactive est caractéristique d'un certain type de nucléide :

Radioélément	^{232}Th	^{235}U	^{239}Pu	^{137}Cs	^{57}Co	^{131}I	^{234}Th	^{212}Po
Période	14×10^9 ans	$4,5 \times 10^9$ ans	24300 ans	30 ans	270 jours	8 jours	1,05 s	3×10^{-7} s

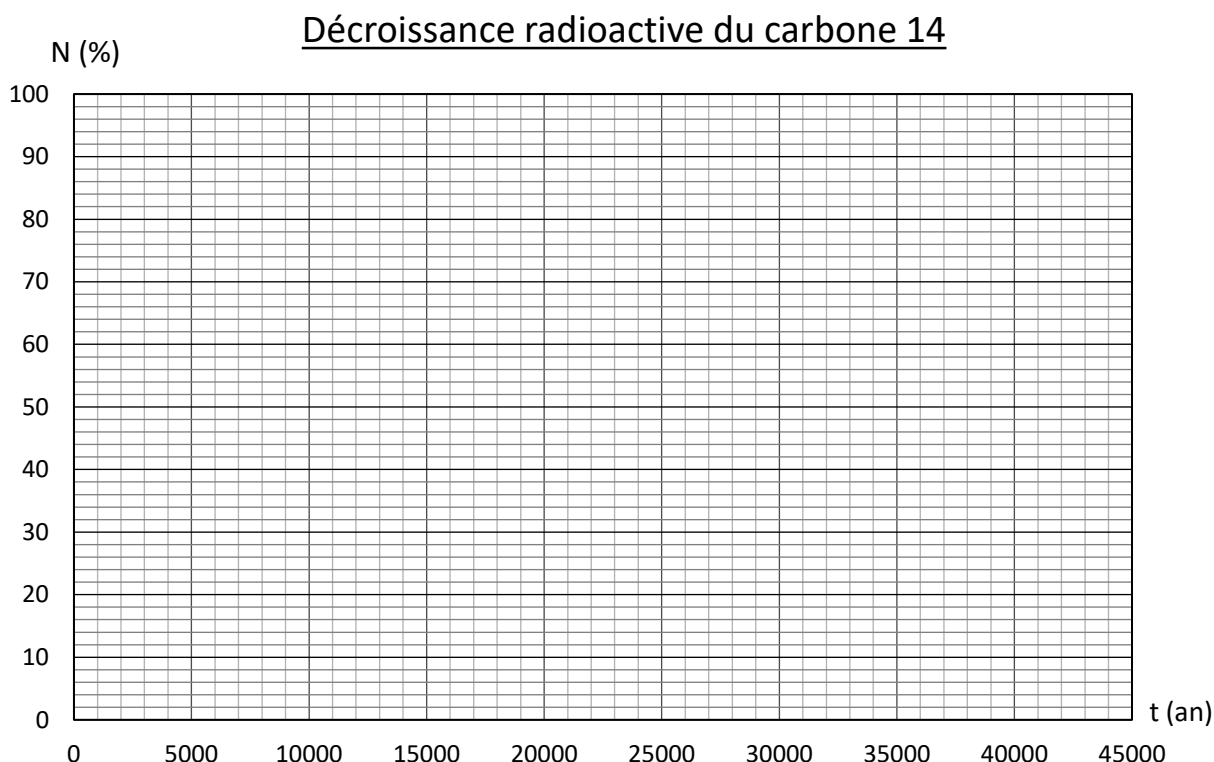
- a. Le césium 137 est un des noyaux produits dans les centrales nucléaires. Il est présent dans les déchets nucléaires. Combien de temps faut-il stocker ces déchets pour considérer que le césium 137 disparaisse entièrement ?
- b. La Terre a 4,5 milliards d'année. Parmi les noyaux du tableau ci-dessus, citer quels sont ceux qu'on trouve encore « naturellement » sur Terre. Justifier.
- c. Les autres noyaux du tableau sont à l'origine de la radioactivité « artificielle ». Proposer une explication à ce terme.

Document 3 : datation au carbone 14

De toutes les méthodes radio chronologiques, celle de la datation du carbone 14 est la plus connue. Dans la haute atmosphère, sous l'action des rayonnements cosmiques galactiques, des neutrons interagissent avec des noyaux d'azote. Cette réaction forme un isotope du carbone : le carbone 14.

Immédiatement formé, le carbone 14 s'oxyde en se combinant à l'oxygène pour former du dioxyde de carbone qui se mélange avec le reste de l'atmosphère et est fixé par les plantes lors de la photosynthèse. Pendant toute la vie de la plante, la teneur en carbone 14 est constante et égale à celle de l'atmosphère (comme dans chaque organisme vivant). Cela est dû à un équilibre entre la désintégration et la production de carbone 14. Mais lorsqu'un arbre est abattu, le bois cesse de vivre, le processus de photosynthèse s'arrête et il n'y a plus absorption de dioxyde de carbone. Le carbone 14 est alors libre de se désintégrer sans compensation : la population de ^{14}C diminue et l'activité du bois coupé également.

8. Tracer la courbe représentant l'évolution de la décroissance du carbone 14, sachant que la demi-vie du carbone 14 est d'environ $T = 5500 \text{ an}$



9. On a mesuré l'activité de 2 morceaux de bois déshydraté de même masse :
- l'un, "nouveau" (fraîchement coupé d'un arbre), on mesure $a_1=0,20\text{Bq}$
 - le second, "ancien" (trouvé dans un tombeau égyptien), $a_2=0,13\text{Bq}$
- a. Le Becquerel (Bq) est l'unité de l'activité d'une source radioactive : c'est le nombre de désintégration qui se produise chaque seconde. Elle est proportionnelle au nombre de noyaux qui constituent la population.
Si on considère que le bois comptait 100% de noyaux radioactifs de carbone 14 au moment où il a été coupé, quel est le pourcentage de noyaux radioactifs restant dans ce bout de bois aujourd'hui ?
 - b. A l'aide du graphe tracé, déterminer l'âge du morceau de bois "ancien".
A quel pharaon a-t-il appartenu ?

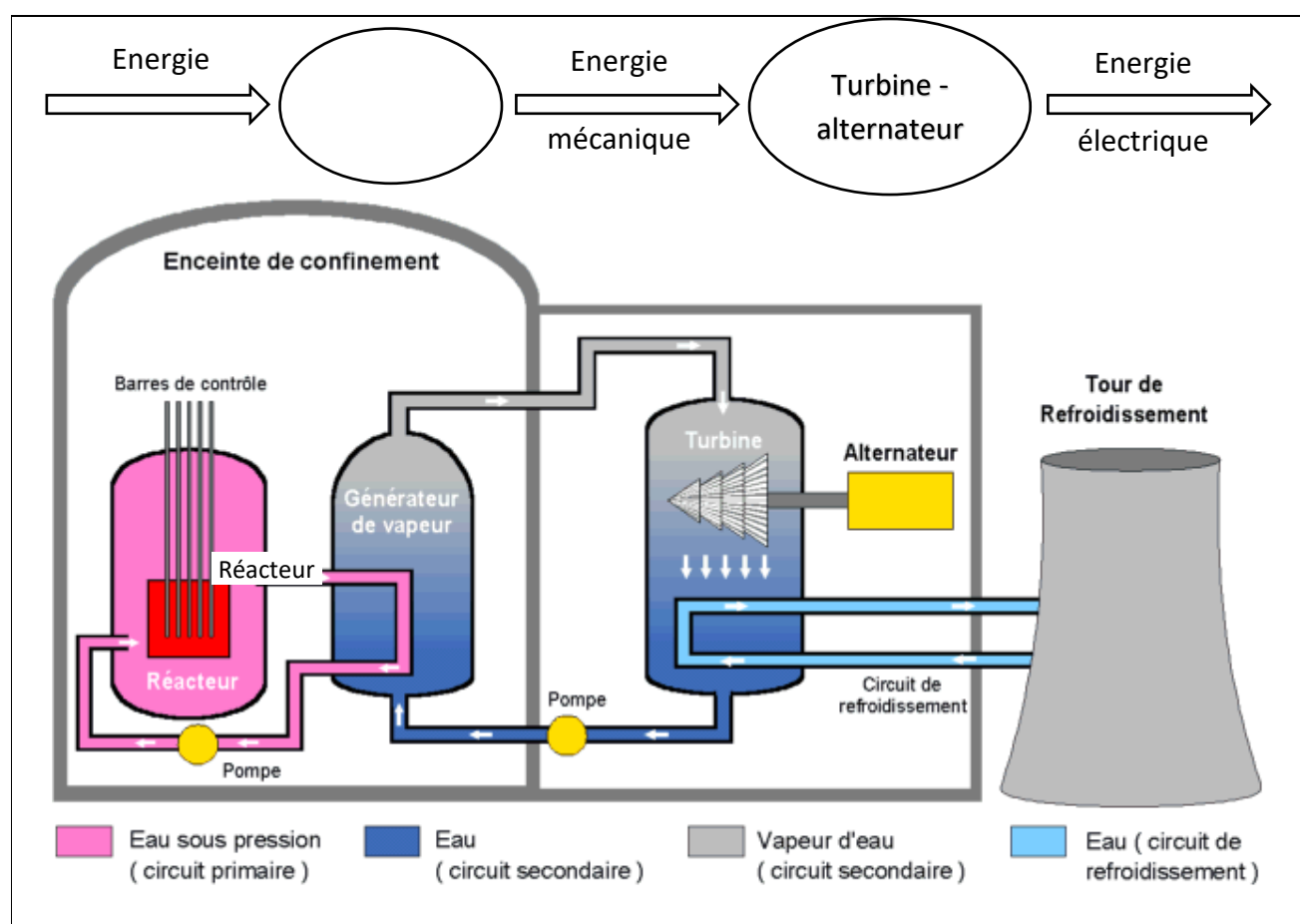
Document 4 : Origine de la radioactivité artificielle : la production d'énergie électrique par fission nucléaire

<https://www.youtube.com/watch?v=I09DhTubNqE>

10. Dans une centrale thermique nucléaire, on utilise la chaleur dégagée par une réaction nucléaire (la fission) pour chauffer de l'eau et la transformer en vapeur d'eau pressurisée.

Cette vapeur d'eau sous pression entraîne des turbines qui font tourner un alternateur produisant l'électricité.

Compléter le schéma suivant qui traduit les conversions d'énergie dans une centrale nucléaire thermique.

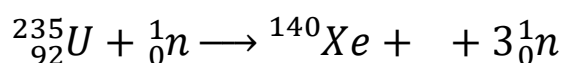
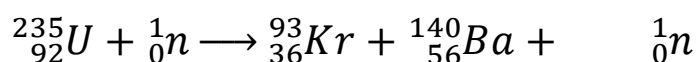


11. Le combustible nucléaire utilisé dans une centrale nucléaire est l'uranium ${}^{235}_{92}\text{U}$.

L'uranium 235 est le seul atome à l'état naturel dont le noyau se brise en deux noyaux plus petits sous l'effet d'un bombardement de neutronique. On dit également que l'uranium 235 est fissile.

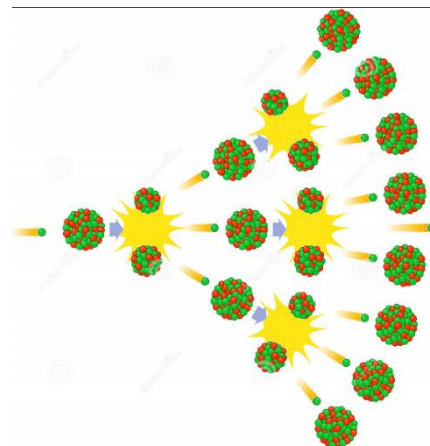
Cette transformation est une réaction nucléaire qu'on appelle réaction de fission.

a. Compléter les réactions possibles de fission de l'uranium 235 :



b. En quoi voit-on que ces réactions ne sont pas « spontanées » mais « provoquées » ?

12. Les 2 (ou 3) neutrons produits lors de la réaction de fission sont susceptibles de provoquer à leur tour la fission d'autres noyaux d'uranium. La réaction nucléaire peut ainsi se poursuivre de proche en proche : c'est la réaction en chaîne. L'énergie dégagée devient très vite considérable. Sans contrôle, la réaction en chaîne conduit à une explosion : c'est ce qui se produit dans une bombe atomique. Expliquer le rôle des barres de contrôles dans une centrale nucléaire.



Document 5 : Mesure d'irradiation : dose absorbée et équivalent dose

- La nocivité d'un rayonnement s'exprime en équivalent-dose ED dont l'unité est le Sievert (Sv).

Origine	ED (μSv)
Irradiation naturelle	
Radionucléides incorporés dans l'organisme	240
Rayons cosmiques	300
Radioactivité du sol	400
Irradiation usuelle	
Montre à cadran lumineux	5 à 100
télévision	10
Voisinage d'une centrale nucléaire	20

ED (Sv)	Effet
> 10	Mort
5	Diarrhées, vomissements, troubles sanguins, 50% de mortalité
2	10% de mortalité
1	Troubles digestifs, stérilité, risque accru de cancer
0,05	Modification de la formule sanguine

- Il y a irradiation lorsqu'on se trouve à proximité d'une source radioactive. On reçoit alors une partie du rayonnement émis par la source.
- Il y a contamination lorsqu'on absorbe par ingestion ou respiration des produits radioactifs qui peuvent alors se désintégrer dans l'organisme.

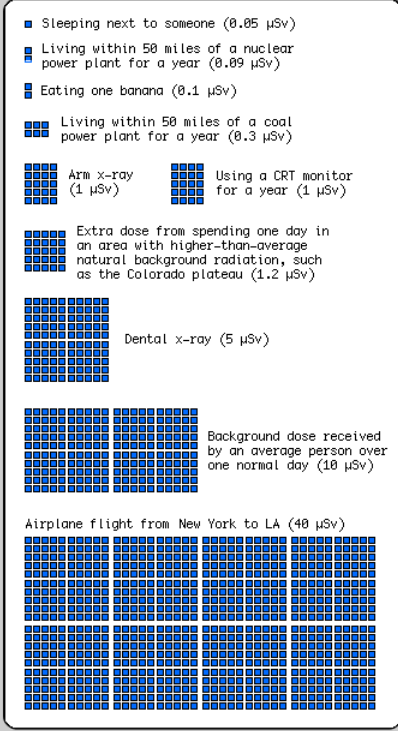
Document 6 : Que faire des déchets radioactifs ?

Chaque année, la France doit gérer environ 3000 kg de déchets de toutes natures par habitant. Sur ces 3000 kg, 100 kg sont des déchets toxiques dont 1 kg de déchets nucléaires. Ces déchets nucléaires proviennent à 90 % de l'industrie électronucléaire (centrale, usine du cycle du combustible) et à 10 % des hôpitaux, des autres industries et centres de recherche.

Déchets Caractéristique	Déchets A	Déchets B	Déchets C
Rayonnements émis	β et γ	α	β et γ pendant plusieurs siècles puis α
Activité	Faible ou moyenne	Faible ou moyenne	Haute
Période	Courte (< 30 ans)	Longue (quelques siècles à quelques centaines de millénaires)	
%	90	9,5	0,5
Mode de Stockage et lieu	Surface Soulaines (Aube)	Puits en béton La Hague (Manche)	Concentrés et vitrifiés Puits en béton ?

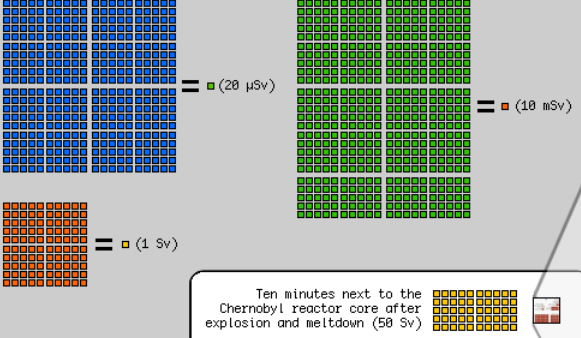
Radiation Dose Chart

This is a chart of the ionizing radiation dose a person can absorb from various sources. The unit for absorbed dose is "sievert" (Sv), and measures the effect a dose of radiation will have on the cells of the body. One sievert (all at once) will make you sick, and too many more will kill you, but we safely absorb small amounts of natural radiation daily. Note: The same number of sieverts absorbed in a shorter time will generally cause more damage, but your cumulative long-term dose plays a big role in things like cancer risk.



Using a cell phone (0 µSv)—a cell phone's transmitter does not produce ionizing radiation* and does not cause cancer.
* Unless it's a bananaphone.

■ = (0.05 µSv)



Sources:

- <http://www.nrc.gov/reading-rm/doc-collections/cfr/part020/>
- www.nema.ne.gov/technological/dose-limits.html
- http://www.deq.idaho.gov/ml_oversight/radiation/dose_calculator.cfm
- http://www.deq.idaho.gov/ml_oversight/radiation/radiation_guide.cfm
- <http://mitnse.com/>
- http://www.bnl.gov/bnlweb/PDF/03SER/Chapter_9.pdf
- http://dels-old.nas.edu/dels/rpt_briefs/rrf_final.pdf
- <http://people.reed.edu/~emcmanis/radiation.html>
- <http://en.wikipedia.org/wiki/Sievert>
- <http://blog.vornaskotti.com/2010/07/15/into-the-zone-chernobyl-prigat/>
- <http://www.nrc.gov/reading-rm/doc-collections/fzact-sheets/tritium-radiation-fz.html>
- http://www.mext.go.jp/component/a_menu/other/detail/_icsFiles/afile/2011/03/18/1303727_1716.pdf
- <http://radiology.rsna.org/content/248/1/254>

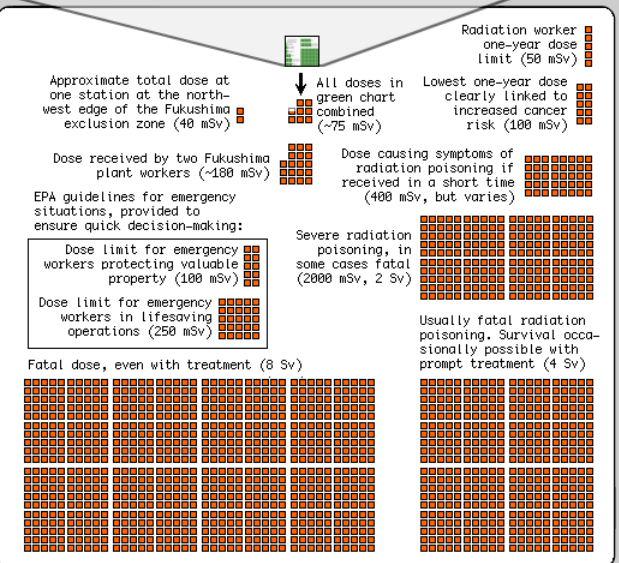
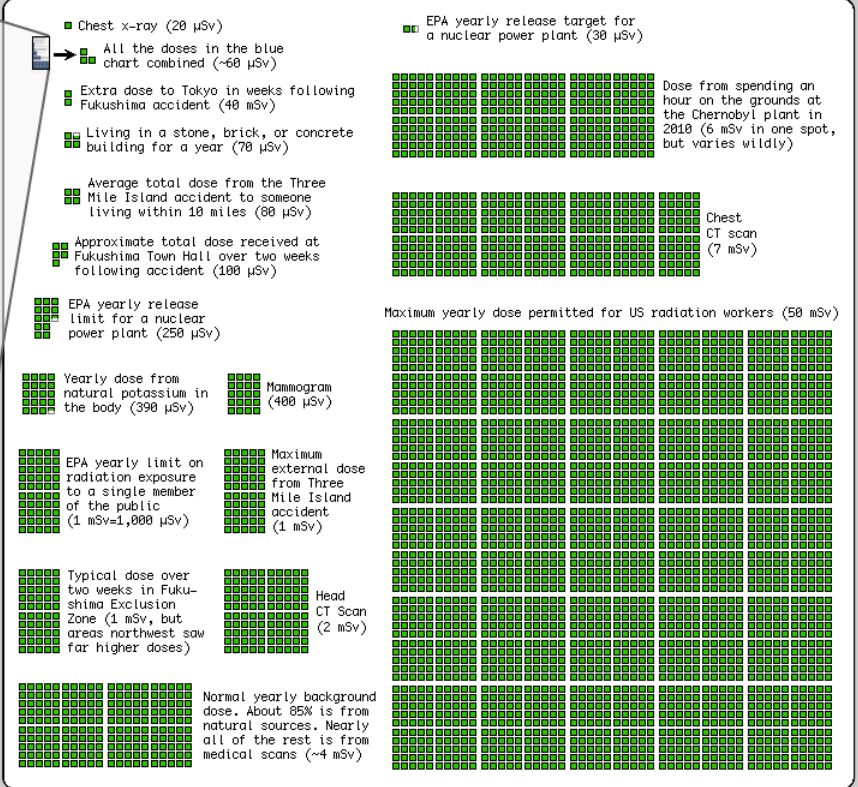


Chart by Randall Munroe, with help from Ellen, Senior Reactor Operator at the Reed Research Reactor, who suggested the idea and provided a lot of the sources. I'm sure I've added in lots of mistakes; it's for general education only. If you're basing radiation safety procedures on an internet PNG image and things go wrong, you have no one to blame but yourself.