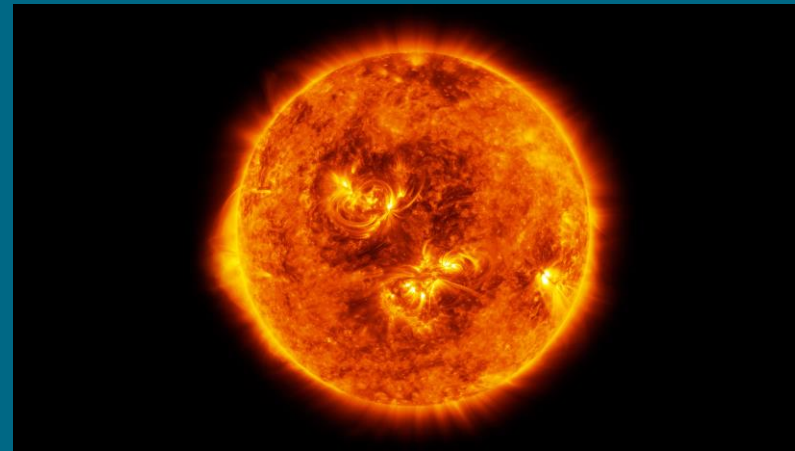
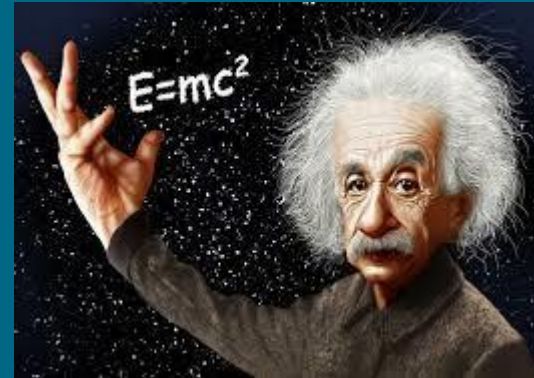


L'histoire du nucléaire

Régis BAUDRILLART
Président du Groupe Régional
Sfen Bourgogne-Franche-Comté

Lycée Léon Blum
Le Creusot

9 mars 2023



**La Fusion de l'hydrogène :
l'énergie du Soleil et des étoiles**



1895 – 1932

De la radioactivité à la physique nucléaire

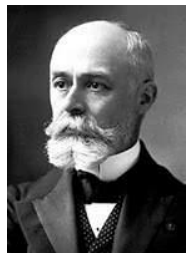
1895

Découverte des
« rayons X » par
Wilhelm Roentgen



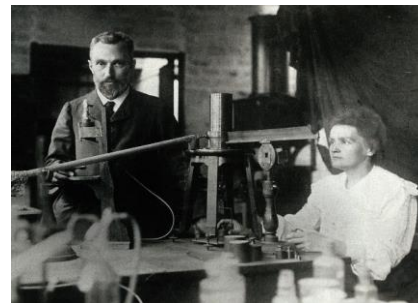
1896

Découverte de
« rayons
uraniques » par
Henri Becquerel



1898

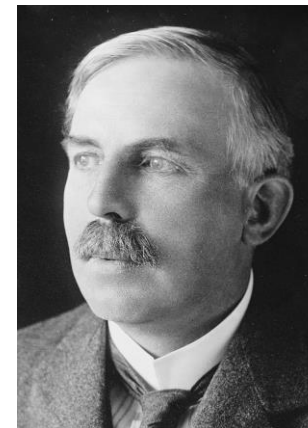
Découverte du
radium et du
polonium par
Pierre et Marie
Curie



**Naissance du mot
radioactivité**

1899

Découverte des
rayonnements
alpha et beta par
Ernest Rutherford

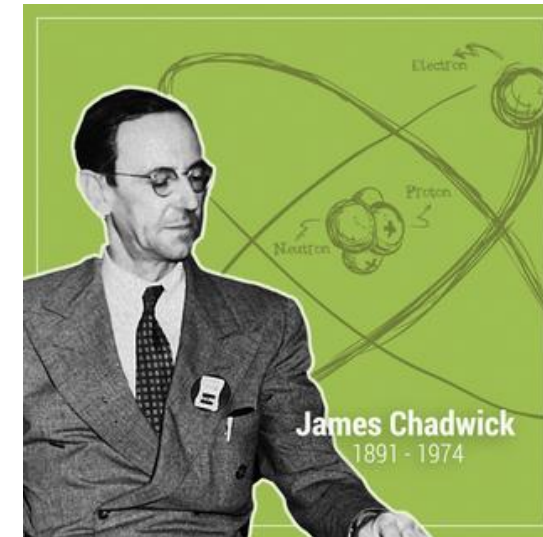


1900

Mise en
évidence de la
décroissance
radioactive par
Ernest
Rutherford

1932

Découverte du neutron
par James Chadwick



**Représentation
complète des
atomes**

1933 – 1939

De l'énergie nucléaire à ses applications

1933

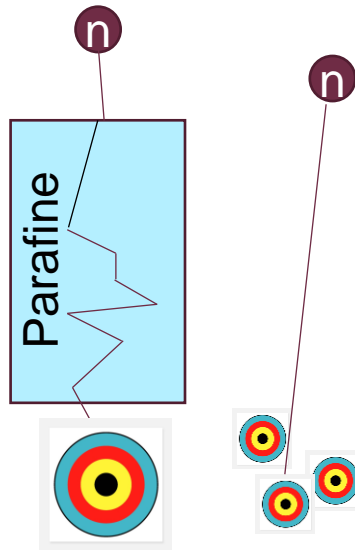
Découverte de la radioactivité artificielle par Irene et Frédéric Joliot-Curie



Ouvre la voie aux applications médicales

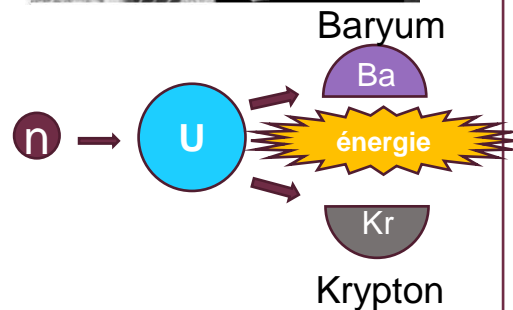
1934

Enrico Fermi met en évidence l'effet de ralentissement des neutrons



1938

Lise Meitner et Otto Frisch trouvent l'explication de l'énergie nucléaire : le phénomène de fission



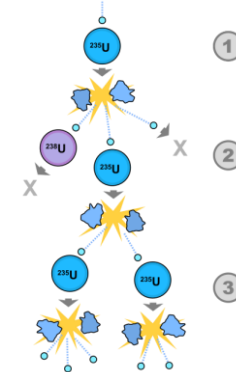
1939

Niels Bohr explique pourquoi **seul l'isotope 235 de l'uranium est fissile** (l'uranium naturel ne contient que 0,7% d'uranium 235)



1939

Frédéric Joliot, Francis Perrin, Lew Kowalski et Hans Halban démontrent que 3,5 neutrons accompagnent la fission de l'uranium, permettant **une réaction en chaîne.**

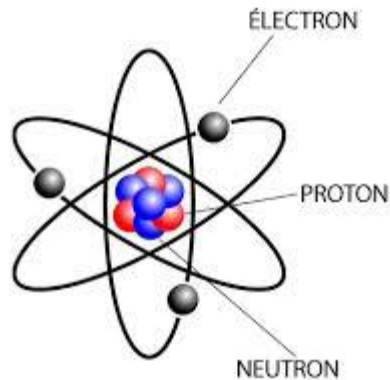


Dépôt de 3 brevets couvrant la réalisation :

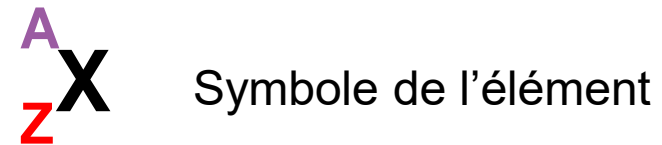
- de réacteurs nucléaires électrogènes
- d'armes nucléaires

Le principe de la fission nucléaire

La constitution des atomes

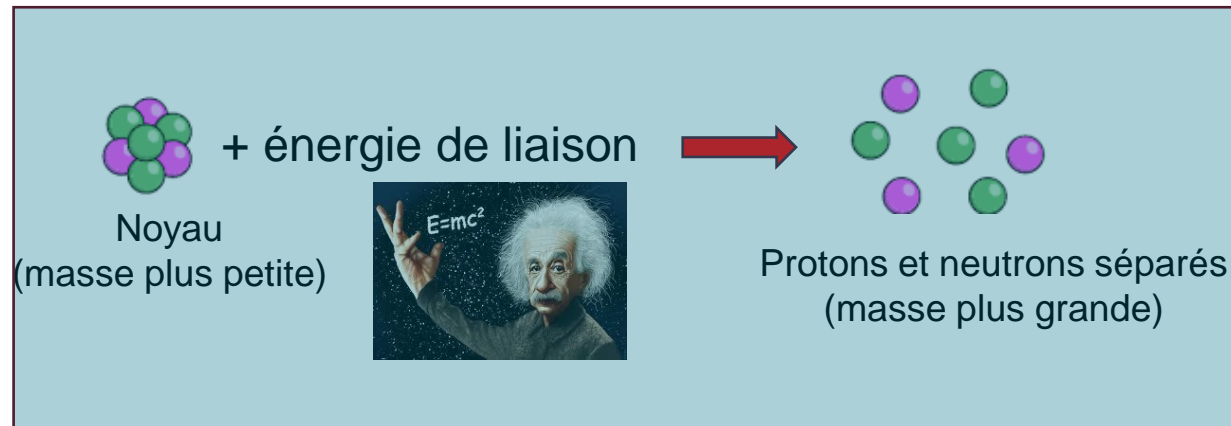


Nombre de masse : nombre de protons + nombre de neutrons



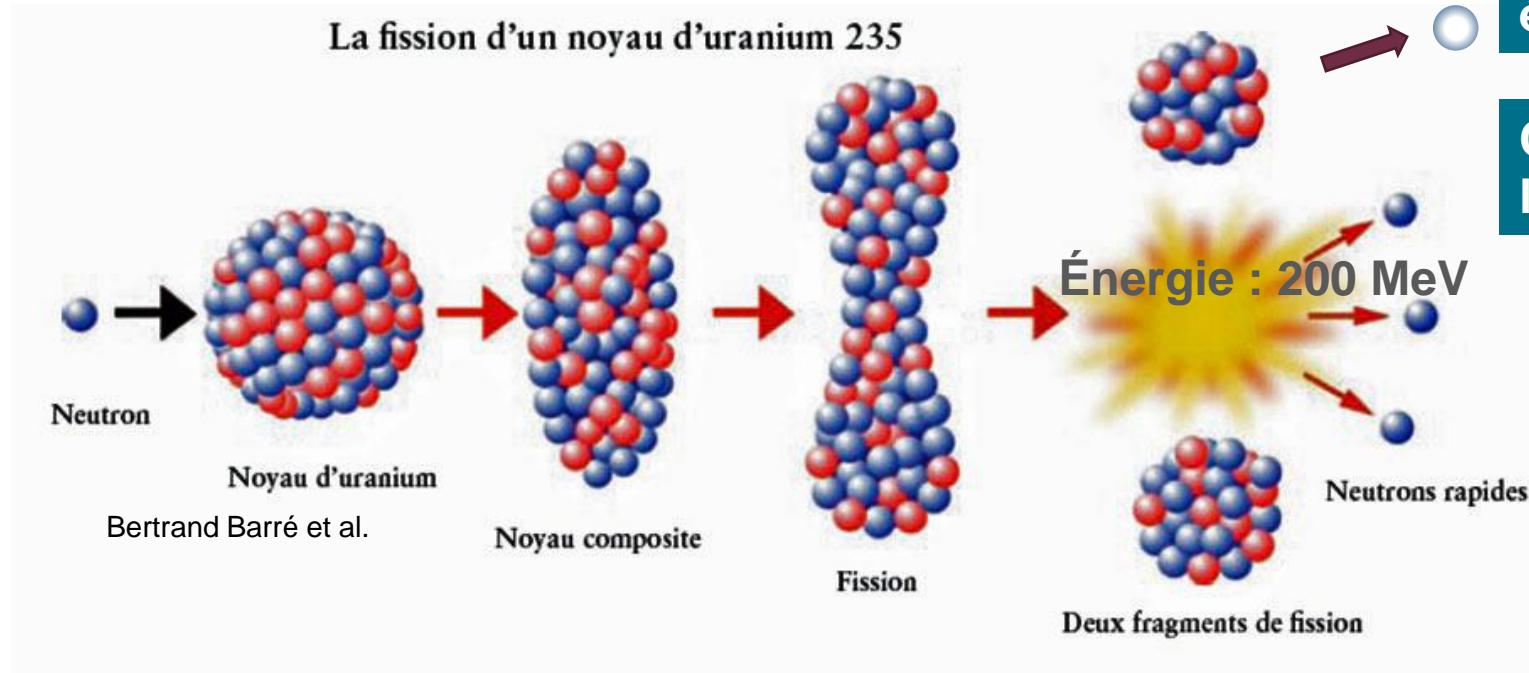
Numéro atomique : Nombre d'électrons = Nombre de protons

Un élément se caractérise chimiquement par son numéro atomique
Les isotopes ont des numéros atomiques identiques et des nombres de masse différents



Le principe de la fission nucléaire

L'énergie de fission



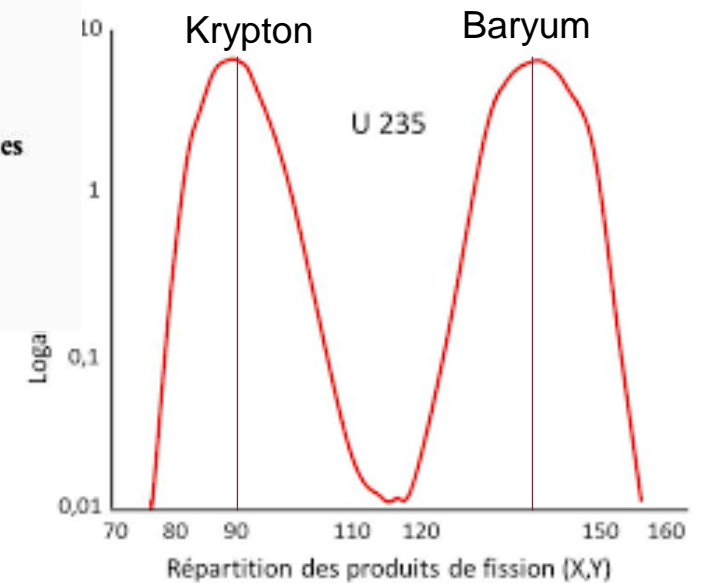
Certains fragments de fission émettent des neutrons retardés

Certains neutrons transforment l'uranium en plutonium

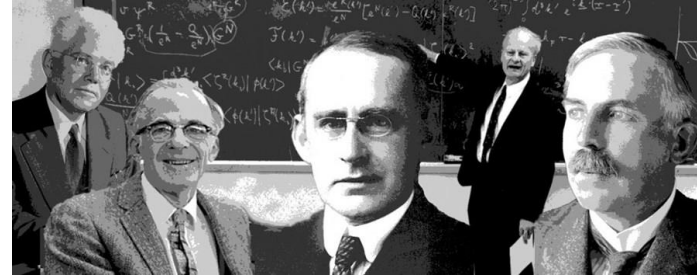
énergie produite par la fission d'un gramme d'uranium 235

$$200 \cdot 10^6 \times 1,6 \cdot 10^{-9} \times 6,023 \cdot 10^{23} \div 235 = 8,2 \cdot 10^{10} J$$

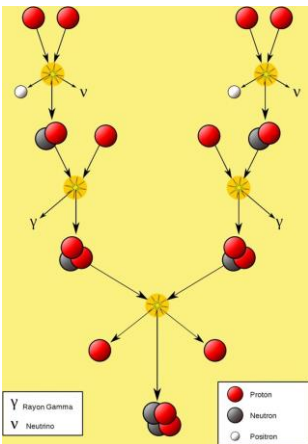
Soit l'équivalent de 1,95 Tep



Et la fusion nucléaire ?



- 1920
- Arthur Eddington suggère qu'une réaction de fusion est à l'origine du « feu des étoiles »
- 1934
- Ernest Rutherford réalise la première fusion d'atomes d'hydrogène et observe un fort dégagement d'énergie
- 1939
- Hans Bethe propose le modèle de fusion à 4 atomes d'hydrogène (fusion proton-proton)
- Des barrières technologiques et physiques restent à franchir pour une utilisation industrielle



1939 – 1945

Les années de guerre – Le programme Manhattan

1939

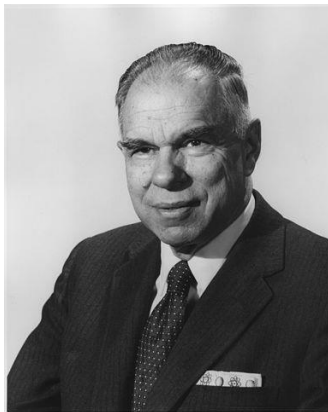
Otto Frisch et Rudolf Peierls détermine la masse critique de l'uranium



Mise en place de la commission MAUD en Grande-Bretagne

1941

Glen Seaborg découvre le plutonium



15 décembre 1941

Attaque de Pearl Harbour par les Japonais



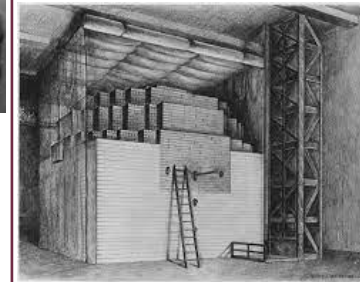
1942

Accélération du programme Manhattan
Le Président Roosevelt confie au général Leslie Groves et Robert Oppenheimer la direction du programme



1942

Divergence de la première pile CP-1, conçue par Enrico Fermi, sous les tribunes du stade de Chicago

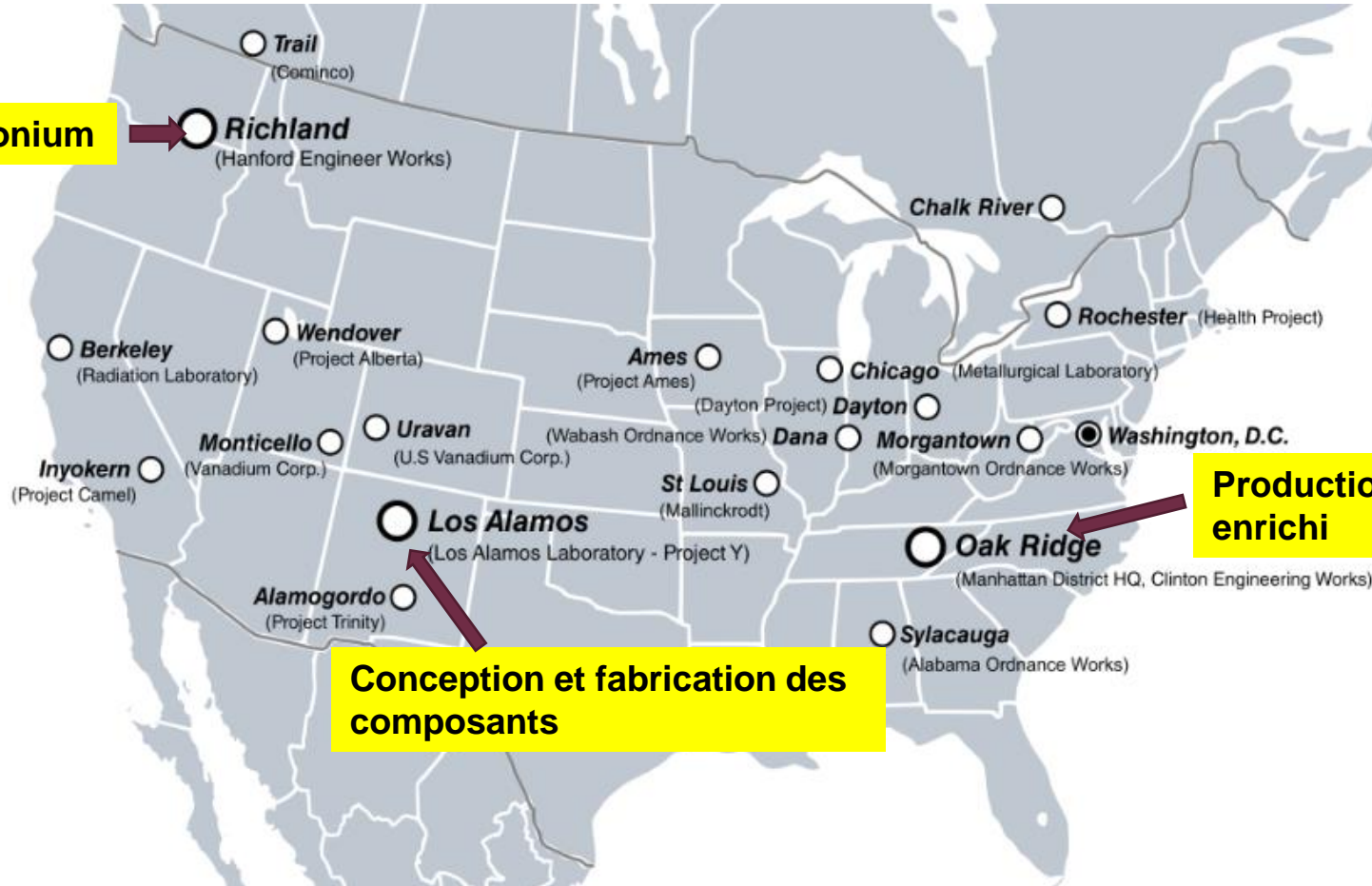


1945

Test de la 1^{ère} bombe au plutonium
Largage des bombes Little Boy et Fat Man sur Hiroshima et Nagasaki

Les principaux sites du projet Manhattan

Production de plutonium



Production d'uranium hautement enrichi

Conception et fabrication des composants

1945 – 1960

Les débuts du programme nucléaire français

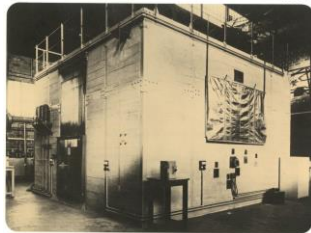
1945

Création du Commissariat à l'énergie atomique (CEA)



1948

Divergence de la première pile française ZOE le 15 décembre au Fort de Chatillon



1952 - 1959

Mise en service des installations du site de Marcoule

Premières productions d'électricité

G1 : 1956 (2 MWe)

G2 : 1958 (40 MWe)

G3 : 1959 (40 MWe)

Premières extraction de plutonium

UP1 : 1960

Prototypes des réacteurs UNGG



1954

Pierre Mendès-France demande de lancer des études pour la fabrication d'une bombe et d'un sous-marin nucléaires



1958

Félix Gaillard demande de préparer une série d'explosions nucléaires. **Le Général de Gaulle** fixe au 1^{er} trimestre 1960 le premier essai.



1960
Essai Gerboise Bleue

1960 – 1972

La mise en service de la 1^{ère} génération de réacteurs électrogènes

Réacteurs Uranium Naturel Graphite Gaz (UNGG)



Chinon

EDF1	EDF2	EDF3
1963-1973	1965-1985	1966-1990
70 MWe	180 MWe	360 MWe



Saint-Laurent-des-Eaux

EDF4	EDF5
1969-1990	1971-1992
390 MWe	465 MWe



Bugey

Bugey 1
1972-1994
540 MWe

Réacteur à eau pressurisée (REP)



Licence Westinghouse cédée à la Franco-américaine de Constructions Atomiques (Framatome) en 1959

Chooz

Chooz A
1967-1991
540 MWe

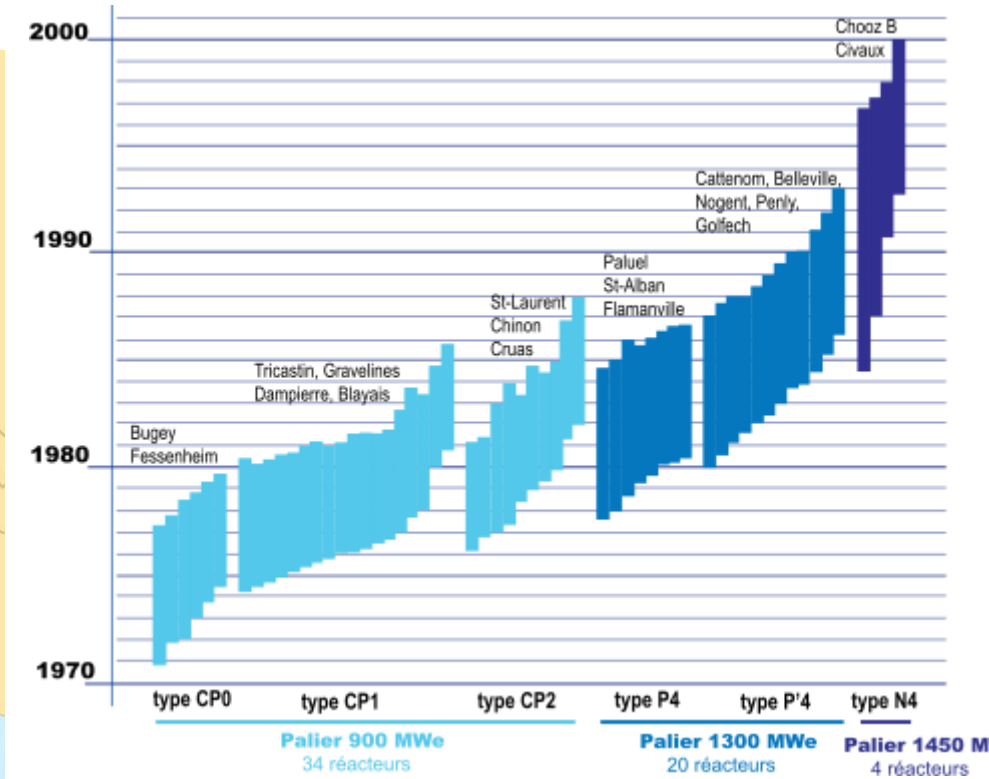
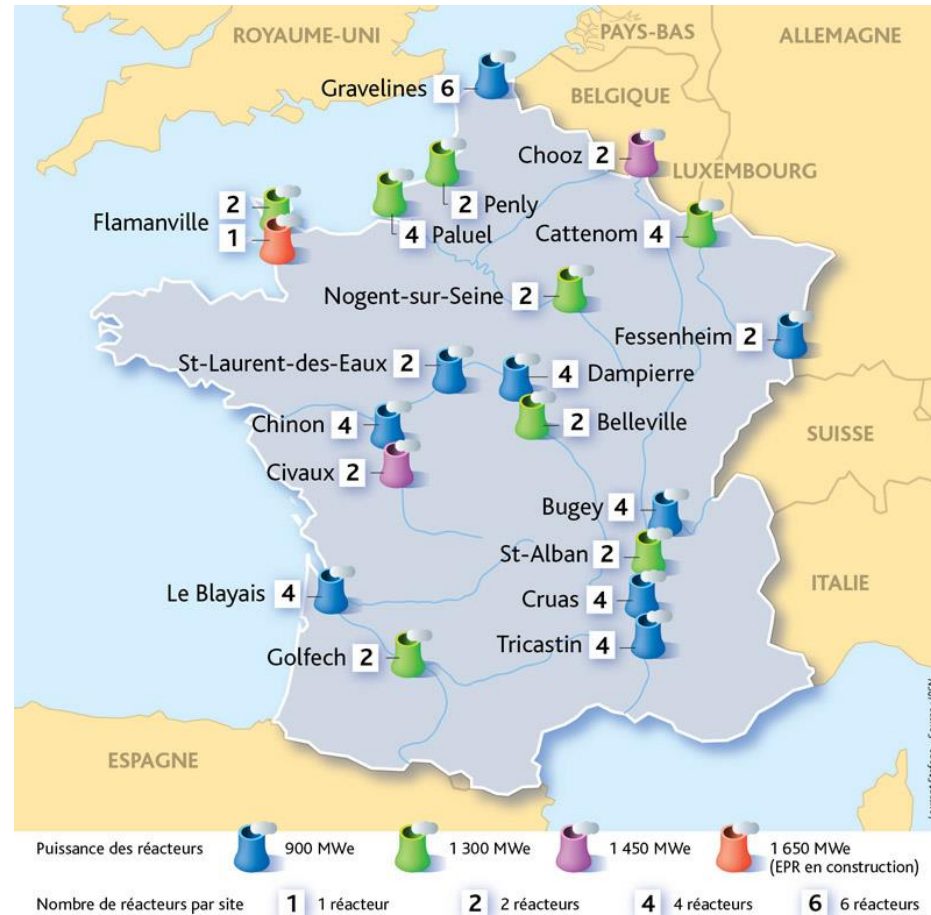
1973 – Aujourd’hui

Le déploiement du parc nucléaire actuel (la 2^{ème} génération)

1973 – Le 1^{er} choc pétrolier

1974 – Présentation du Plan Messmer
(pas de pétrole, pas de charbon, pas de gaz, pas le choix !)

2020 – Arrêt des 2 réacteurs de Fessenheim

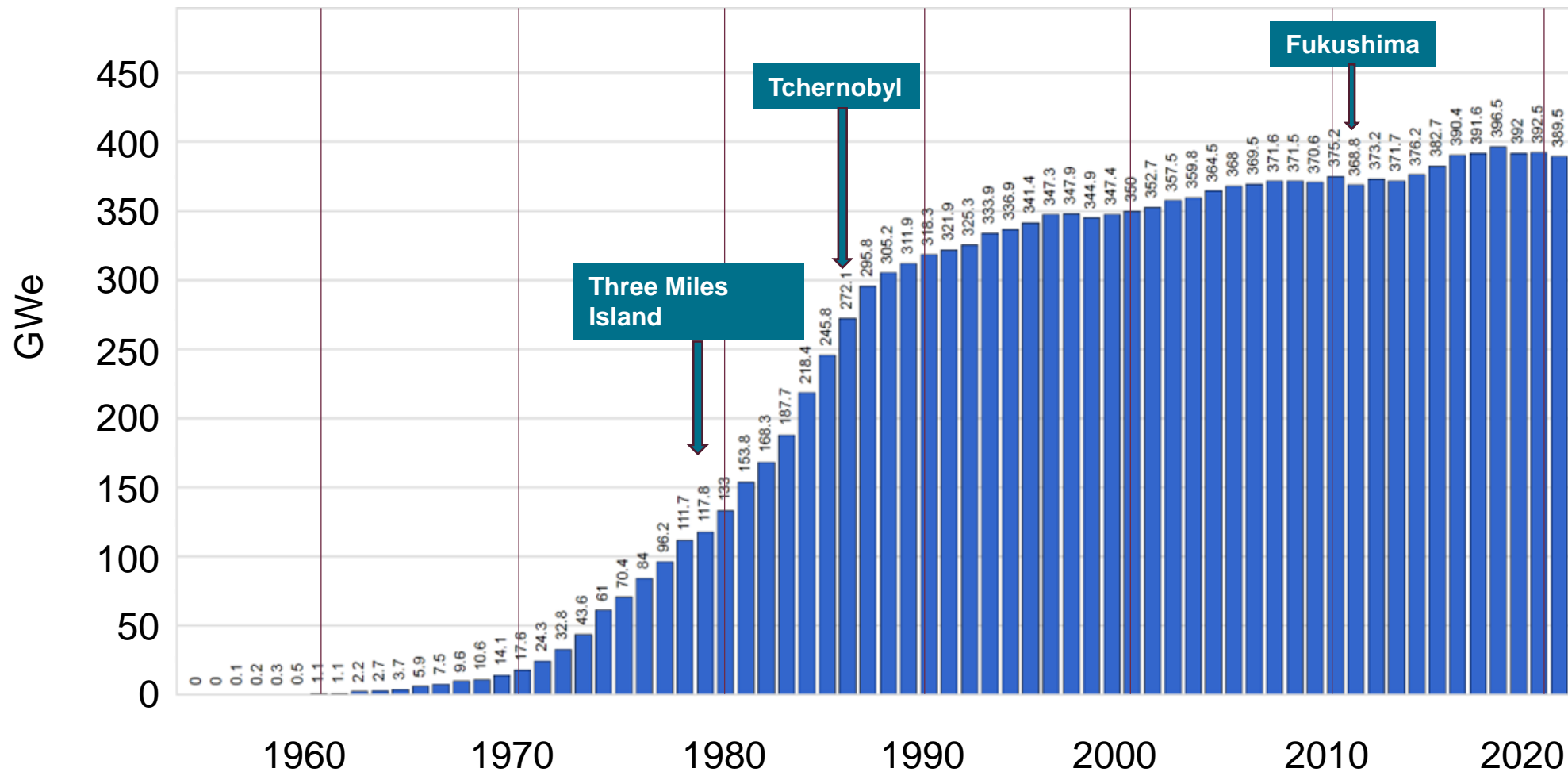


Visites décennales

« Se rapprocher le plus possible du niveau de sûreté des réacteurs de 3^{ème} génération. »

B. DROZCZUK Président de l'ASN

Évolution de la puissance électronucléaire mondiale



Les réacteurs de 3^{ème} génération

L'EPR en France et à l'étranger

Caractéristiques des réacteurs de 3^{ème} génération

- Sûreté renforcée
- Performances économiques améliorées
- Durée d'exploitation supérieure à 60 ans

EPR 1600 MWe

- 1989 : Début d'un projet Franco-Allemand
- 1998 : Sortie de l'Allemagne du projet
- 1999 : Refus du gouvernement français de poursuivre le projet
- 2004 : Après l'accord Finlandais sur Ol3, le gouvernement français choisi le site de Flamanville
- 2012 : Abandon du projet sur Penly



Flamanville 3

- 2004 : Choix du site
- 2007 : début de construction
- 2020: Début livraison du combustible



Olkiluoto 3

- 2004 : Début de construction
- 2022 : 1^{ère} connexion au réseau



Hinckley Point C

- 2016 : Accord du gouvernement britannique pour la construction de 2 EPR
- 2017 : Début du chantier



Taishan 1 et 2

- 2007 : Signature du contrat entre CGNPC et AREVA
- 2008 : Début du chantier
- 2018- 2019 : mise en service des 2 EPR


1954 – aujourd'hui

Le cycle du combustible nucléaire

La Hague
 UP2 400 : 1964-1998
 UP2 800 : 1984
 UP3 : 1986




Pierrelatte
 Usines militaires (UDG)
 1960-1996



Tricastin
 EURODIF
 (Georges Besse 1) : 1977-2012
 Georges Besse 2 : 2004



Anney
 SICN : 1954-1990



Romans
 FBFC : 1977
 Cerca : 1959



Cadarache
 ATPu : 1961-2003



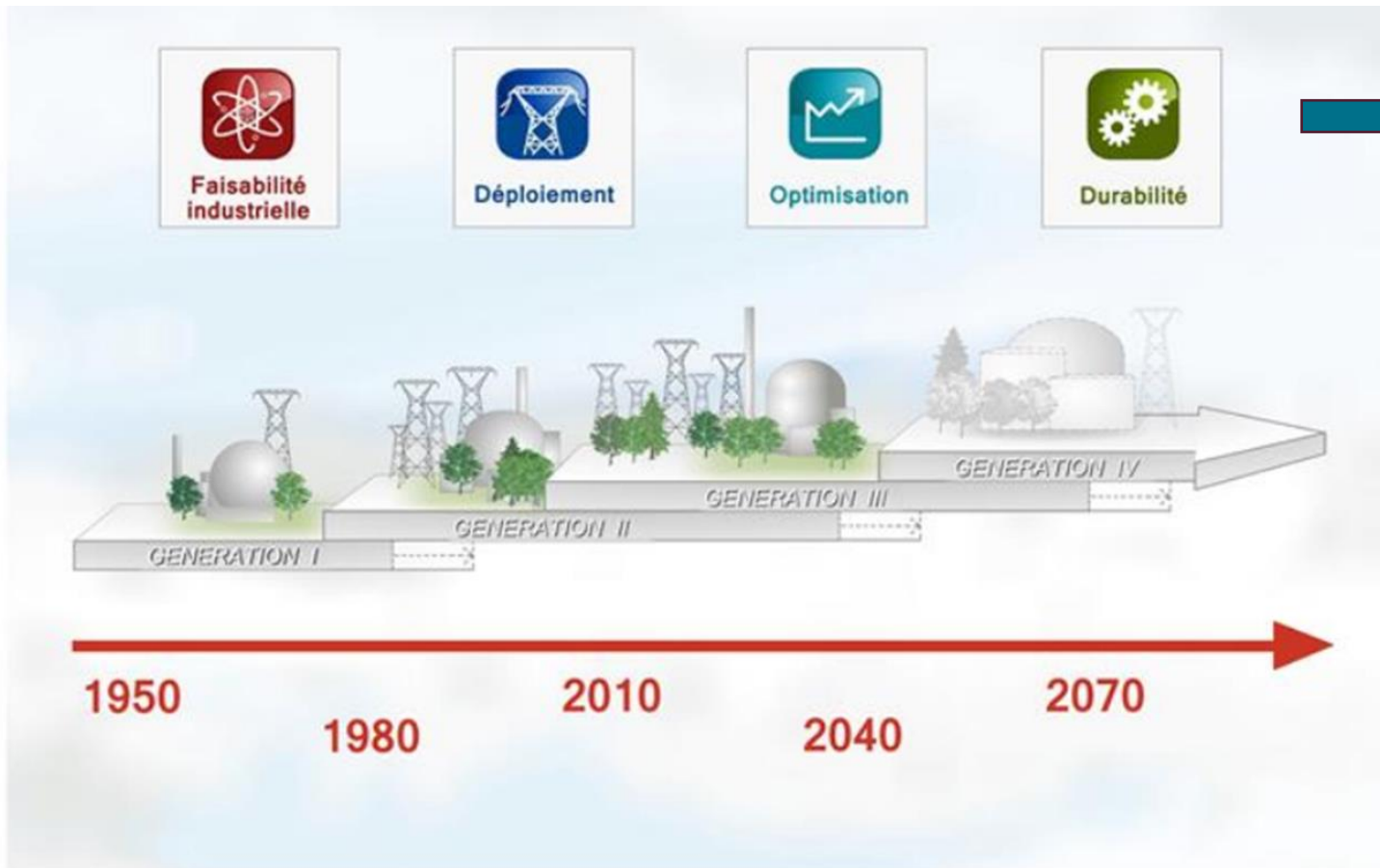
Marcoule
 MELOX : 1995



Marcoule
 UP1 : 1958-1997




Les générations de réacteurs nucléaires



Optimisation de la ressource uranium
Multi-recyclage du plutonium
Transmutation des déchets radioactifs

Intérêt des réacteurs à neutrons rapides

Ressource mondiale en uranium
Réacteurs à eau : 60 Gtep
Réacteurs à neutrons rapides : 7000 Gtep

Les stocks d'uranium (appauvri) présents en France peuvent assurer plusieurs siècles de fonctionnement d'un parc de RNR de même capacité que le parc actuel



N'hésitez pas à visiter nos sites

<https://www.sfen.org>

<https://www.sfenbourgogne.fr>

Merci !