

La Fission Liquide



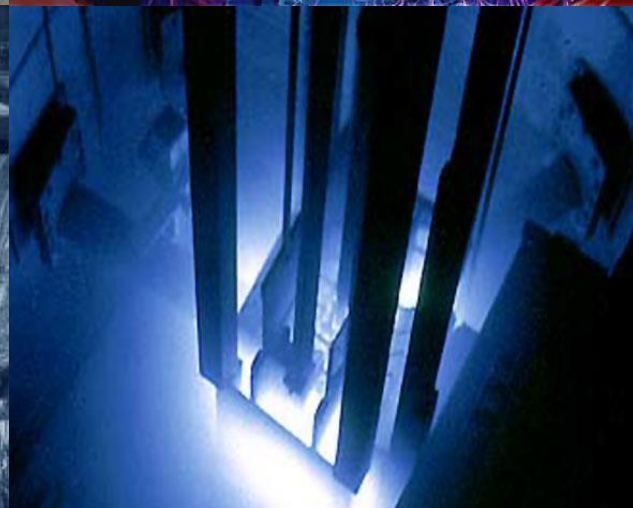
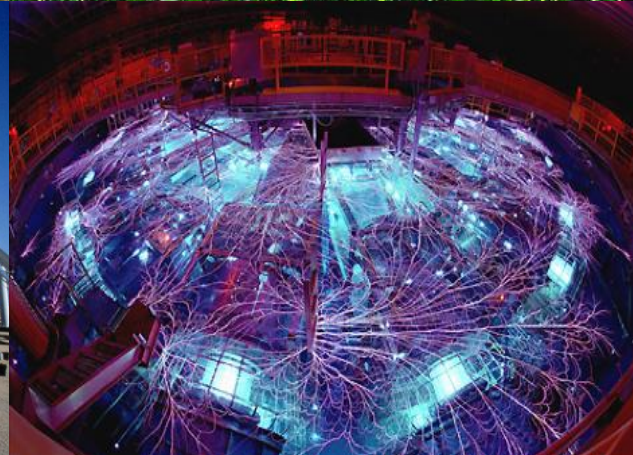
Présentation au groupe des bénévoles, The Shift Project



John Laurie

<http://energieduthorium.fr>

Mardi 20 mai 2014



FIABLE
BON MARCHÉ
SÛRE
DURABLE
PROPRE



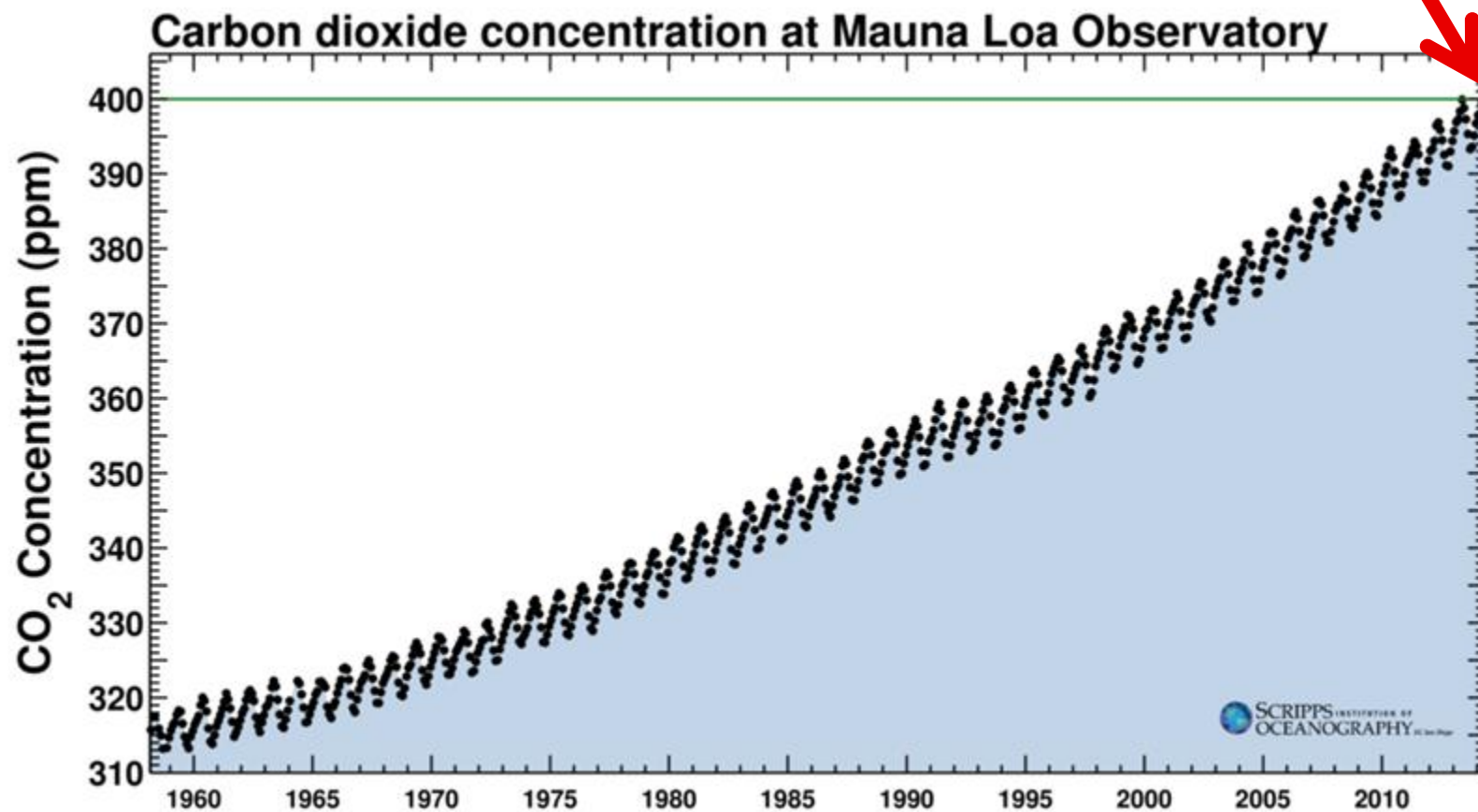
FIABLE 😊

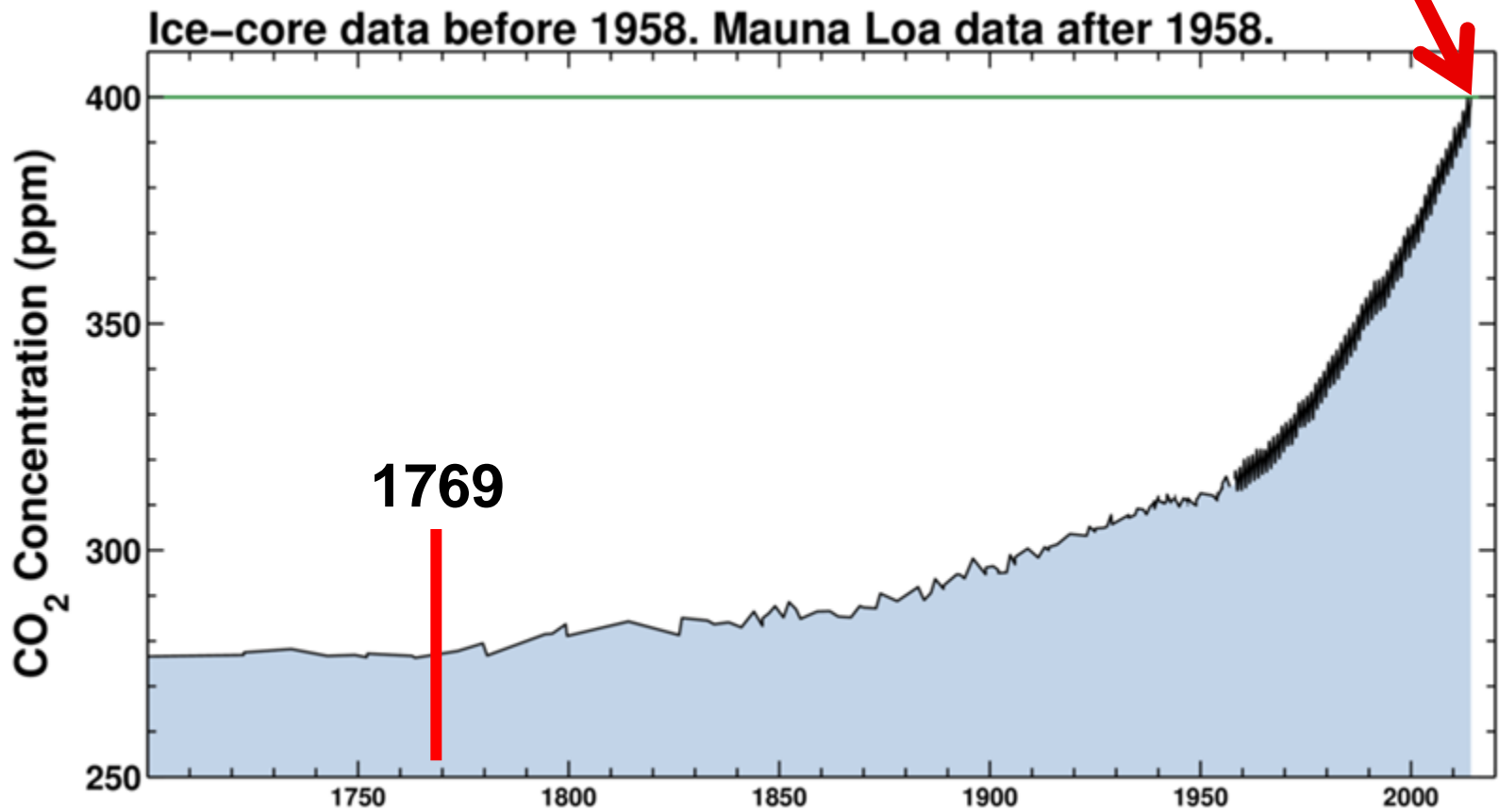
BON MARCHÉ 😊

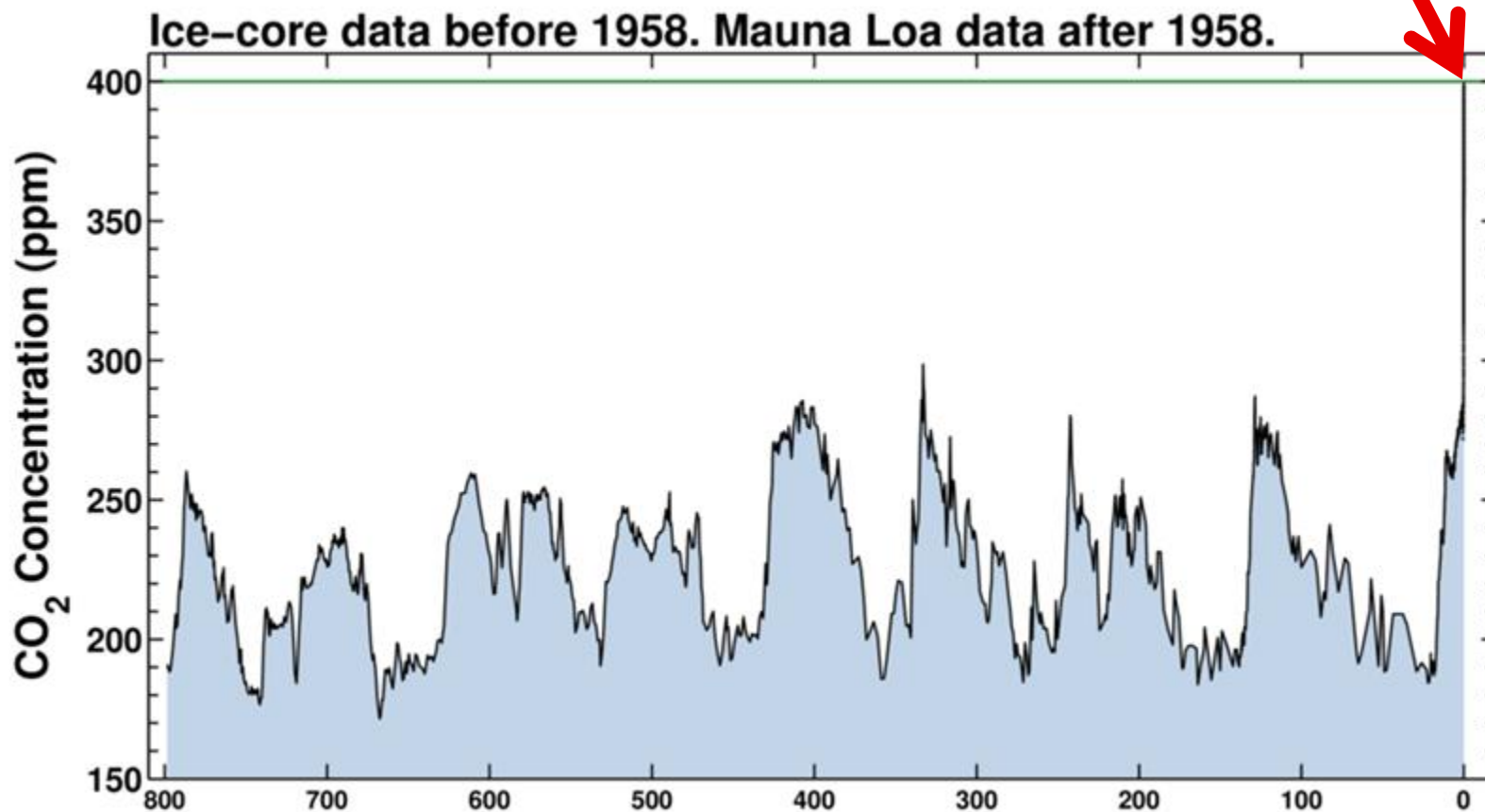
SÛRE 😞

DURABLE 😞

PROPRE 😞



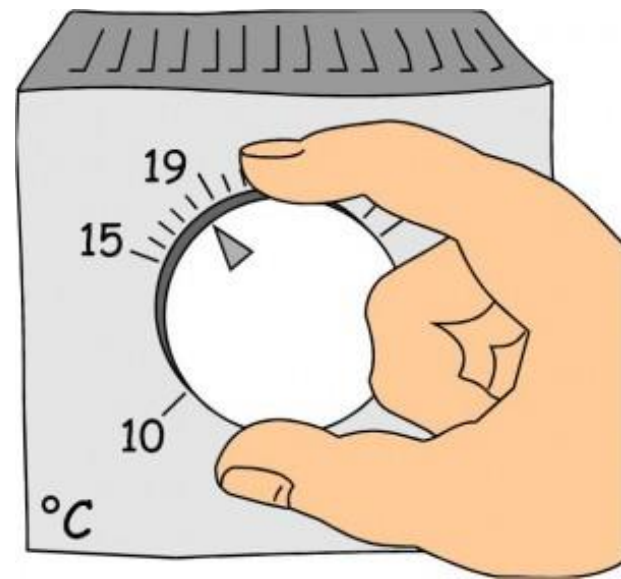






NÉGA-WATTS

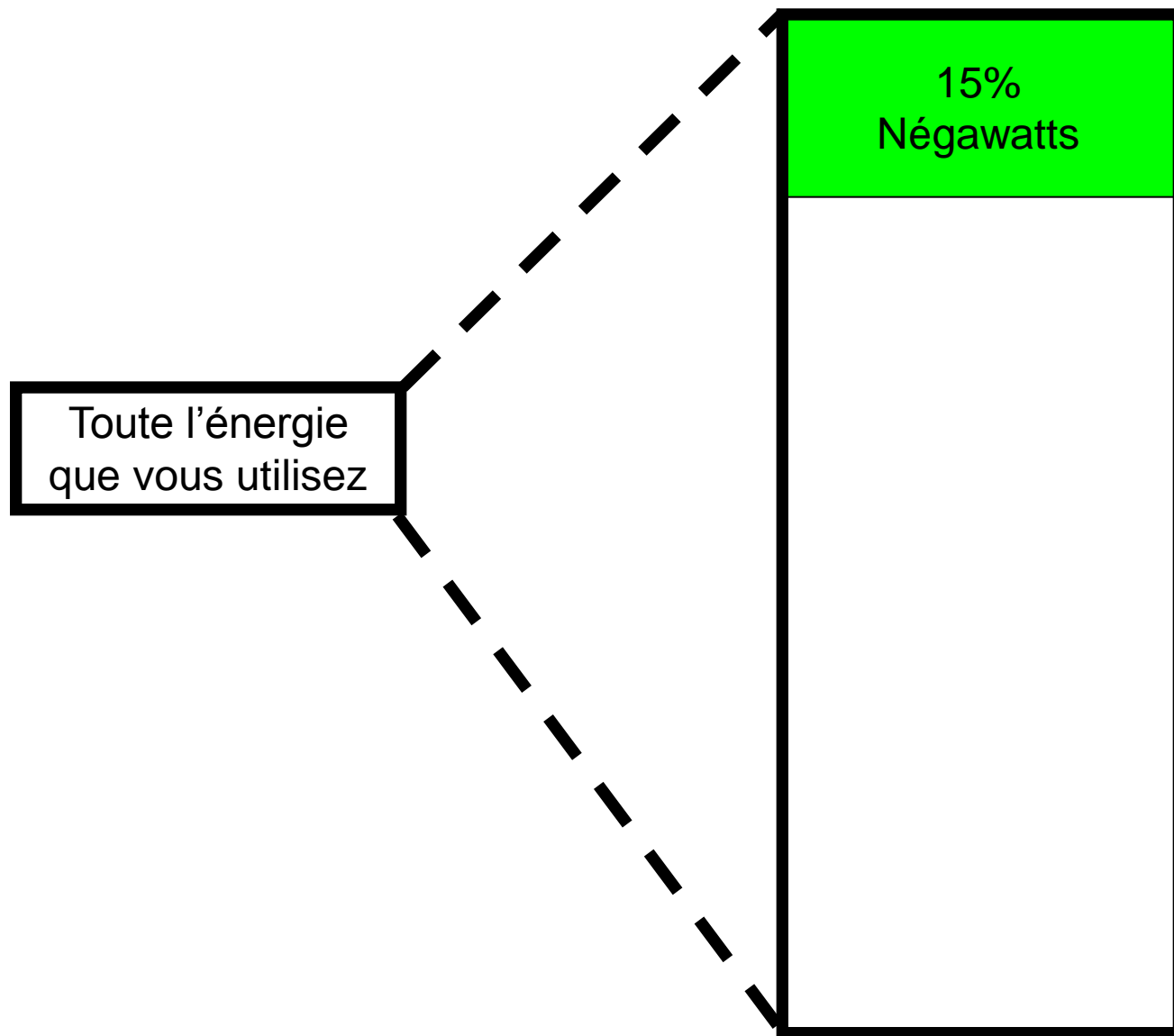






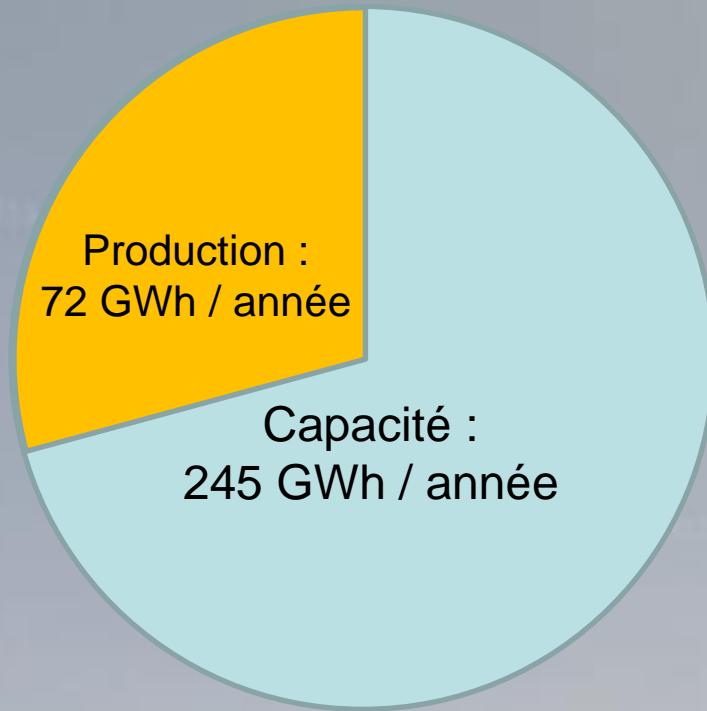




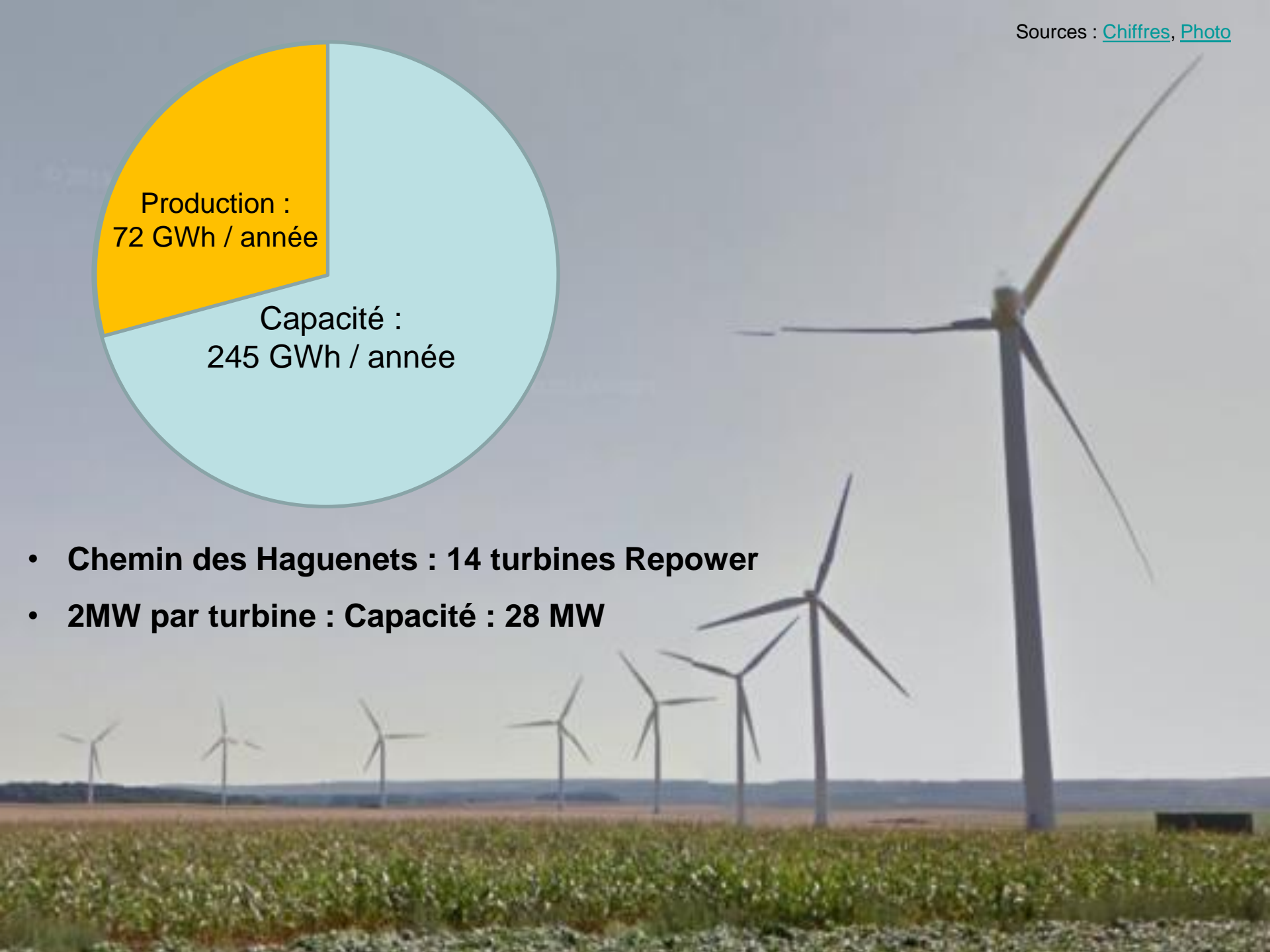




FIABLE 🙄
BON MARCHÉ 🙄
SÛRE 😊
DURABLE 😊
PROPRE 😊



- **Chemin des Haguenets : 14 turbines Repower**
- **2MW par turbine : Capacité : 28 MW**

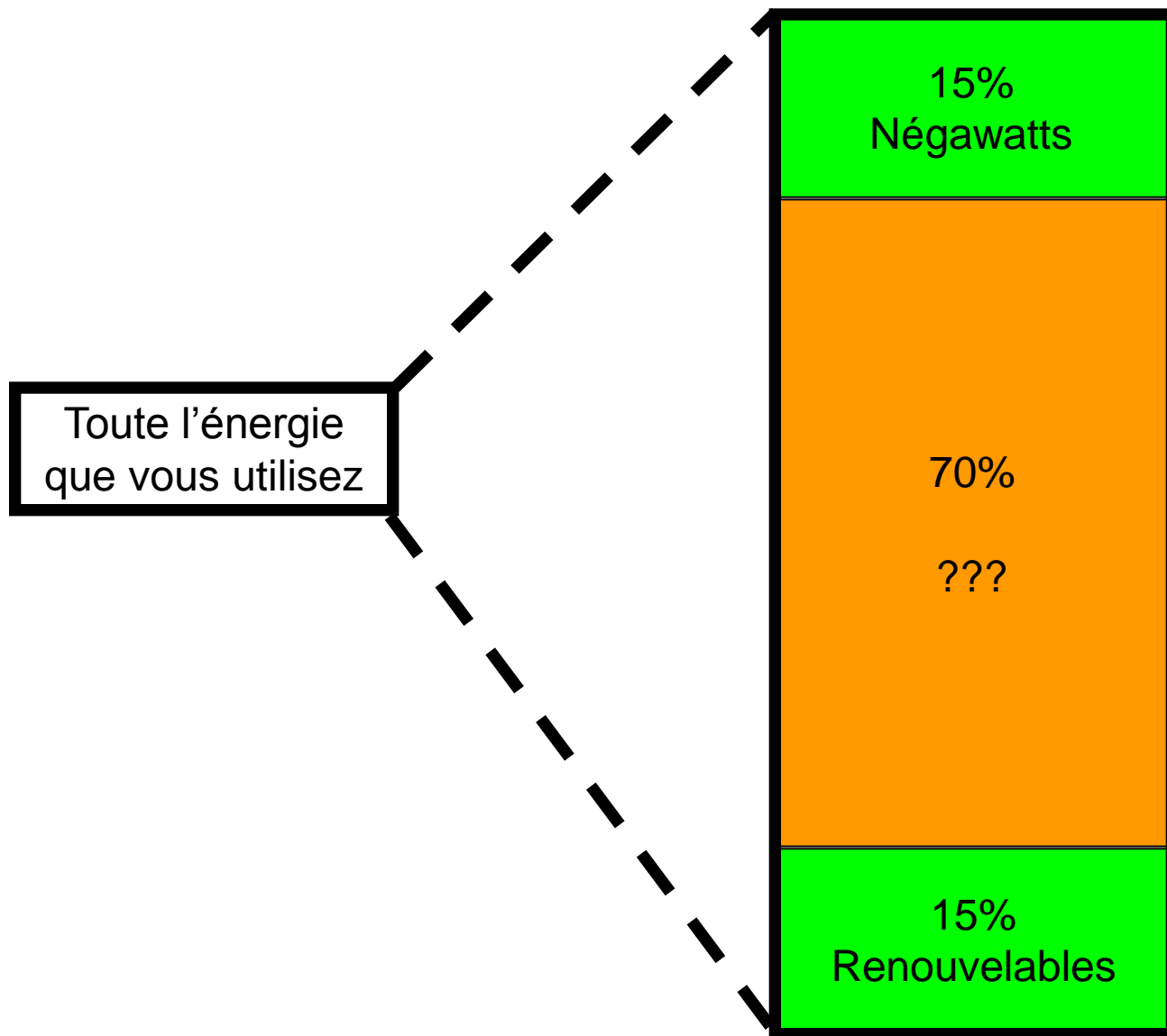


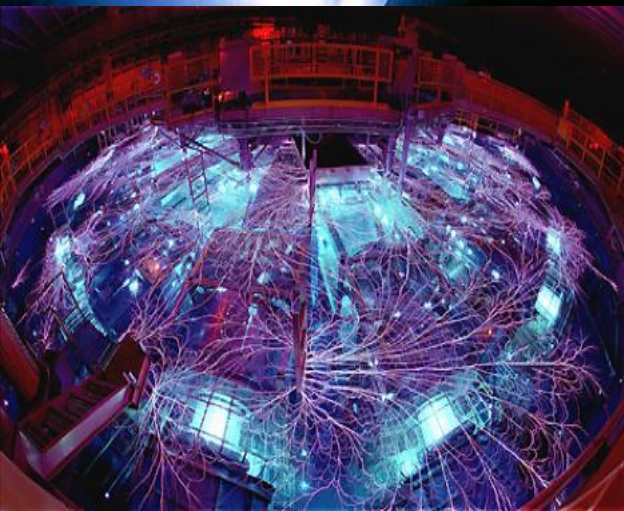
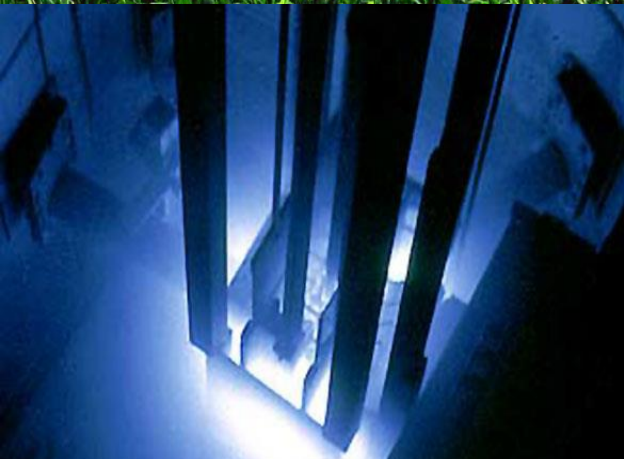
INTERMITTENTE

DIFFUSE

CHÈRE

Le sandwich de l'énergie



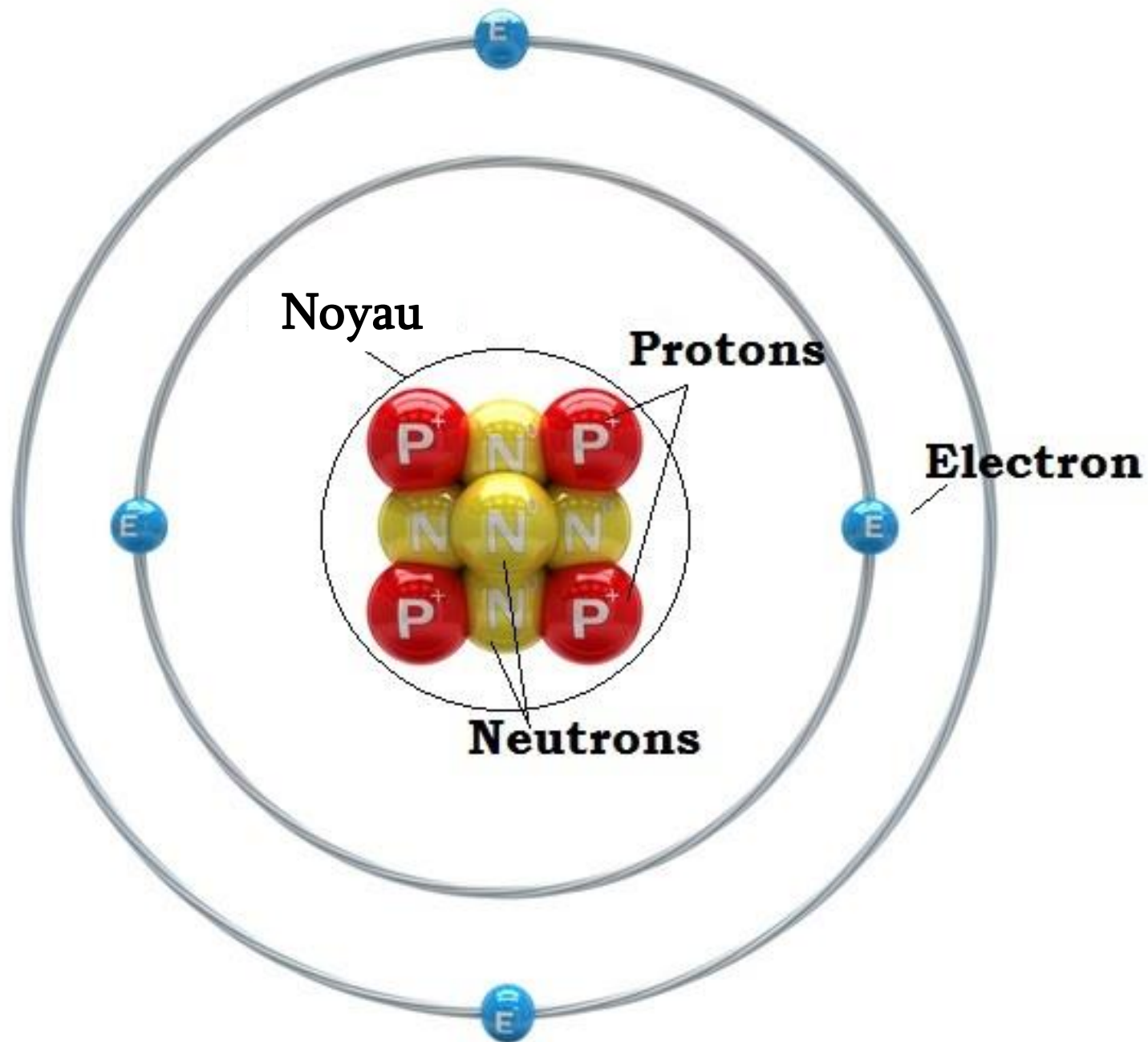


Ceci n'est
pas une
bombe



Ceci n'est
pas une
centrale

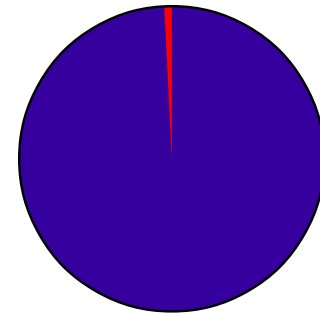




4 protons : Beryllium

Group → ↓ Period	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	
1	1 H																	2 He	
2	3 Li	4 Be											5 B	6 C	7 N	8 O	9 F	10 Ne	
3	11 Na	12 Mg											13 Al	14 Si	15 P	16 S	17 Cl	18 Ar	
4	19 K	20 Ca	21 Sc	22 Ti	23 V	24 Cr	25 Mn	26 Fe	27 Co	28 Ni	29 Cu	30 Zn	31 Ga	32 Ge	33 As	34 Se	35 Br	36 Kr	
5	37 Rb	38 Sr	39 Y	40 Zr	41 Nb	42 Mo	43 Tc	44 Ru	45 Rh	46 Pd	47 Ag	48 Cd	49 In	50 Sn	51 Sb	52 Te	53 I	54 Xe	
6	55 Cs	56 Ba		72 Hf	73 Ta	74 W	75 Re	76 Os	77 Ir	78 Pt	79 Au	80 Hg	81 Tl	82 Pb	83 Bi	84 Po	85 At	86 Rn	
7	87 Fr	88 Ra		104 Rf	105 Db	106 Sg	107 Bh	108 Hs	109 Mt	110 Ds	111 Rg	112 Cn	113 Nh	114 Fl	115 Mc	116 Lv	117 Ts	118 Og	
Lanthanides				57 La	58 Ce	59 Pr	60 Nd	61 Pm	62 Sm										89 Ac
Actinides				89 Ac	90 Th	91 Pa	92 U	93 Np	94 Pu	95 Am	96 Cm	97 Bk	98 Cf	99 Es	100 Fm	101 Md	102 No	103 Lr	

Uranium naturel
99.3% uranium-238

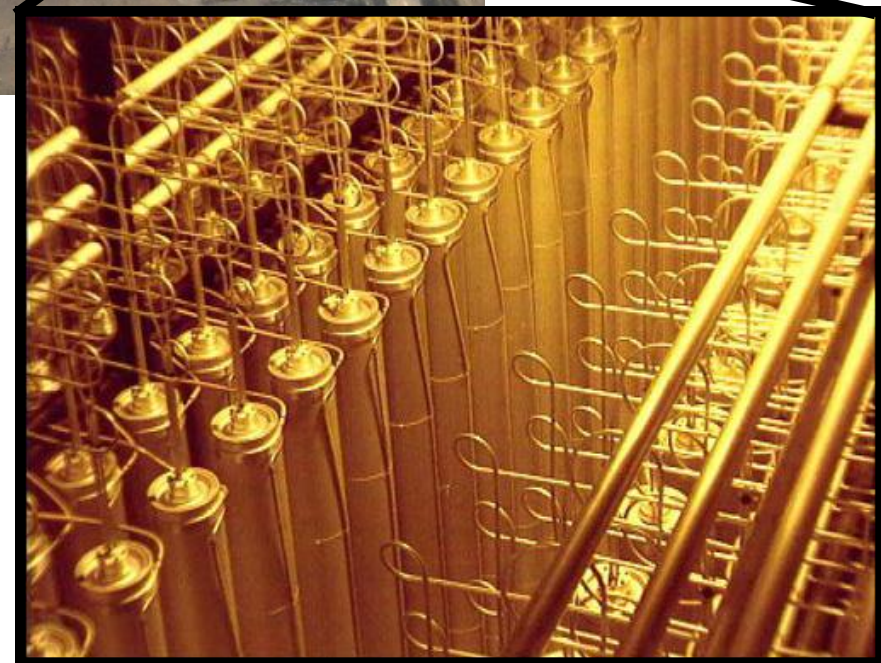


Uranium naturel
99.3% uranium-238
0.7% uranium-235

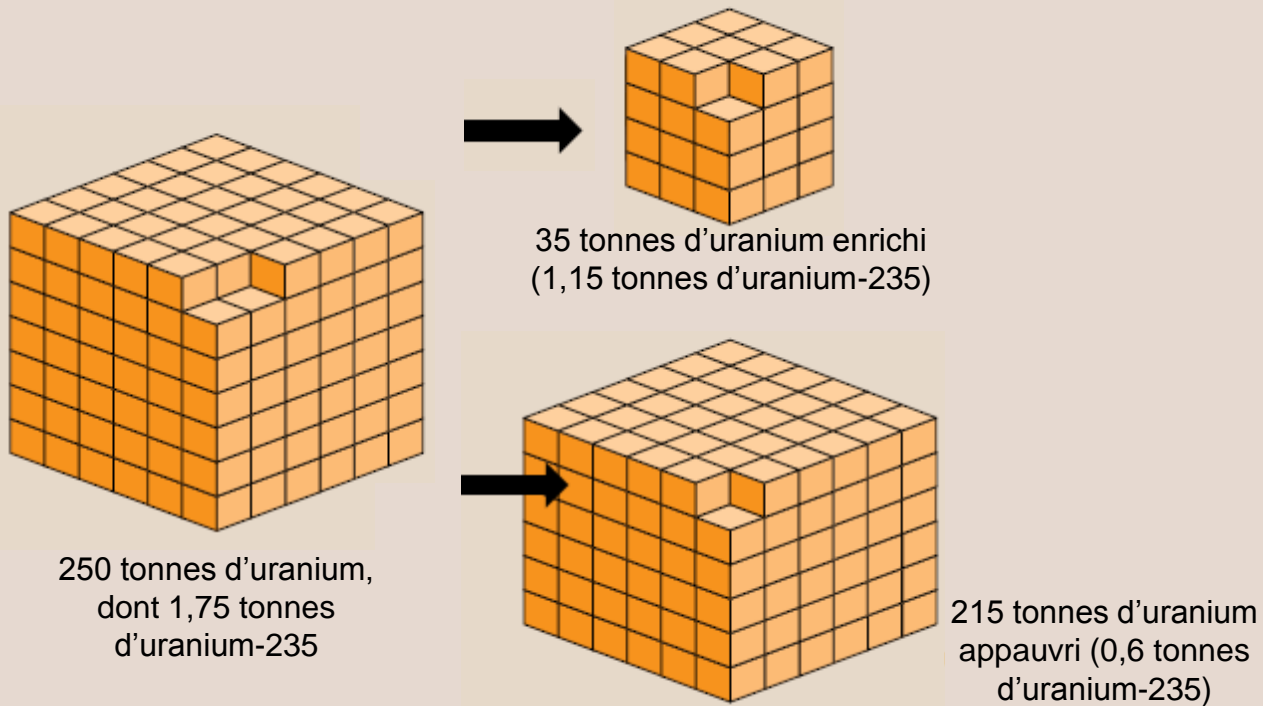




Usine
d'enrichissement



Pour produire 1 GigaWatt-Année d'électricité :

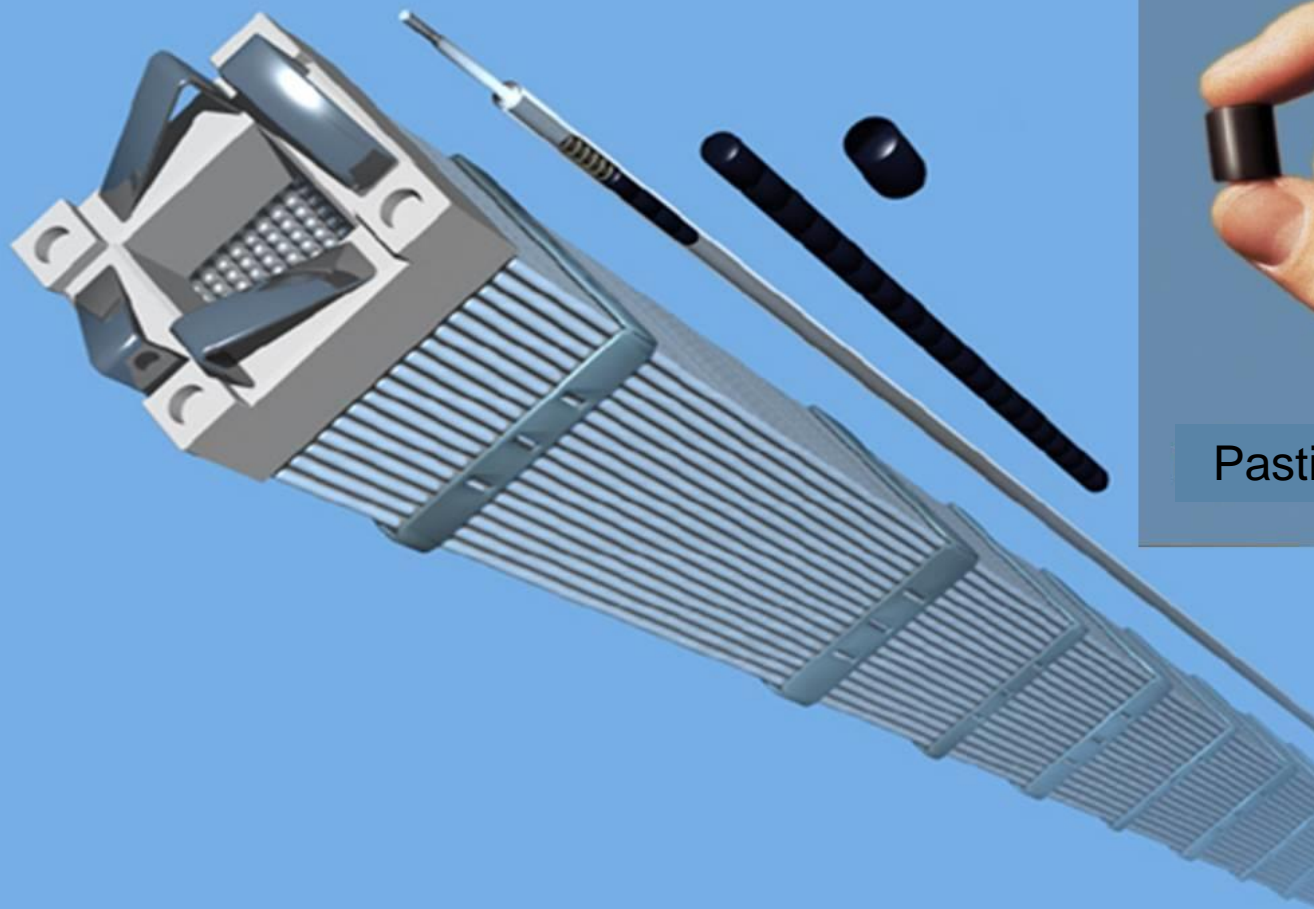






Zirconium

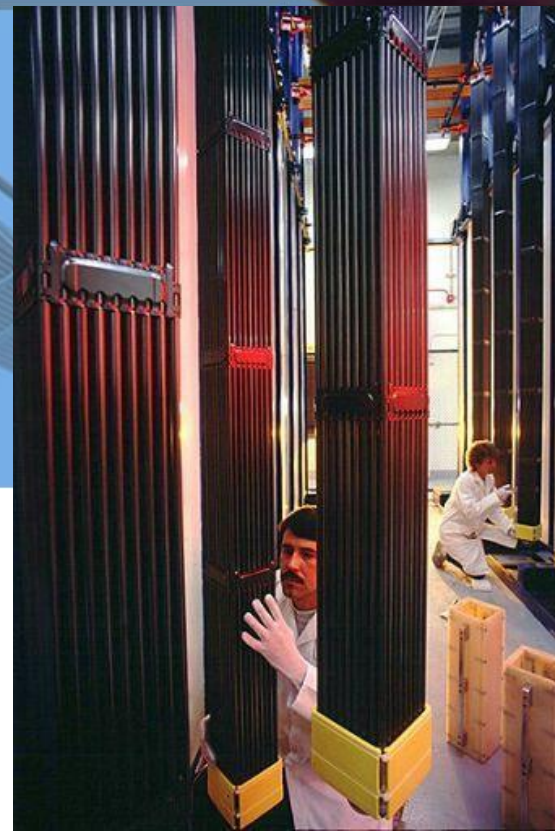
Group → ↓ Period	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
1	1 H																	2 He
2	3 Li	4 Be											5 B	6 C	7 N	8 O	9 F	10 Ne
3	11 Na	12 Mg											13 Al	14 Si	15 P	16 S	17 Cl	18 Ar
4	19 K	20 Ca	21 Sc	22 Ti	23 V	24 Cr	25 Mn	26 Fe	27 Co	28 Ni	29 Cu	30 Zn	31 Ga	32 Ge	33 As	34 Se	35 Br	36 Kr
5	37 Rb	38 Sr	39 Y	40 Zr	41 Nb	42 Mo	43 Tc	44 Ru	45 Rh	46 Pd	47 Ag	48 Cd	49 In	50 Sn	51 Sb	52 Te	53 I	54 Xe
6	55 Cs	56 Ba		72 Hf	73 Ta	74 W	75 Re	76 Os	77 Ir	78 Pt	79 Au	80 Hg	81 Tl	82 Pb	83 Bi	84 Po	85 At	86 Rn
7	87 Fr	88 Ra		104 Rf	105 Db	106 Sg	107 Bh	108 Hs	109 Mt	110 Ds	111 Rg	112 Cn	113 Uut	114 Fl	115 Uup	116 Lv	117 Uus	118 Uuo
Lanthanides				57 La	58 Ce	59 Pr	60 Nd	61 Pm	62 Sm	63 Eu	64 Gd	65 Tb	66 Dy	67 Ho	68 Er	69 Tm	70 Yb	71 Lu
Actinides				89 Ac	90 Th	91 Pa	92 U	93 Np	94 Pu	95 Am	96 Cm	97 Bk	98 Cf	99 Es	100 Fm	101 Md	102 No	103 Lr



Assemblage de combustible

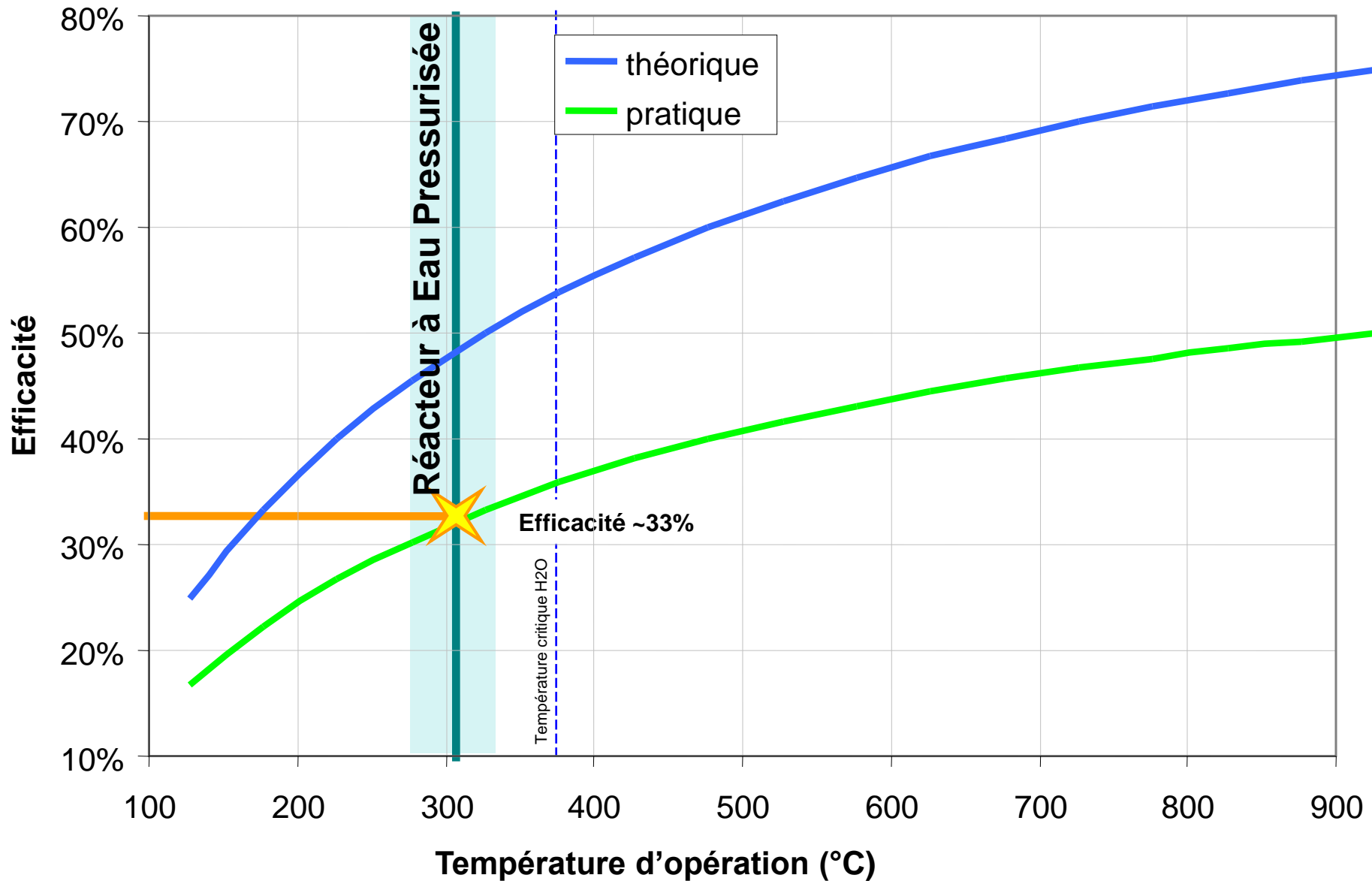


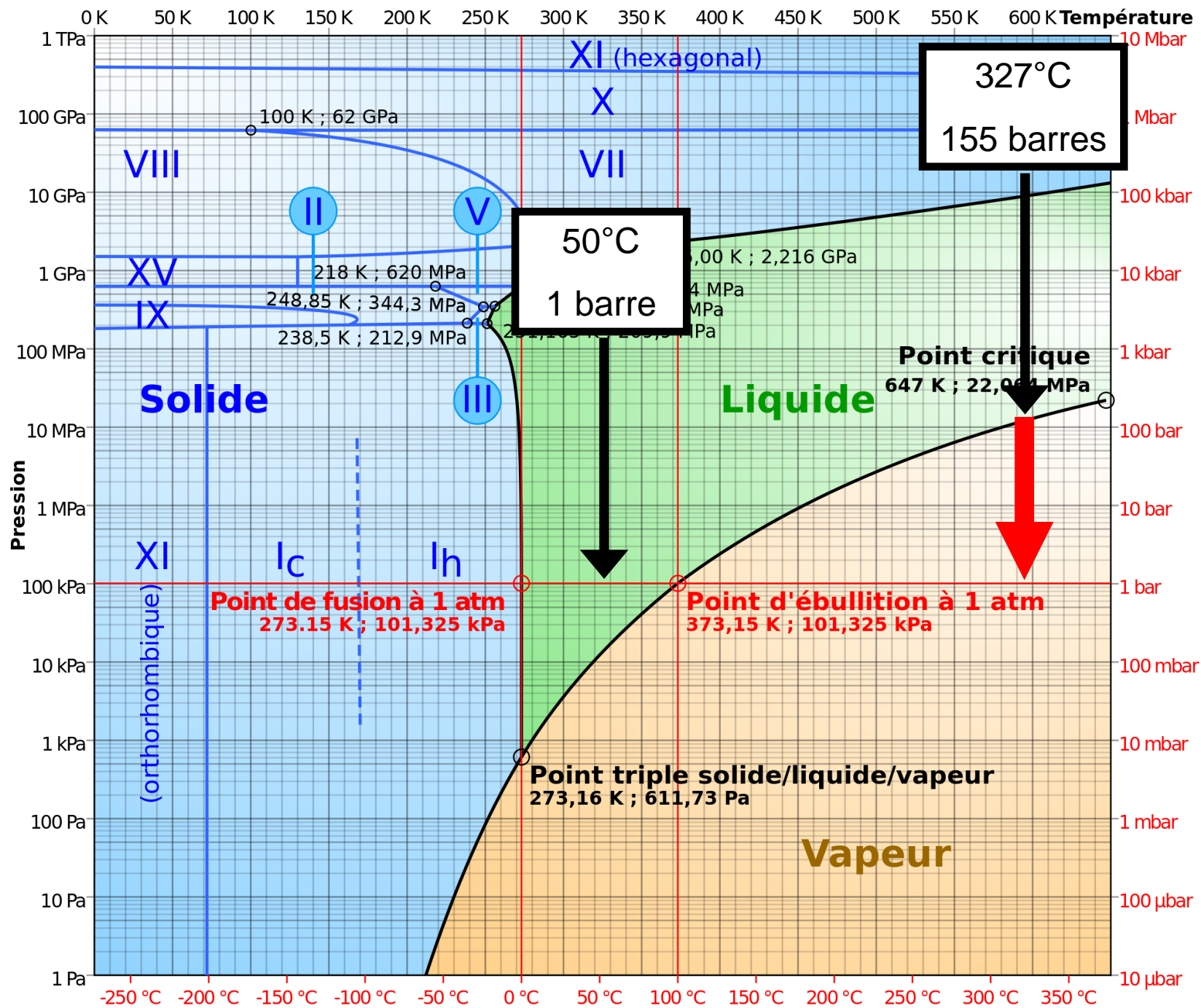
Pastille



(video)

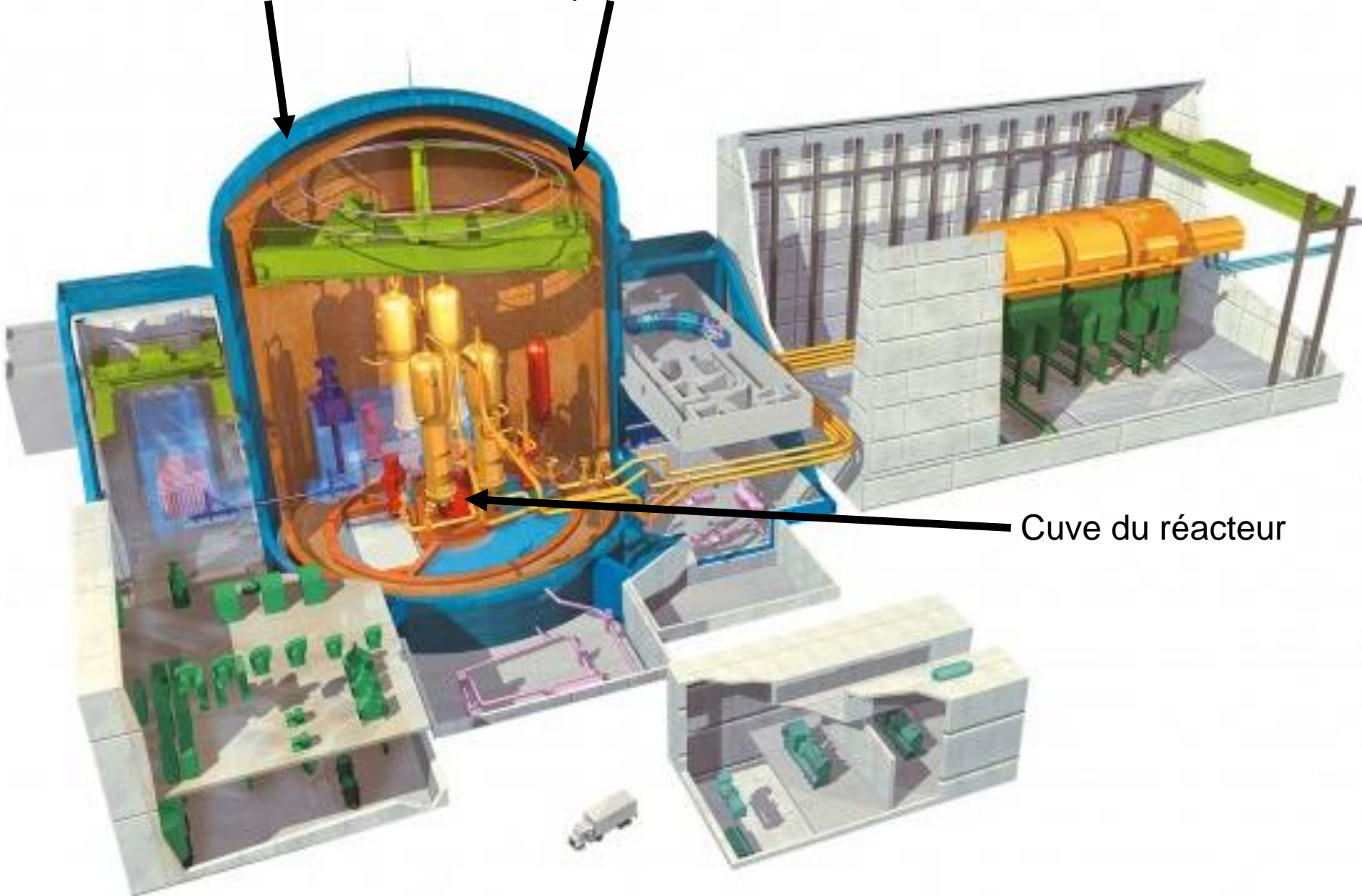
Conversion de puissance Chaleur → Électricité







2 Enceintes de confinement : épaisseur 130cm



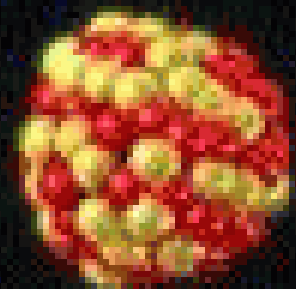
Cuve du réacteur

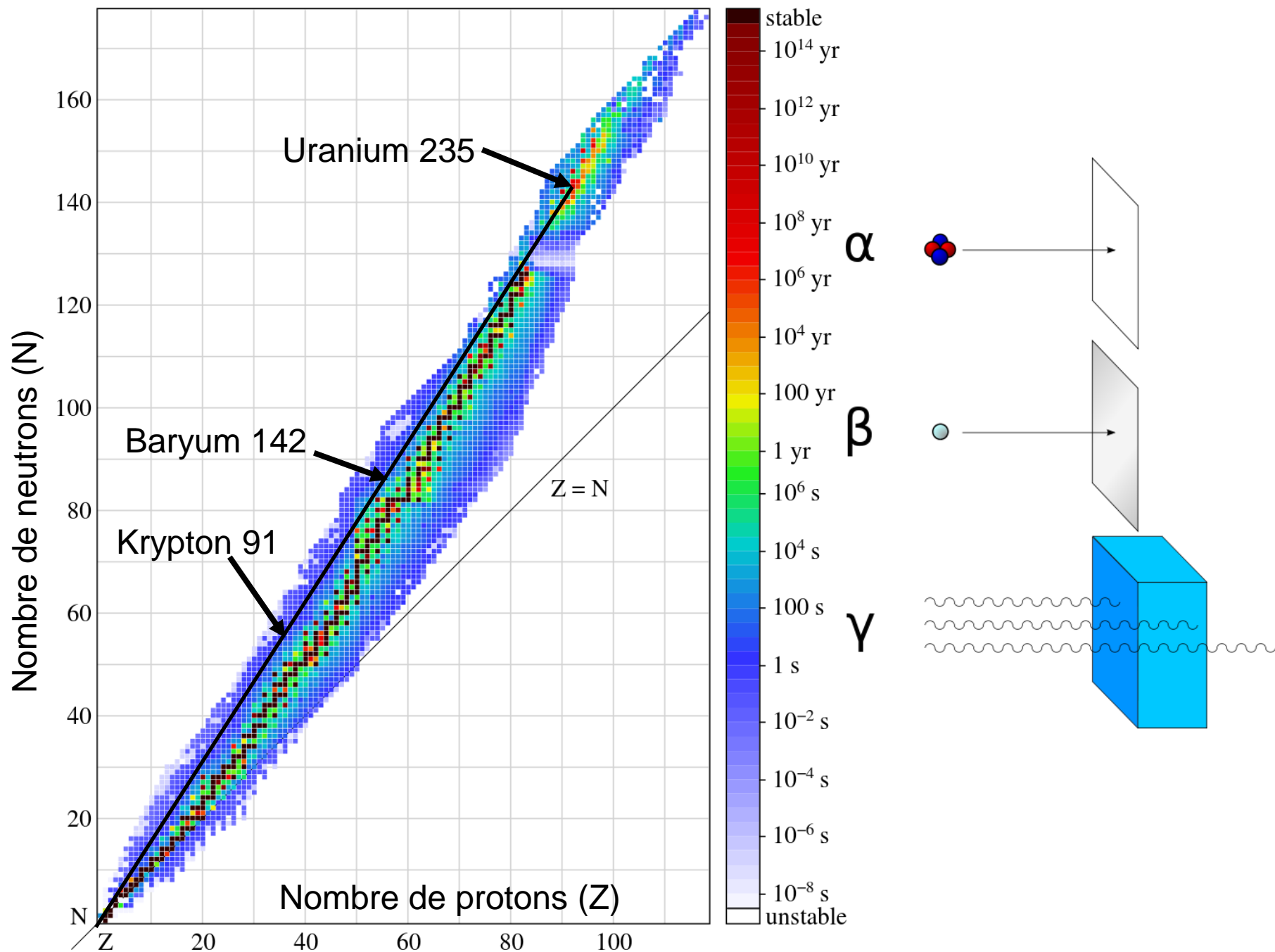


>20cm

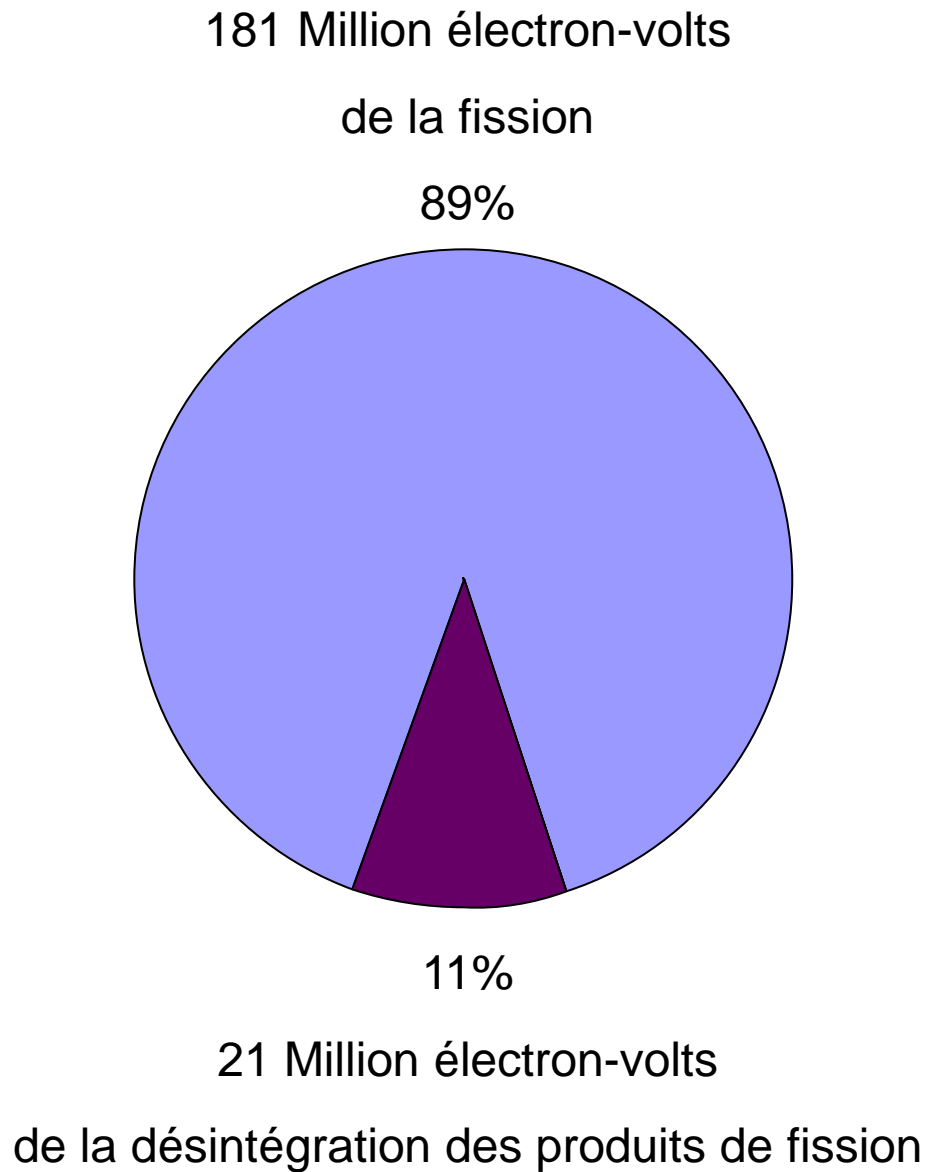
accelerated
neutron

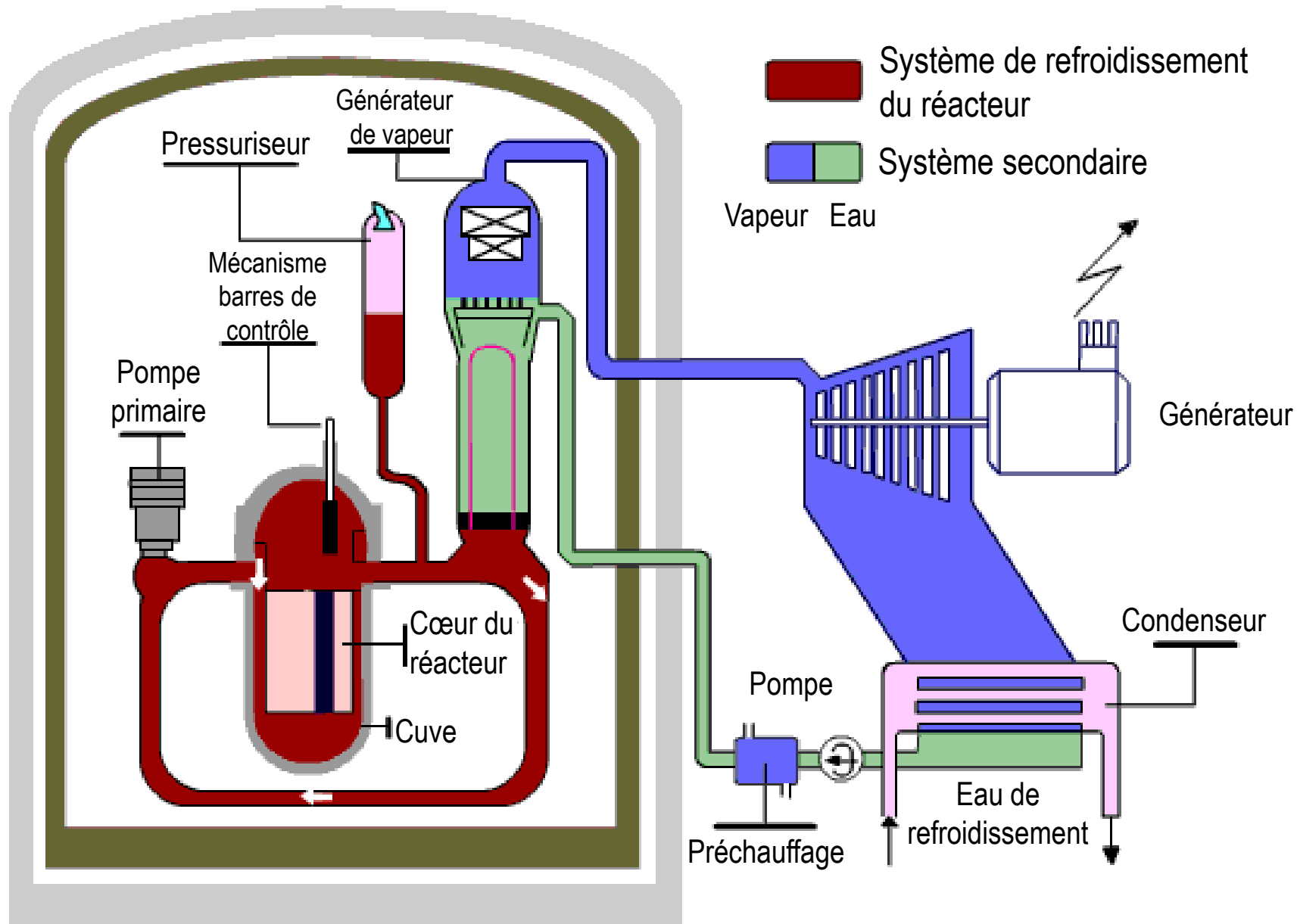
uranium





Energie de la fission d'un
atome d'Uranium 235 :
202 Million électron-volts





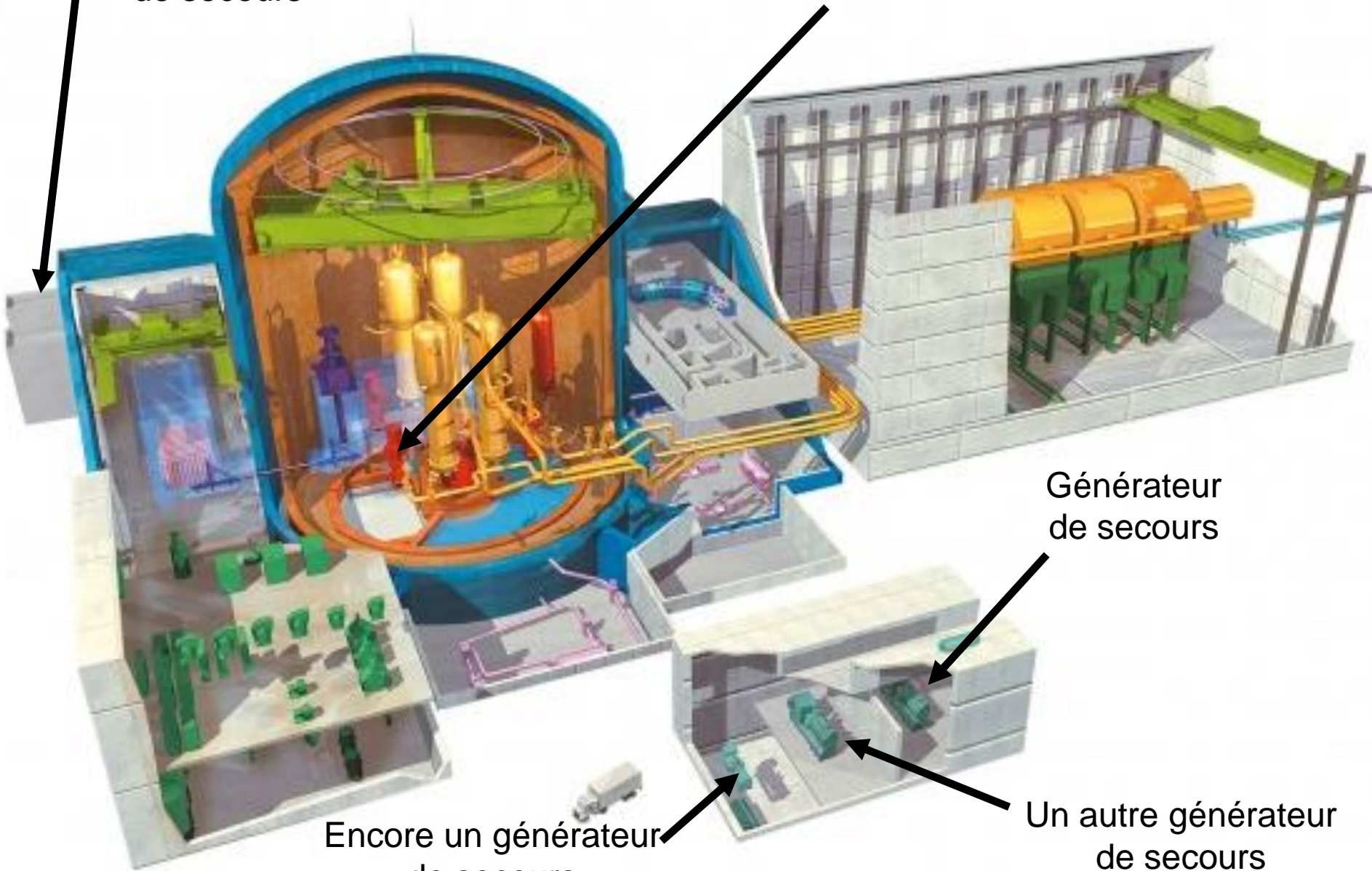
3 autres générateurs
de secours

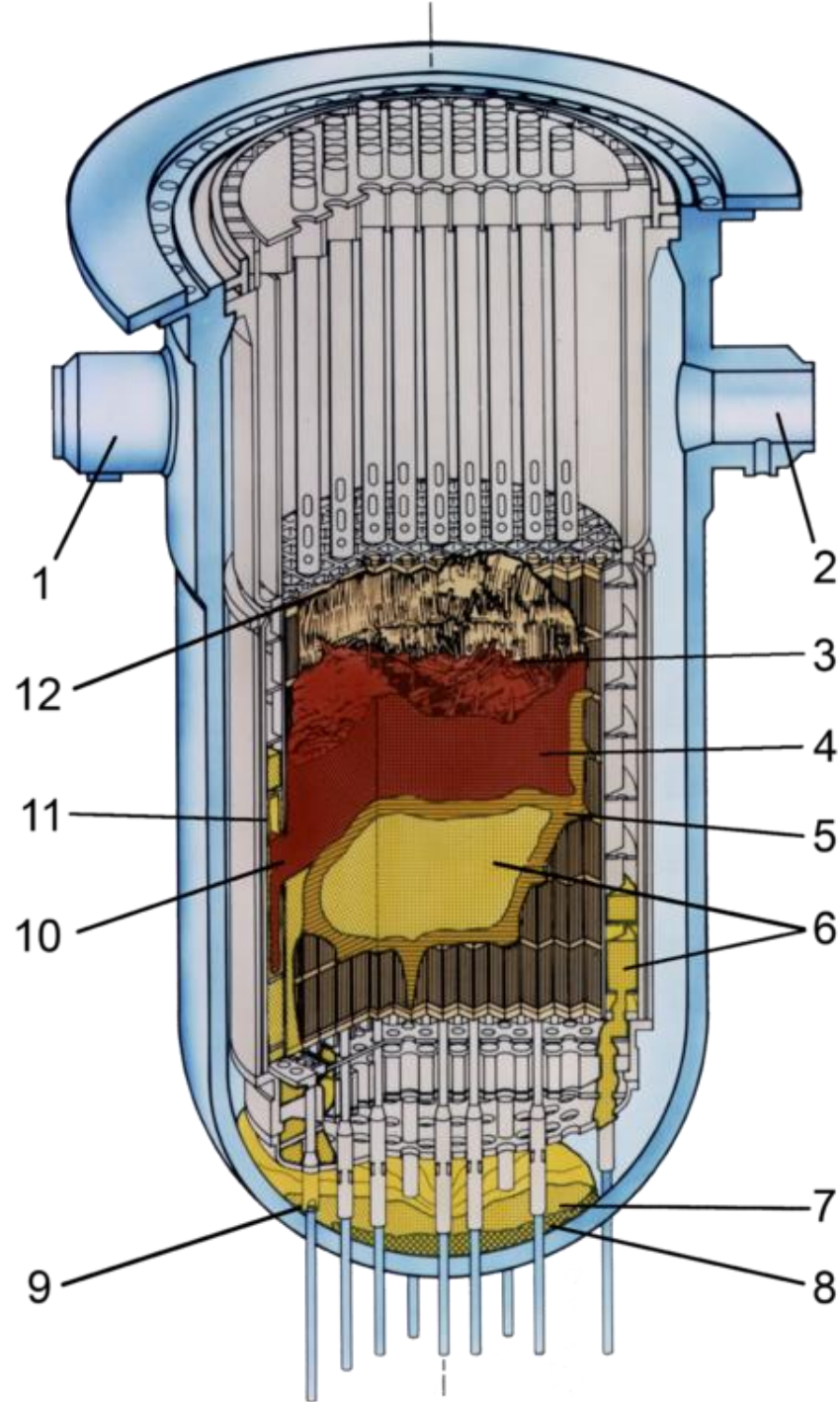
Pompe de
refroidissement

Générateur
de secours

Encore un générateur
de secours

Un autre générateur
de secours





Three Mile Island



Fukushima

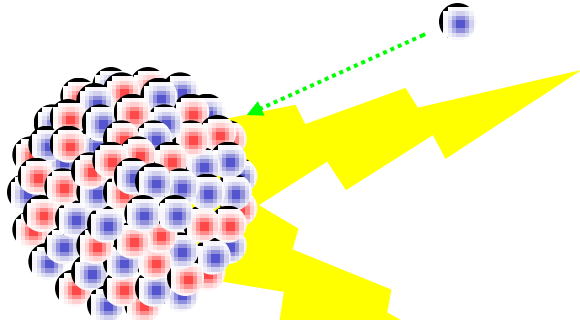


Tchernobyl

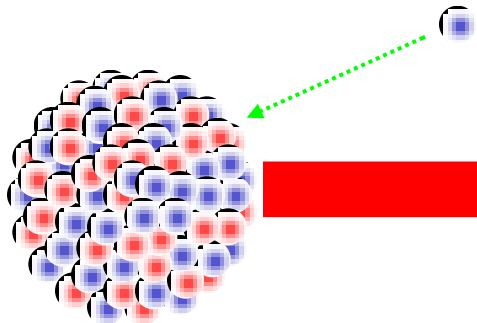


Transuraniens

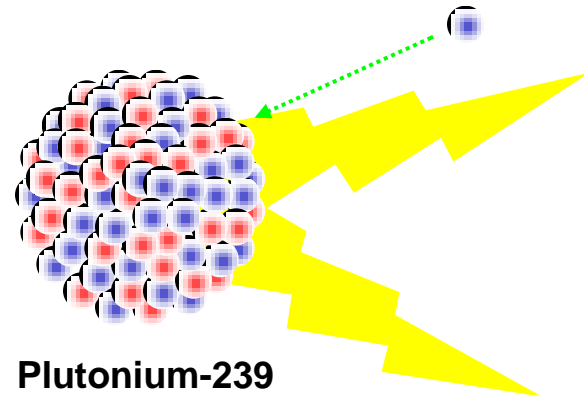
Group → ↓ Period	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
1	1 H																	2 He
2	3 Li	4 Be											5 B	6 C	7 N	8 O	9 F	10 Ne
3	11 Na	12 Mg											13 Al	14 Si	15 P	16 S	17 Cl	18 Ar
4	19 K	20 Ca	21 Sc	22 Ti	23 V	24 Cr	25 Mn	26 Fe	27 Co	28 Ni	29 Cu	30 Zn	31 Ga	32 Ge	33 As	34 Se	35 Br	36 Kr
5	37 Rb	38 Sr	39 Y	40 Zr	41 Nb	42 Mo	43 Tc	44 Ru	45 Rh	46 Pd	47 Ag	48 Cd	49 In	50 Sn	51 Sb	52 Te	53 I	54 Xe
6	55 Cs	56 Ba		72 Hf	73 Ta	74 W	75 Re	76 Os	77 Ir	78 Pt	79 Au	80 Hg	81 Tl	82 Pb	83 Bi	84 Po	85 At	86 Rn
7	87 Fr	88 Ra		104 Rf	105 Db	106 Sg	107 Bh	108 Hs	109 Mt	110 Ds	111 Rg	112 Cn	113 Uut	114 Fl	115 Uup	116 Lv	117 Uus	118 Uuo
Lanthanides				57 La	58 Ce	59 Pr	60 Nd	61 Pm	62 Sm	63 Eu	64 Gd	65 Tb	66 Dy	67 Ho	68 Er	69 Tm	70 Yb	71 Lu
Actinides				89 Ac	90 Th	91 Pa	92 U	93 Np	94 Pu	95 Am	96 Cm	97 Bk	98 Cf	99 Es	100 Fm	101 Md	102 No	103 Lr



Uranium-235
(0.7% de tout U)
Fissile



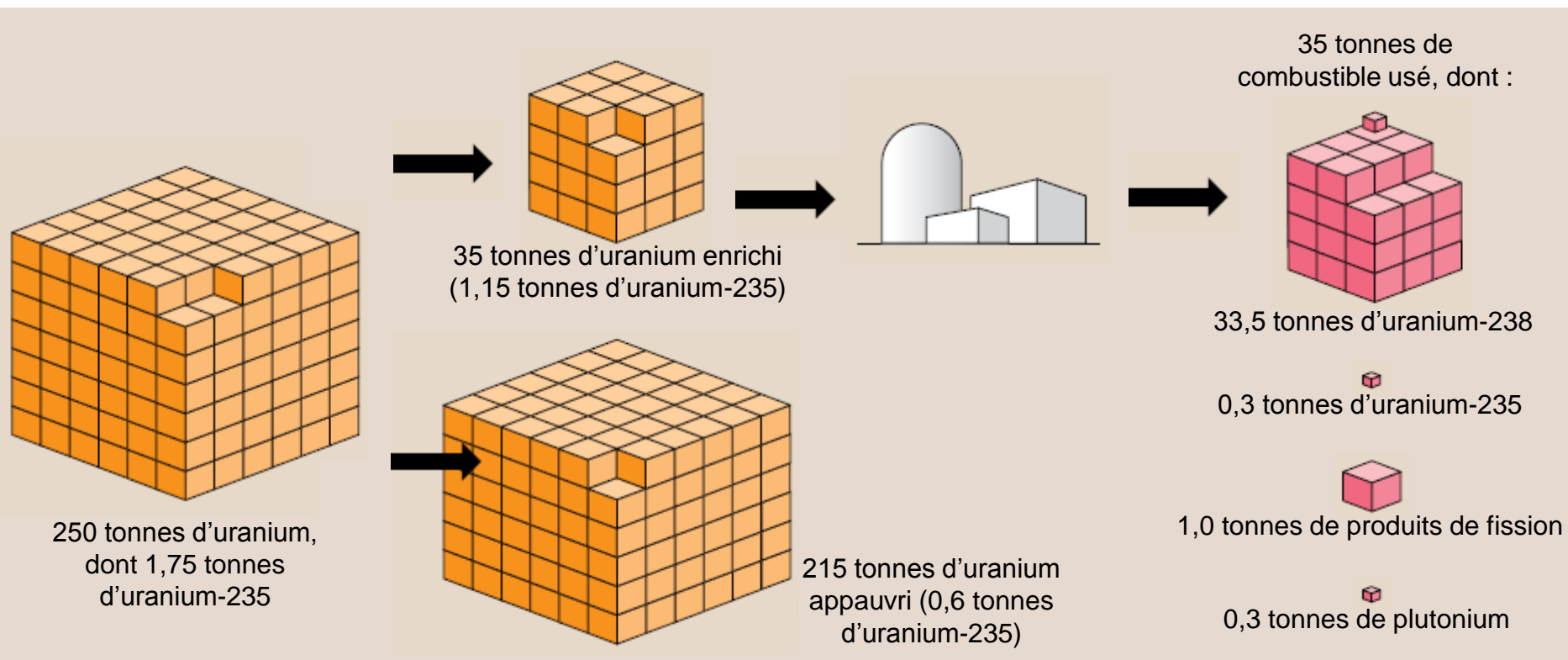
Uranium-238
(99.3% de tout U)
Fertile

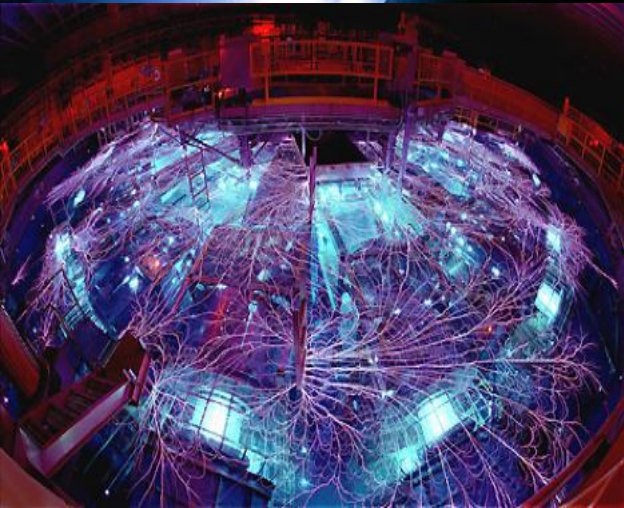
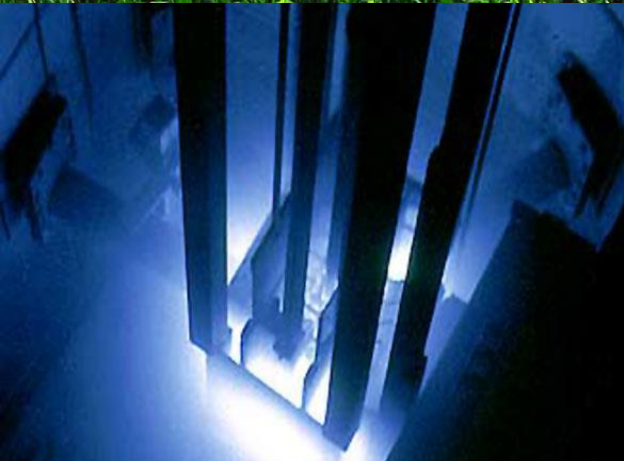


Plutonium-239
Fissile

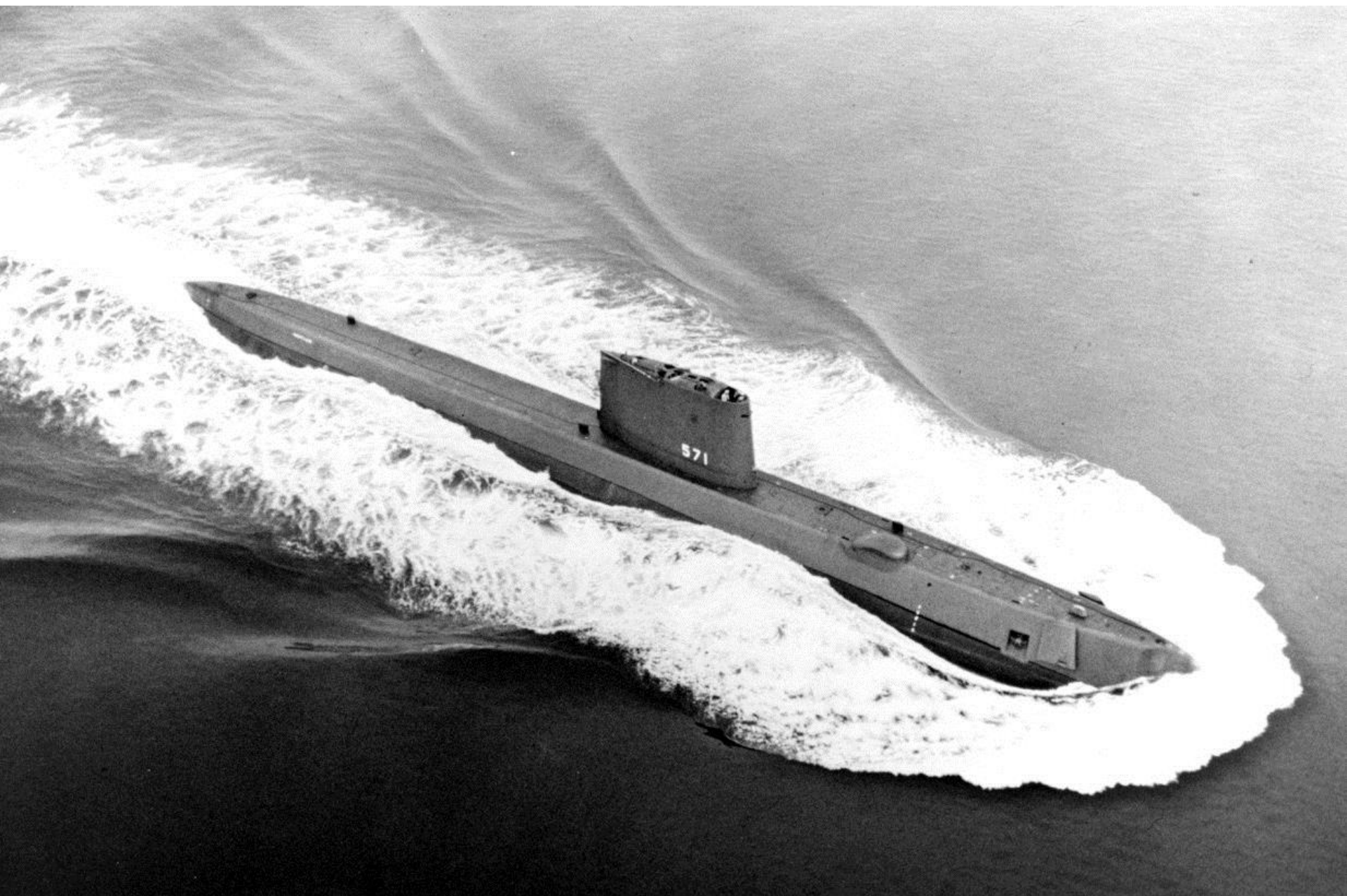


Pour produire 1 GigaWatt-Année d'électricité :

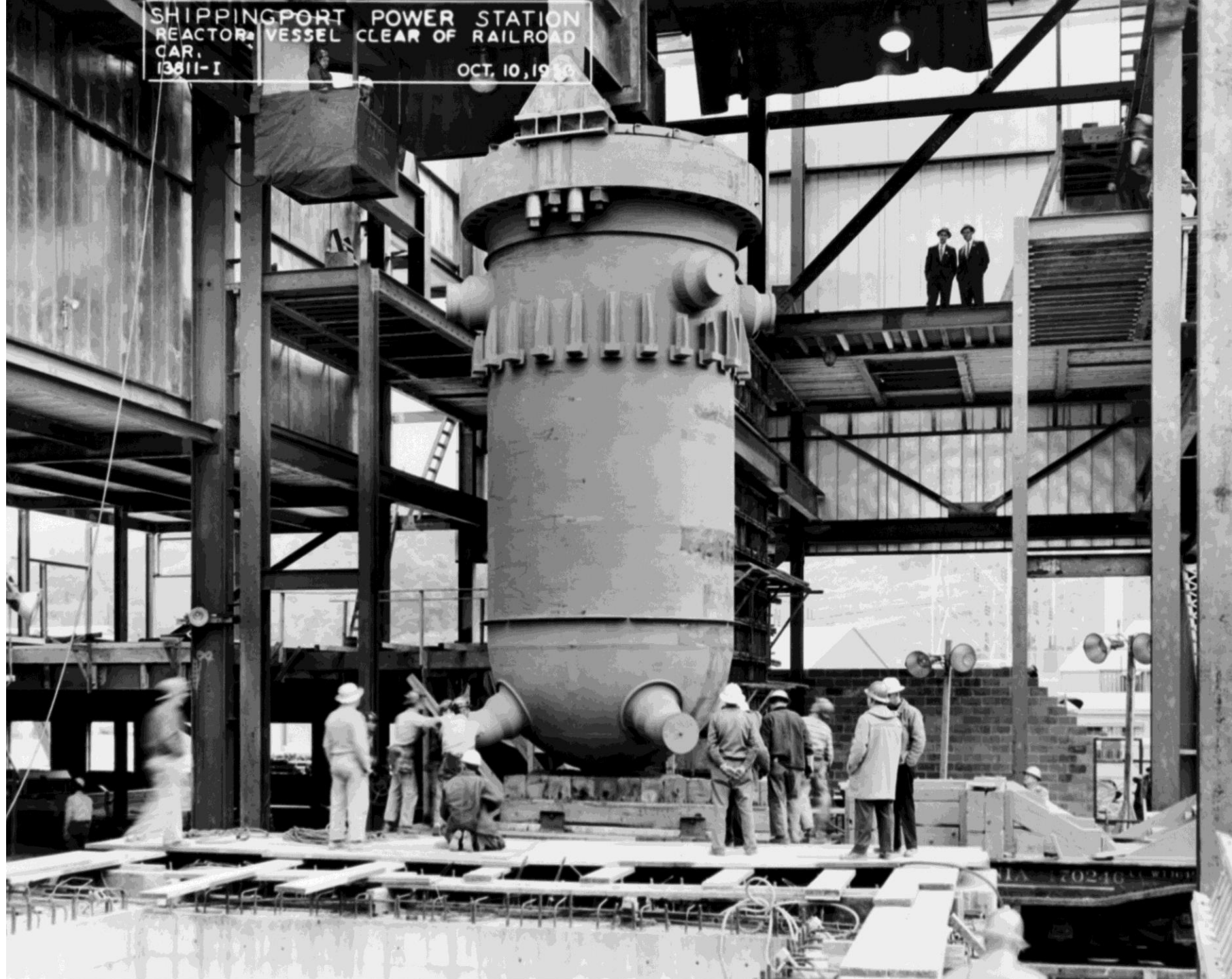




FIABLE 😊
BON MARCHÉ 😊
SÛRE 😬
DURABLE 😬
PROPRE 😬



SHIPPINGPORT POWER STATION
REACTOR VESSEL CLEAR OF RAILROAD
CAR.
13611-1
OCT. 10, 1956





FISSION

LIQUIDE

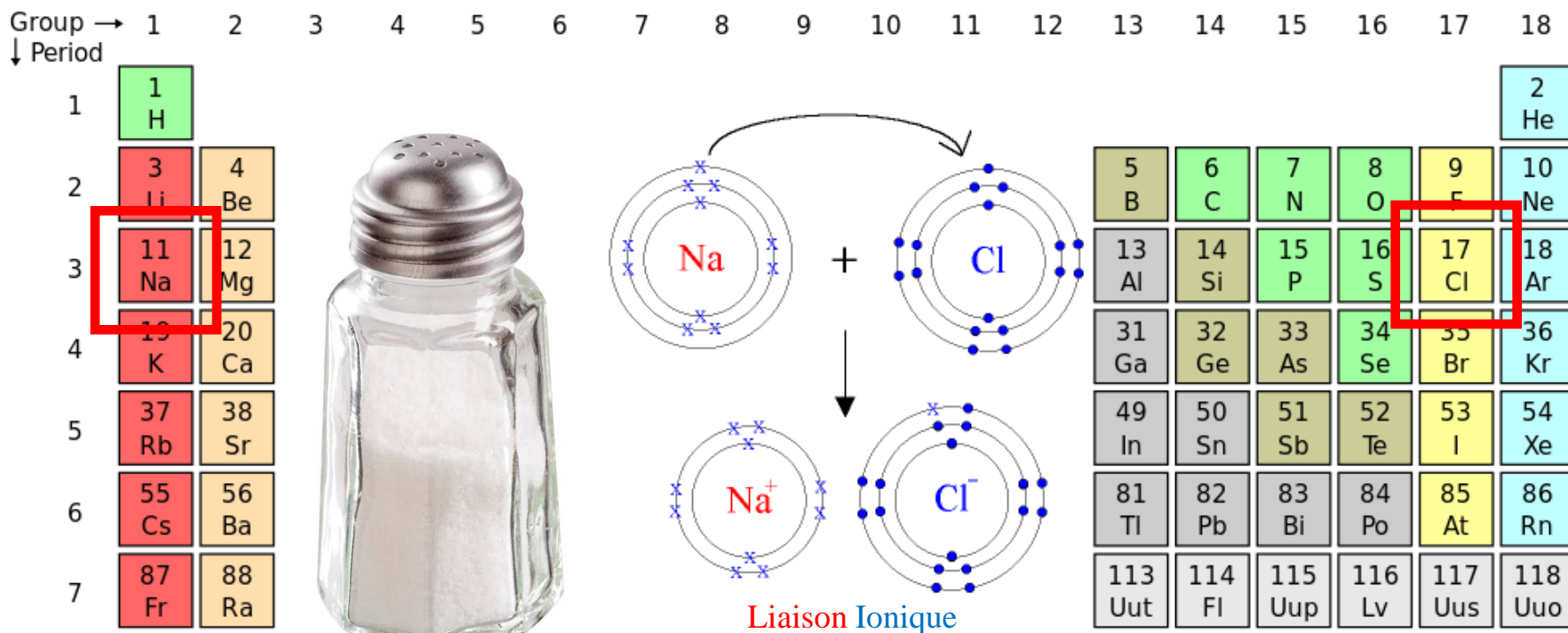
Quel Liquide ?



- Température de fusion basse
- Température d'ébullition élevée
- Bonnes propriétés thermiques
- Bonnes propriétés hydrauliques
- Bonne stabilité sous rayonnement
- Bonne solubilité des matériaux fissiles et fertiles
- Eviter la production d'isotopes radioactifs
- Permettre le retraitement du combustible



Sels Fondus



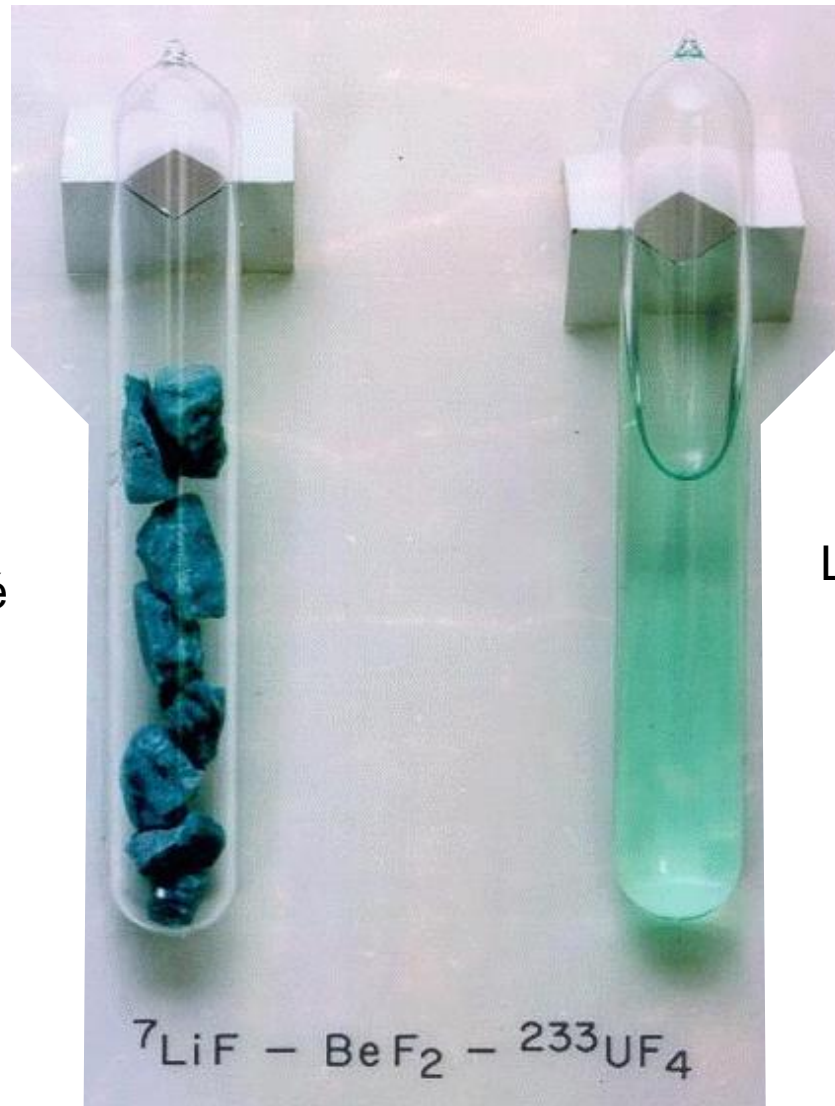
LiF : Fluorure de Lithium

BeF : Fluorure de Béryllium

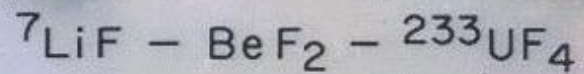
Mélange de Fluorures de Lithium & Béryllium : FLiBe

Combustibles nucléaires liquides

Solide
Cristallisé

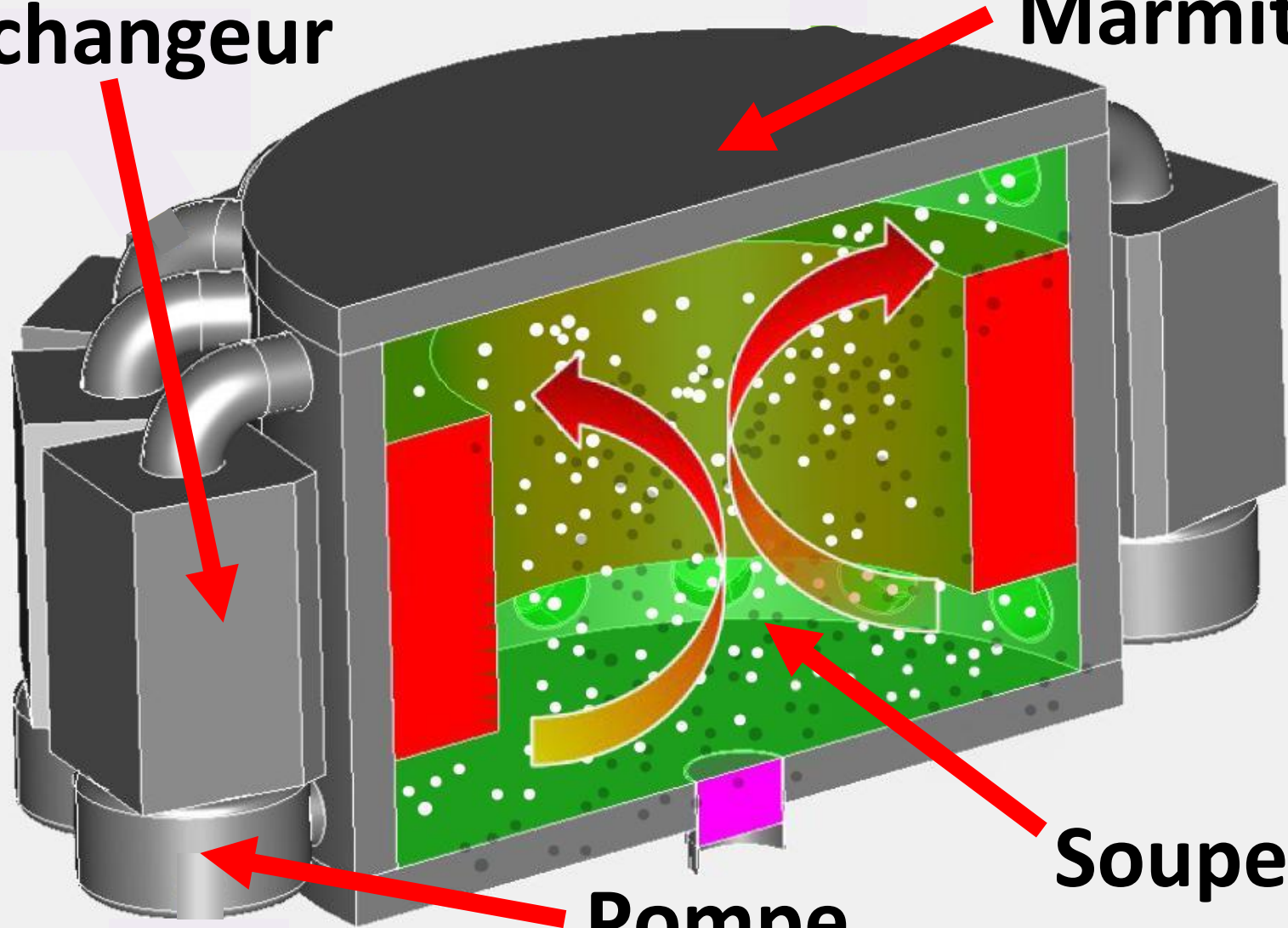


Liquide



Echangeur

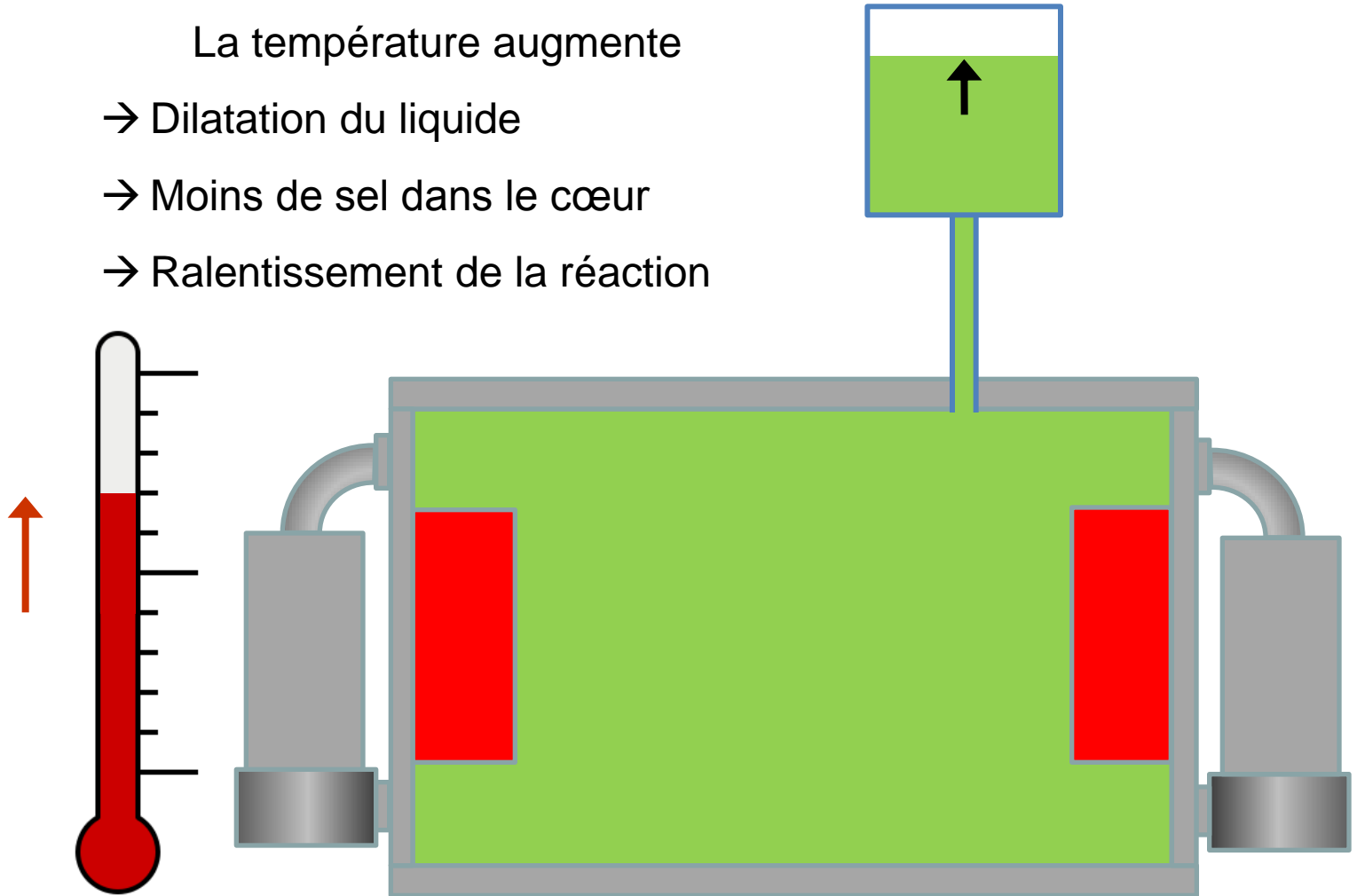
Marmite



Soupe

Pompe

- La température augmente
- Dilatation du liquide
 - Moins de sel dans le cœur
 - Ralentissement de la réaction

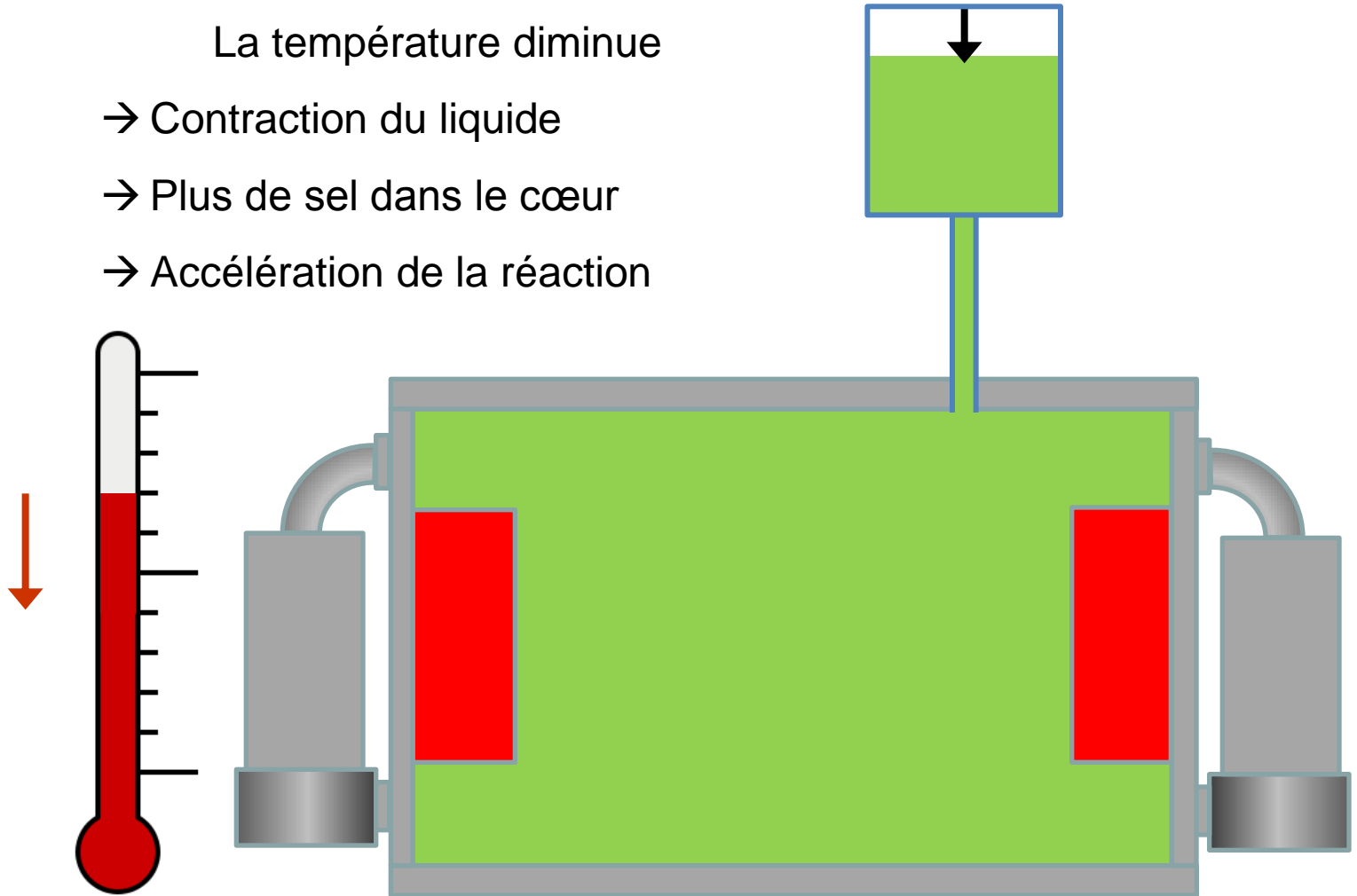


La température diminue

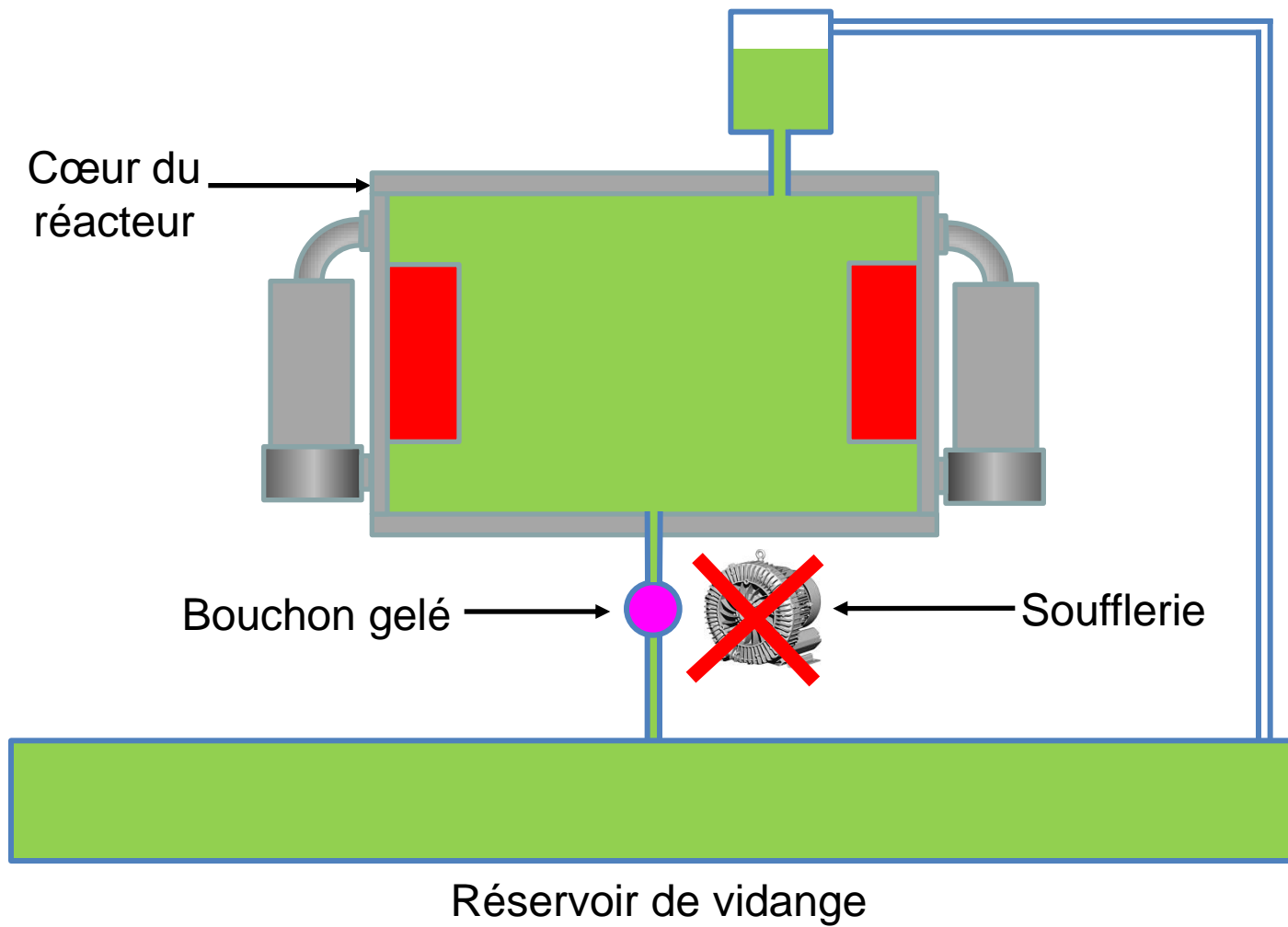
→ Contraction du liquide

→ Plus de sel dans le cœur

→ Accélération de la réaction

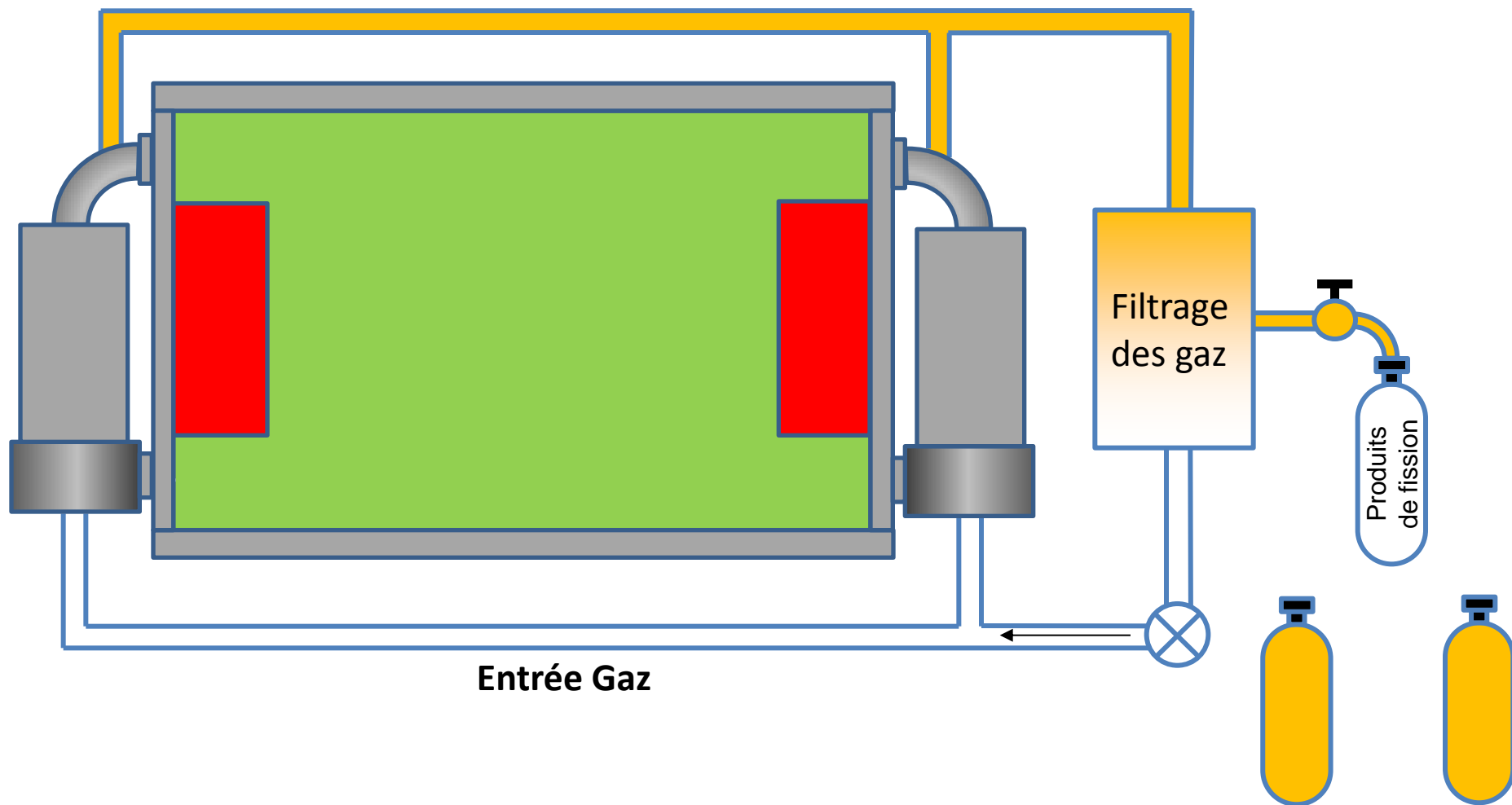


Enceinte de Confinement



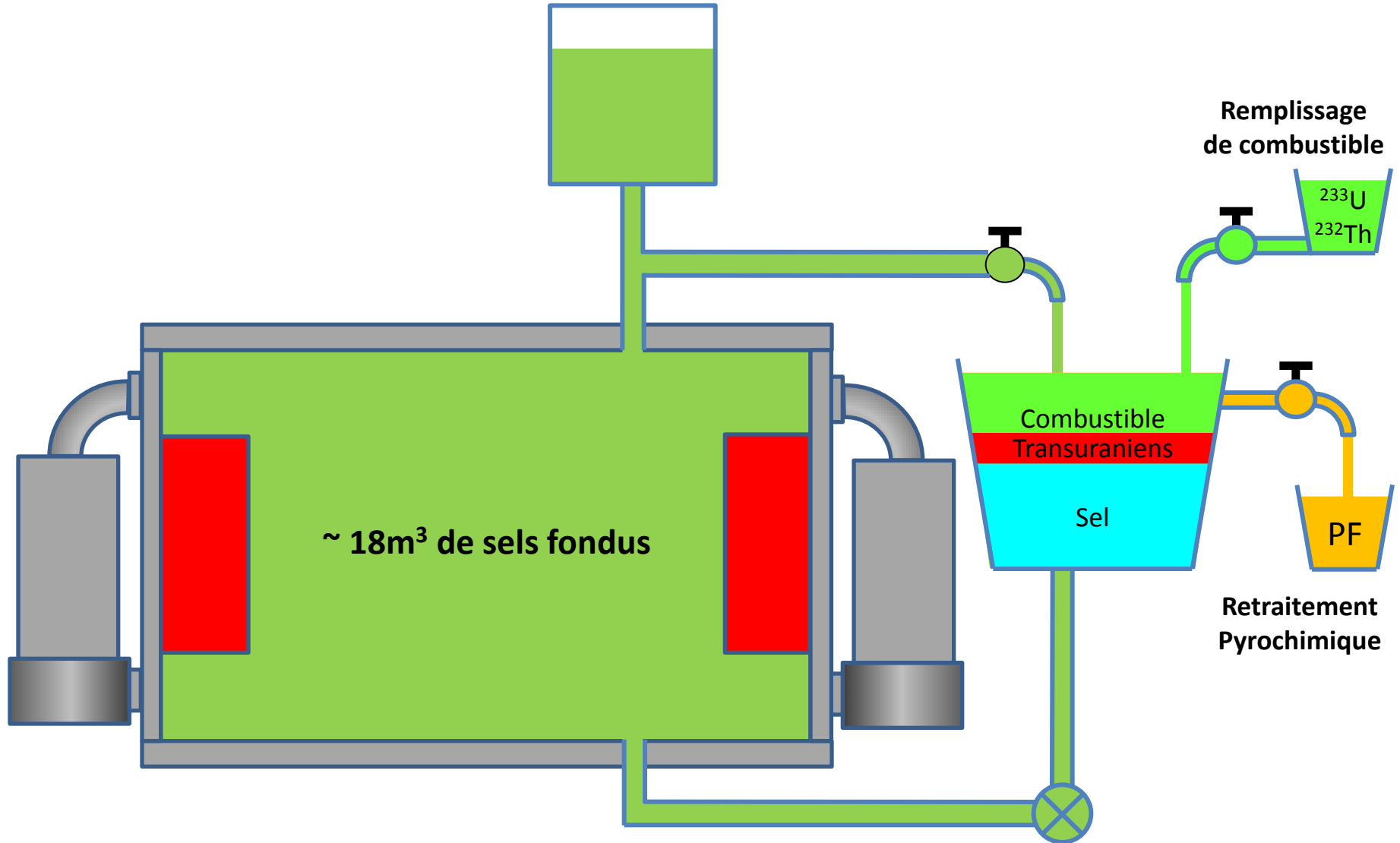
Nettoyage des produits de fission gazeux dans un réacteur MSFR par bullage de gaz

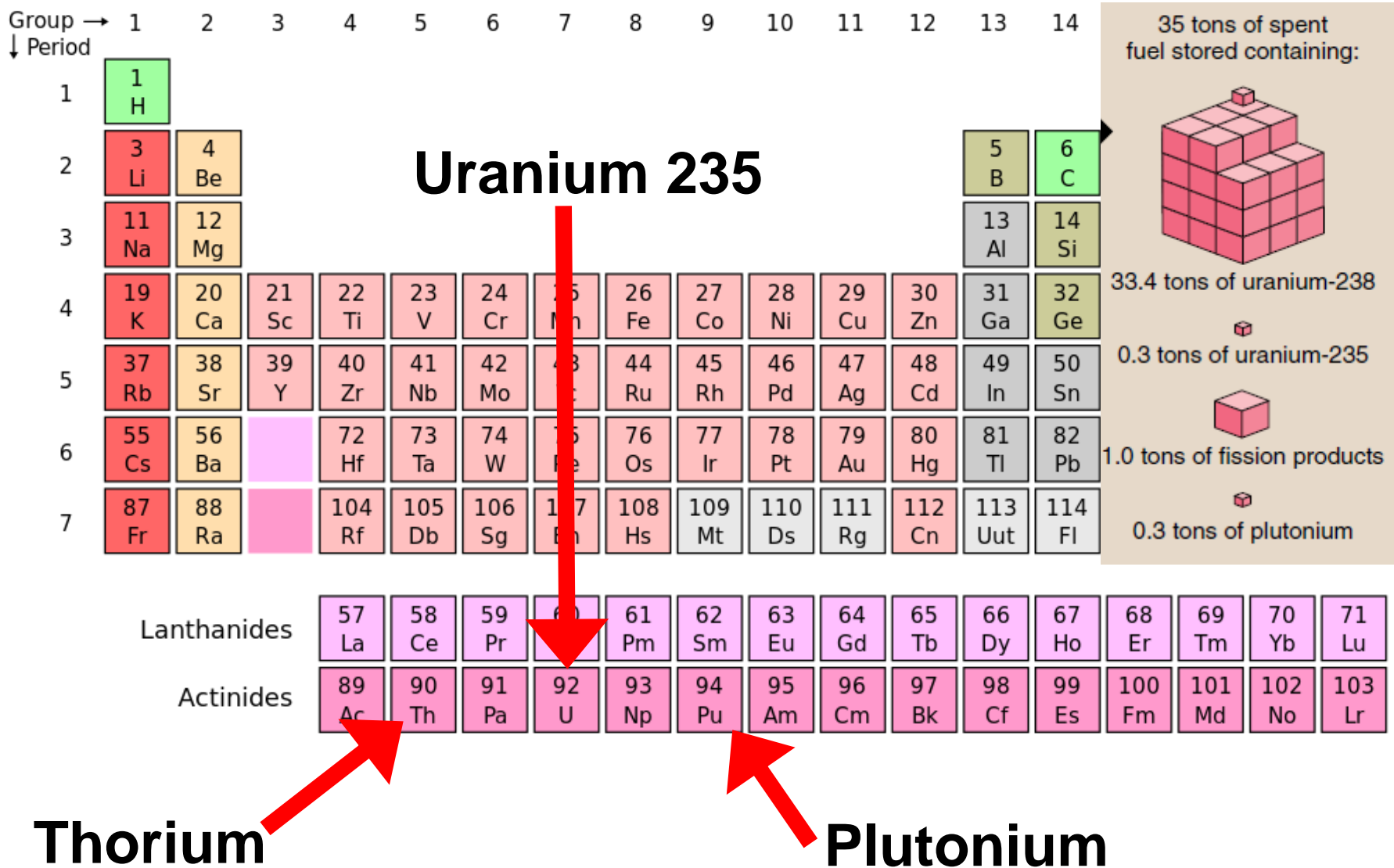
Sortie Gaz



1 bouteille par jour. 2 litres @ 100 barres

Traitement du sel combustible d'un réacteur à sels fondus MSFR





Le Thorium est la cerise sur le gâteau

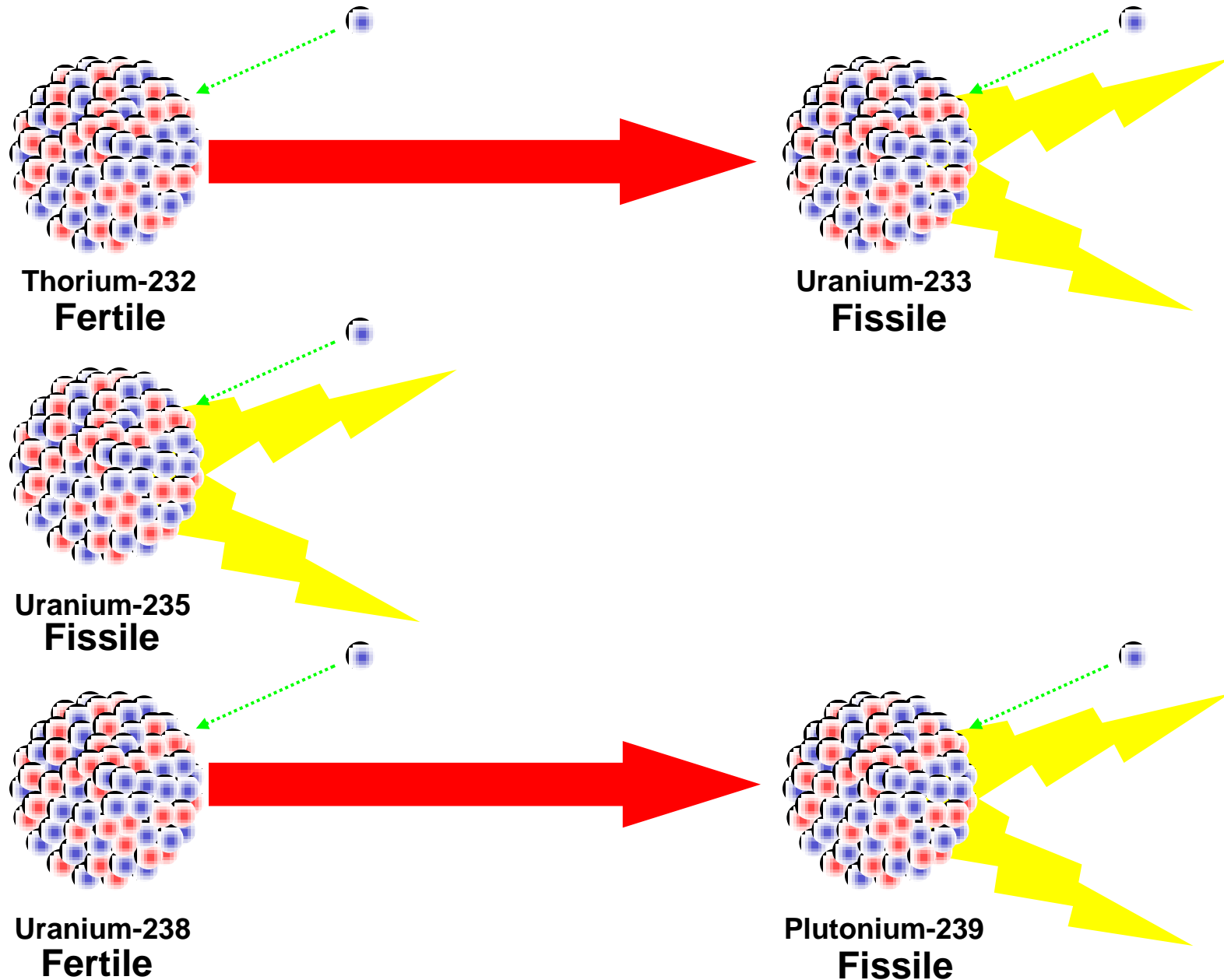
Thorium



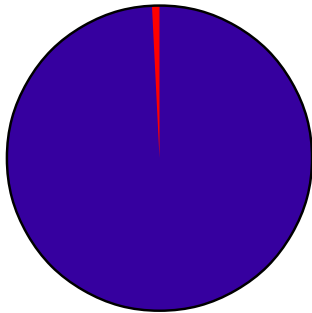
Combustible
Solide → Liquide



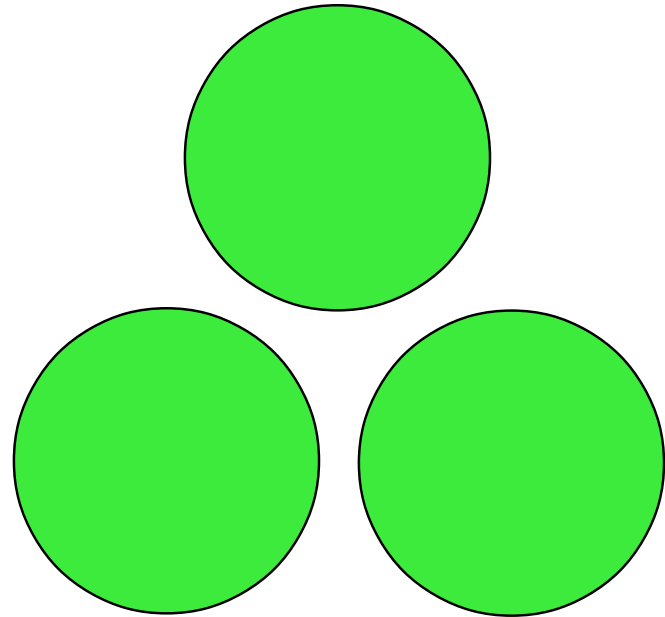
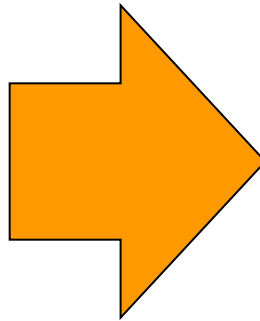
Trois options de combustible nucléaire



Le Thorium est plus abondant



Uranium naturel
99.3% uranium-238
0.7% uranium-235



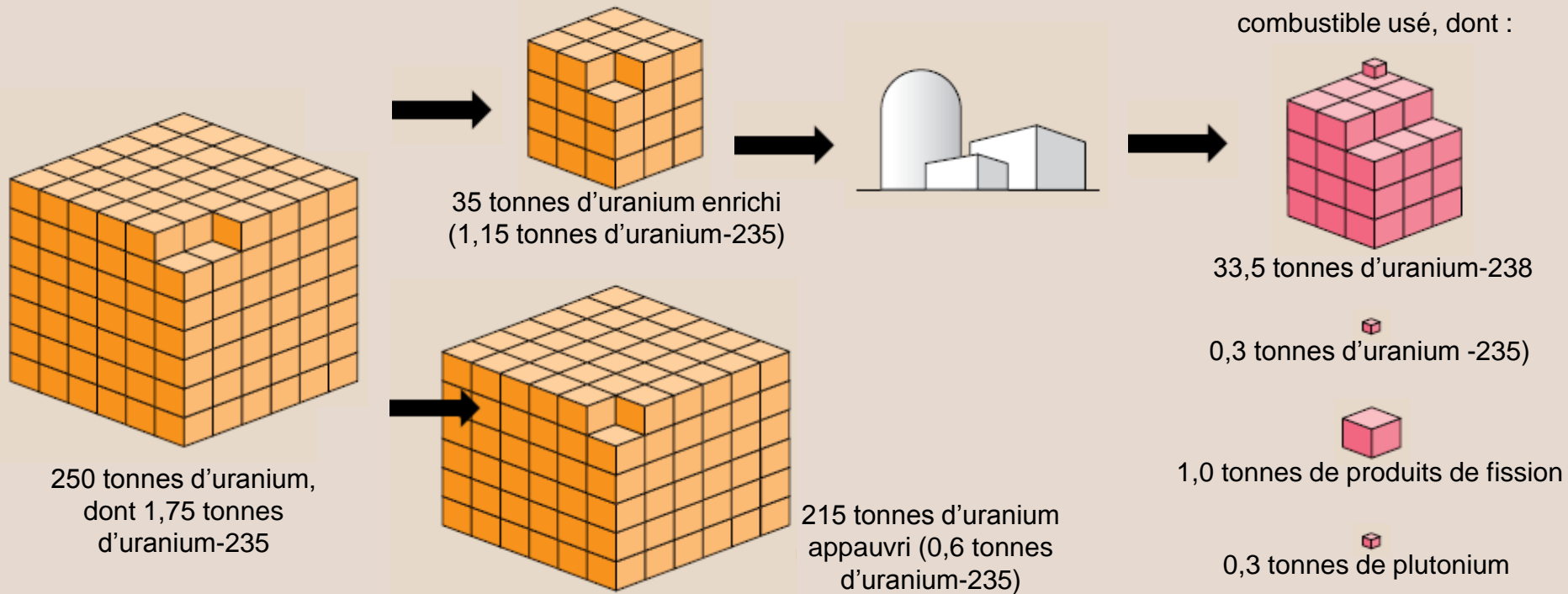
Thorium naturel
100% thorium-232

Réacteur à eau pressurisé :
Typiquement 0,5% de la teneur
en énergie de l'uranium

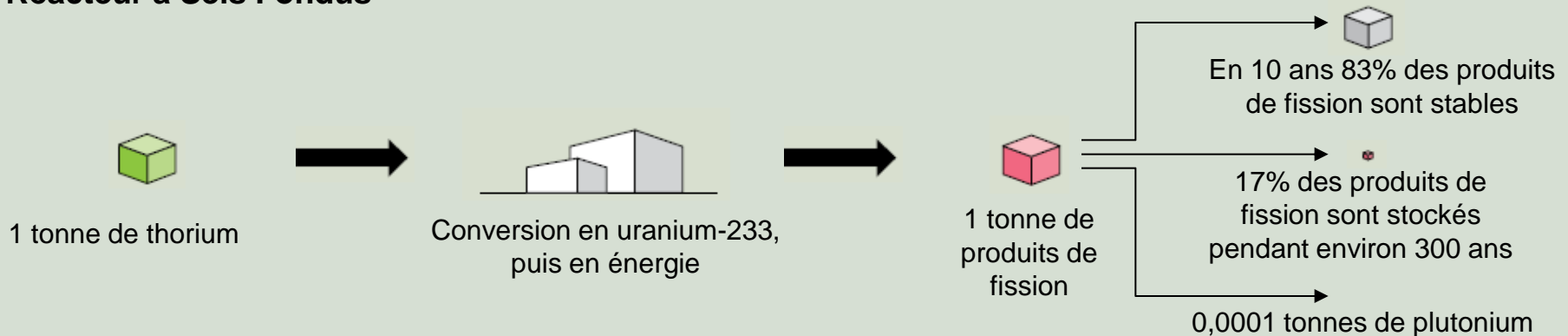
Combustible liquide :
100% de la teneur en
énergie du thorium

Pour produire 1 GigaWatt-Année d'électricité :

Réacteur à Eau Pressurisée



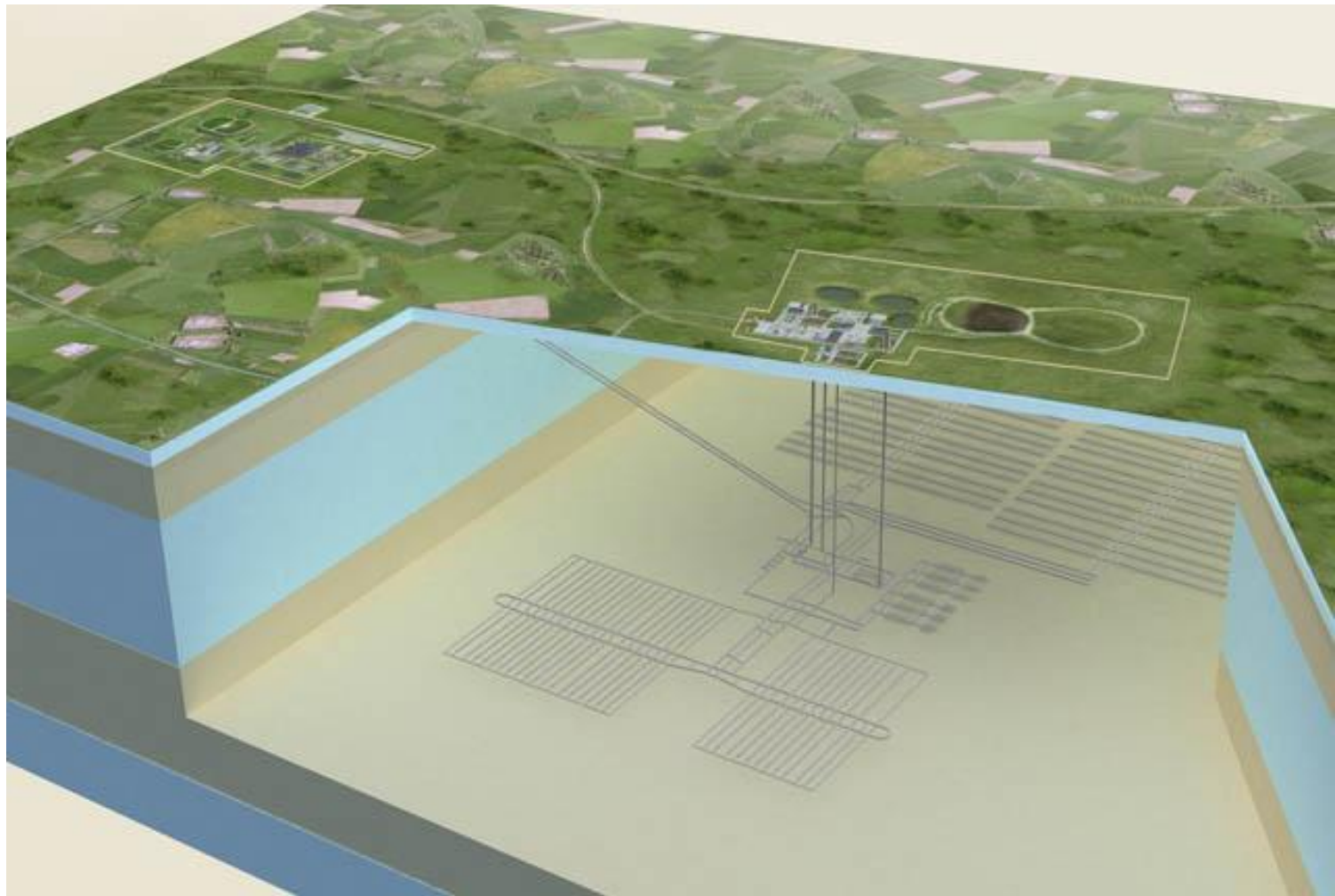
Réacteur à Sels Fondus



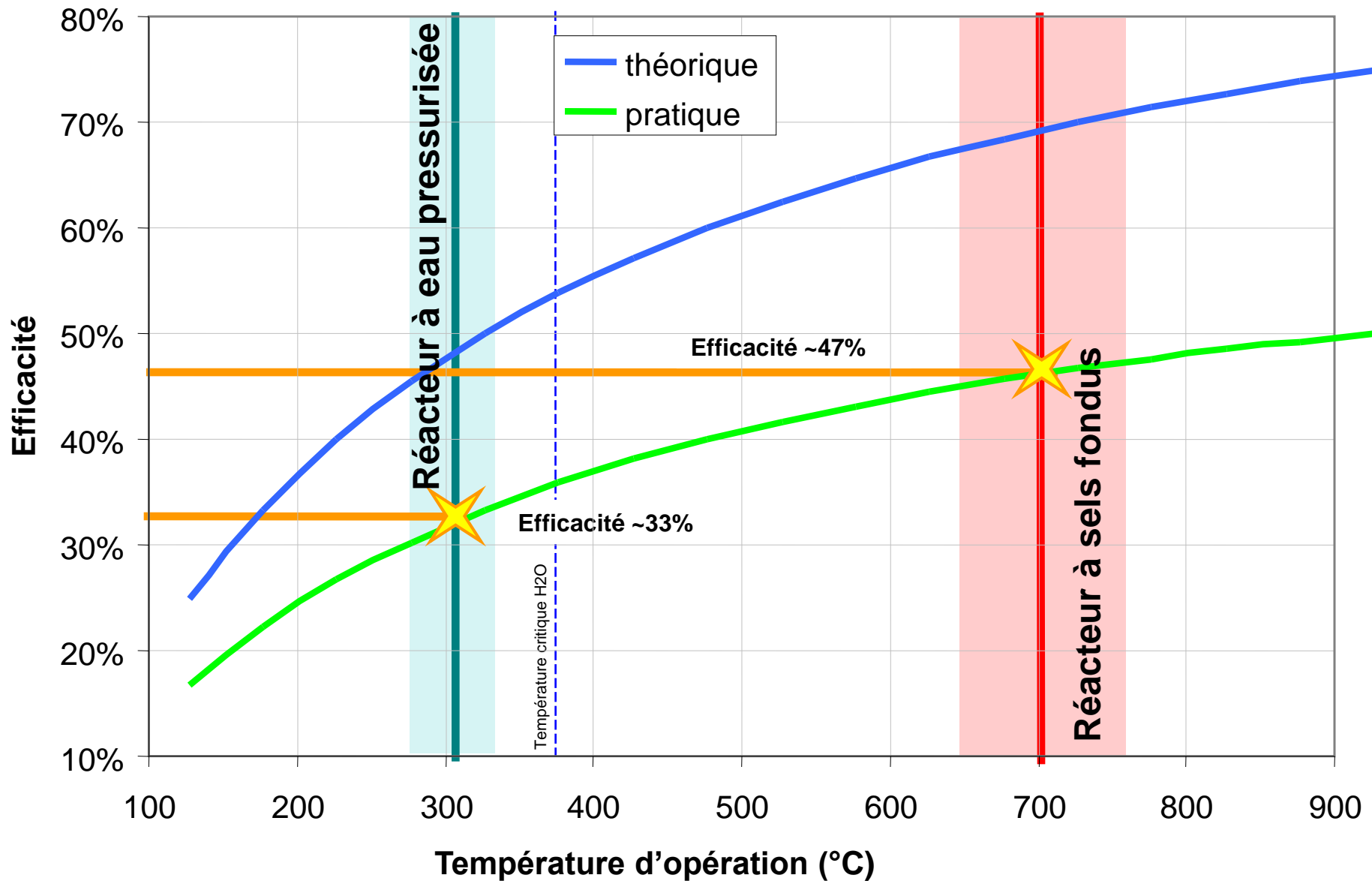
Aujourd'hui

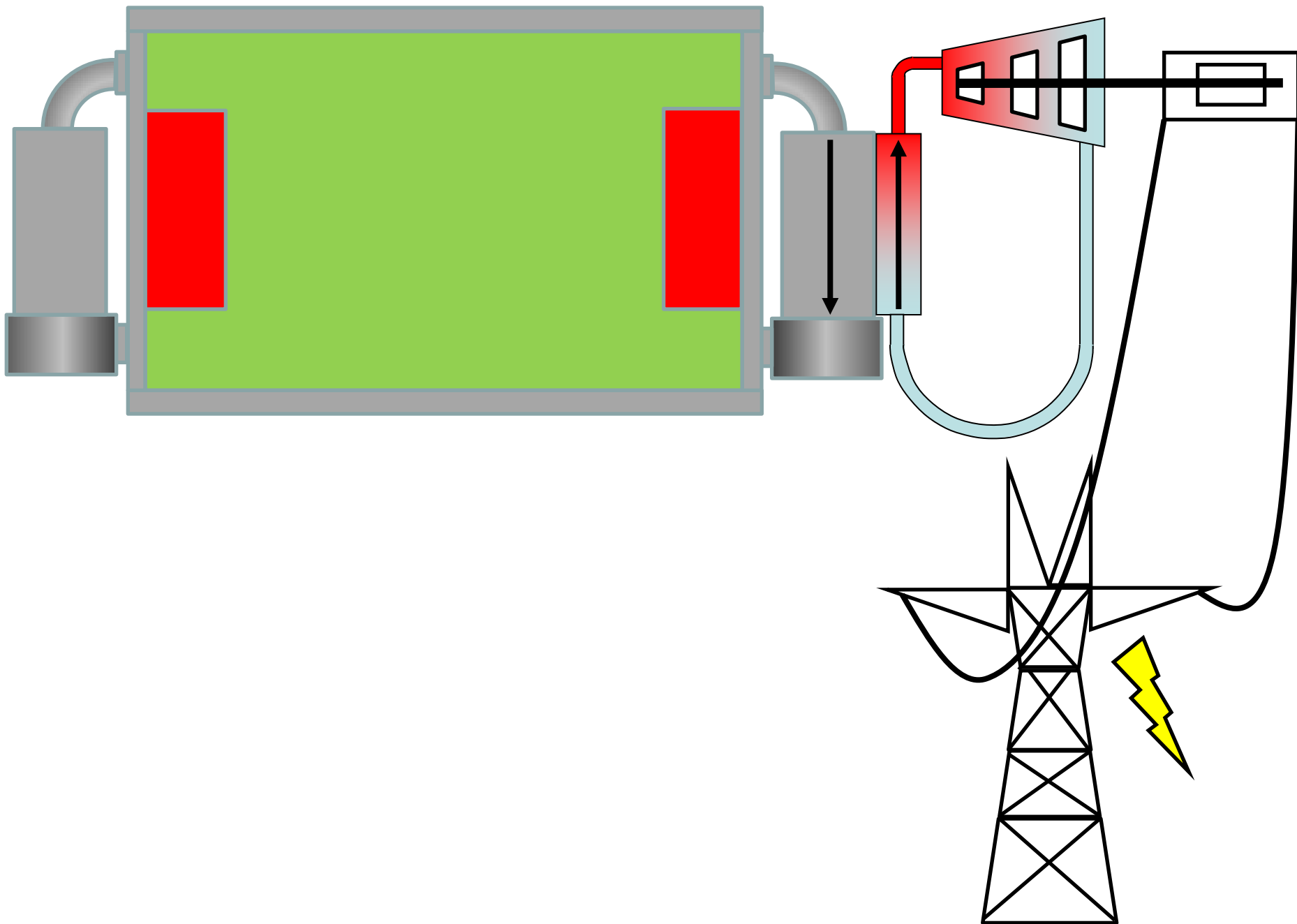
10,000 ans

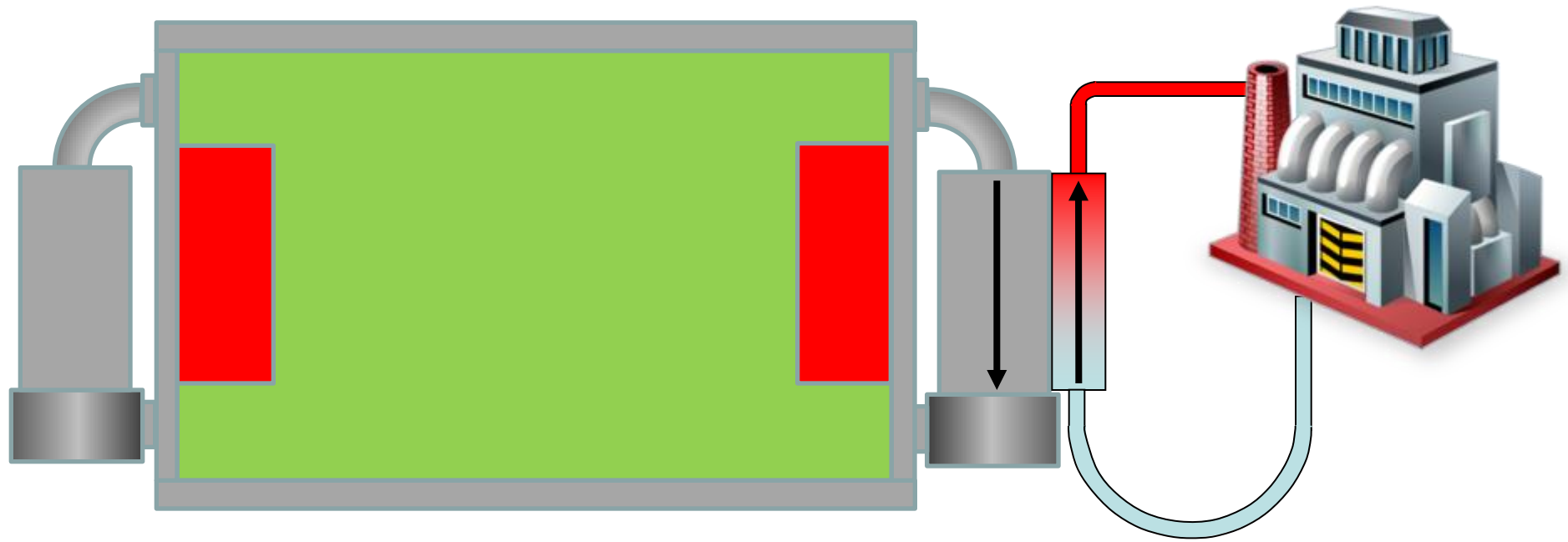
300 ans



Conversion de puissance Chaleur → Électricité





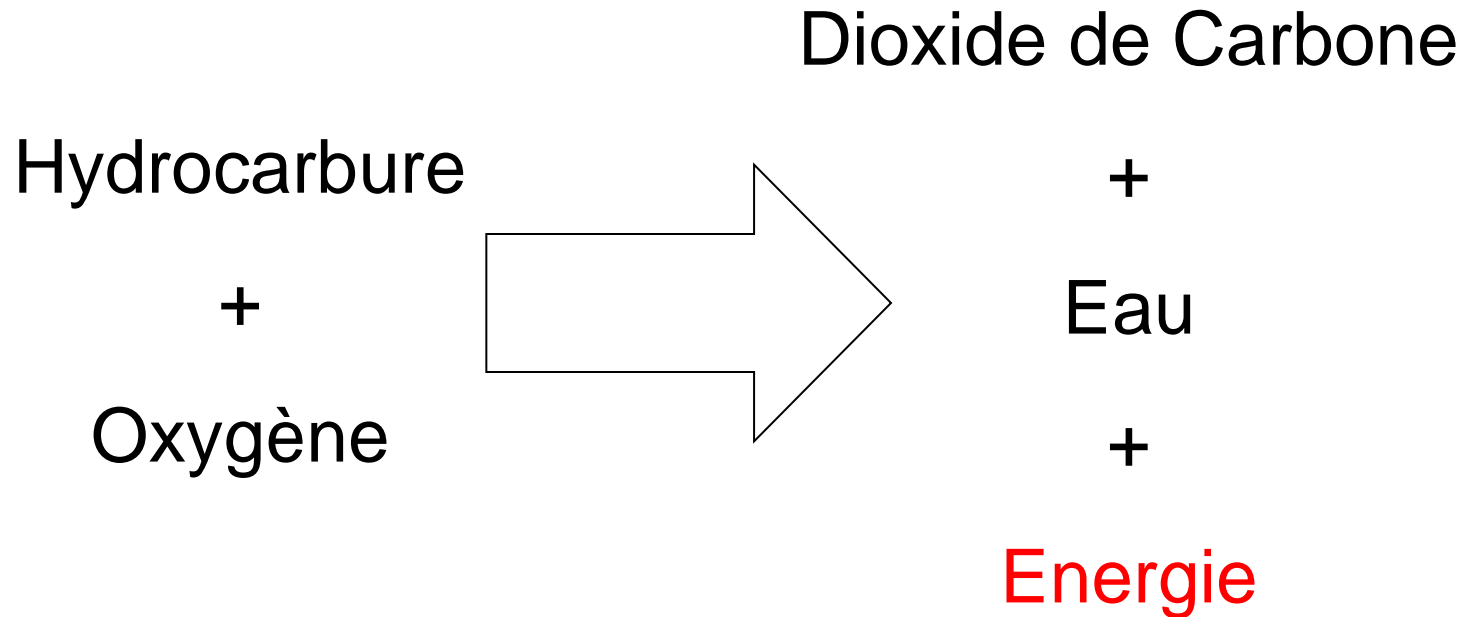


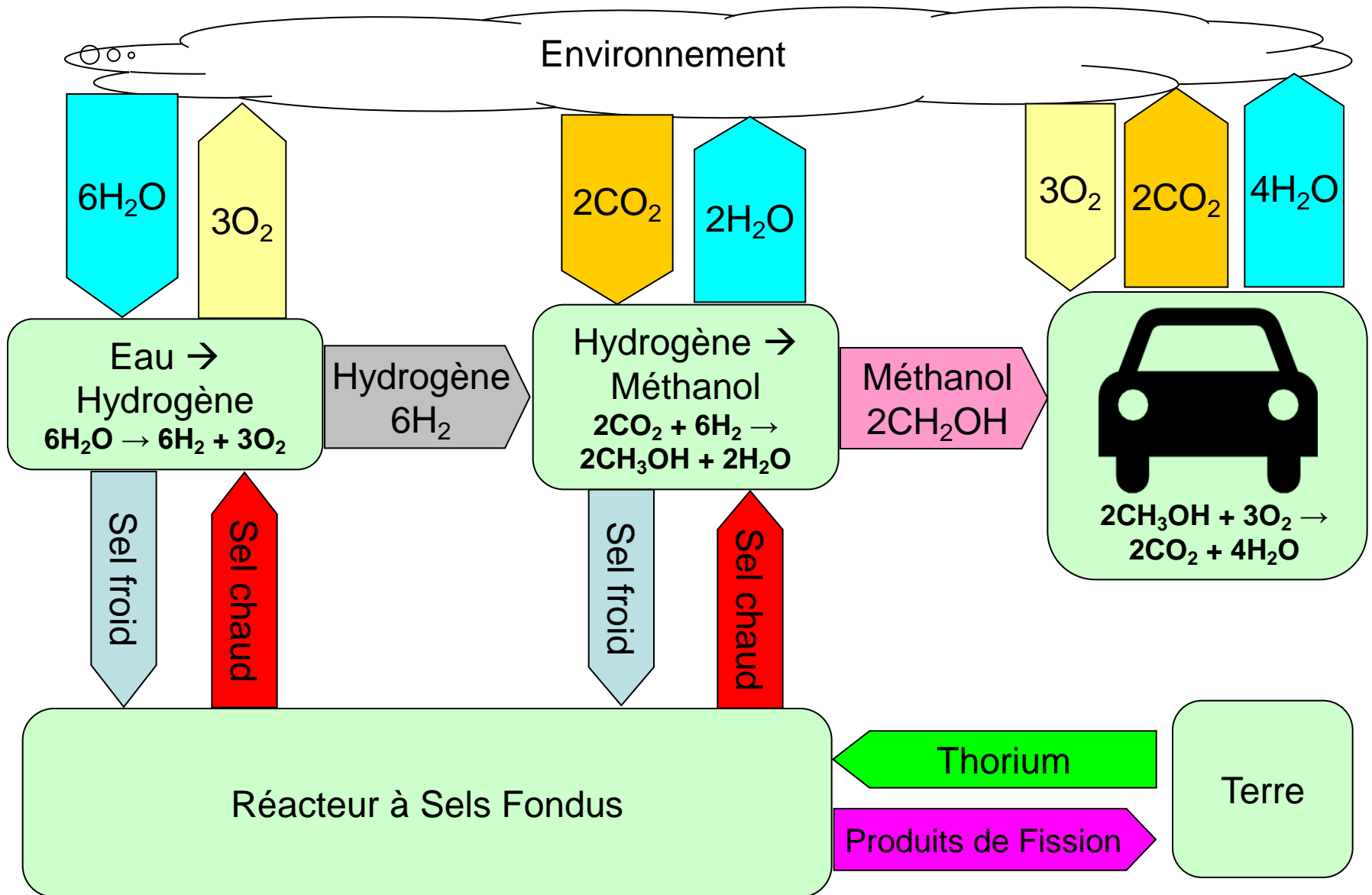






Carburants de synthèse à partir de la chaleur nucléaire





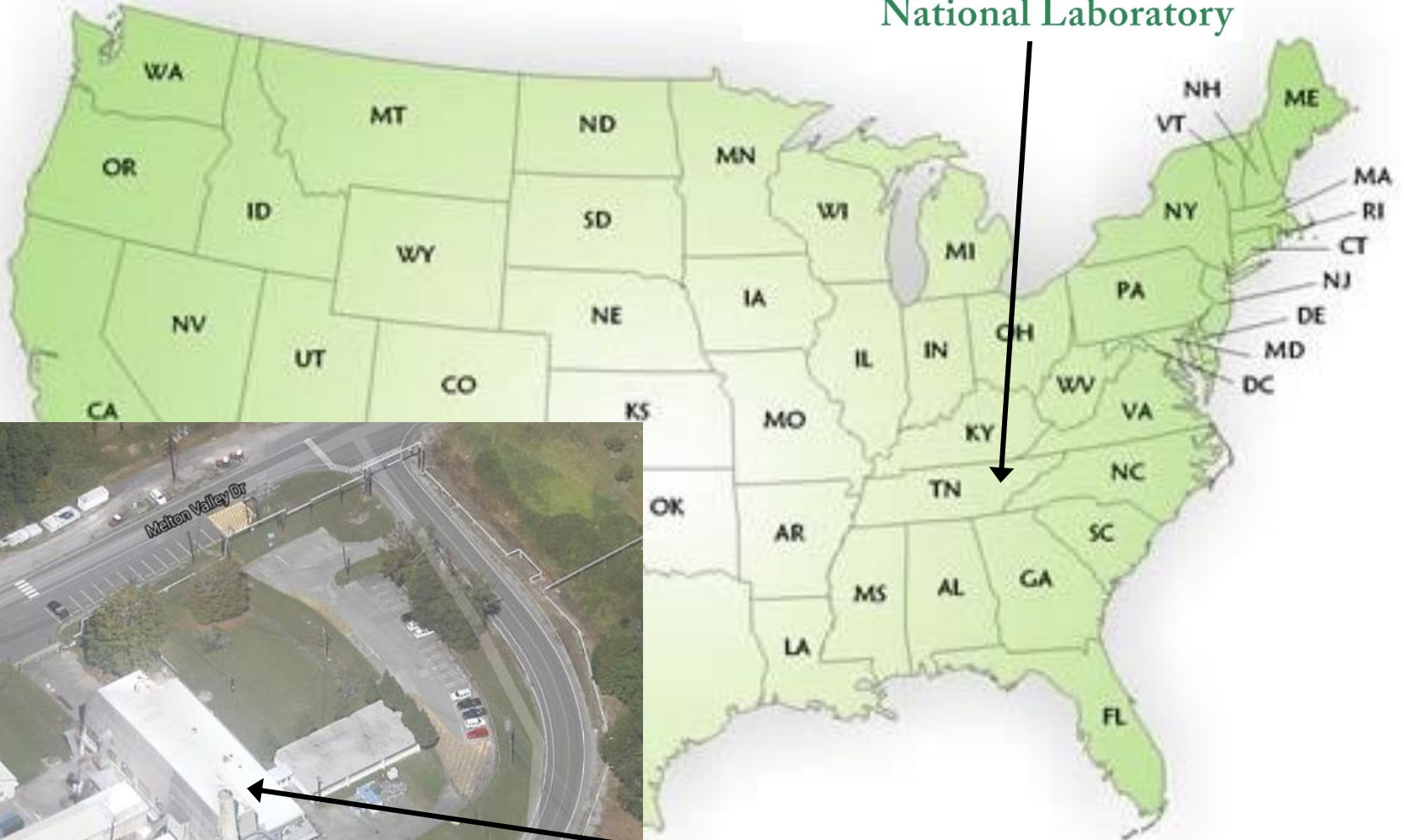




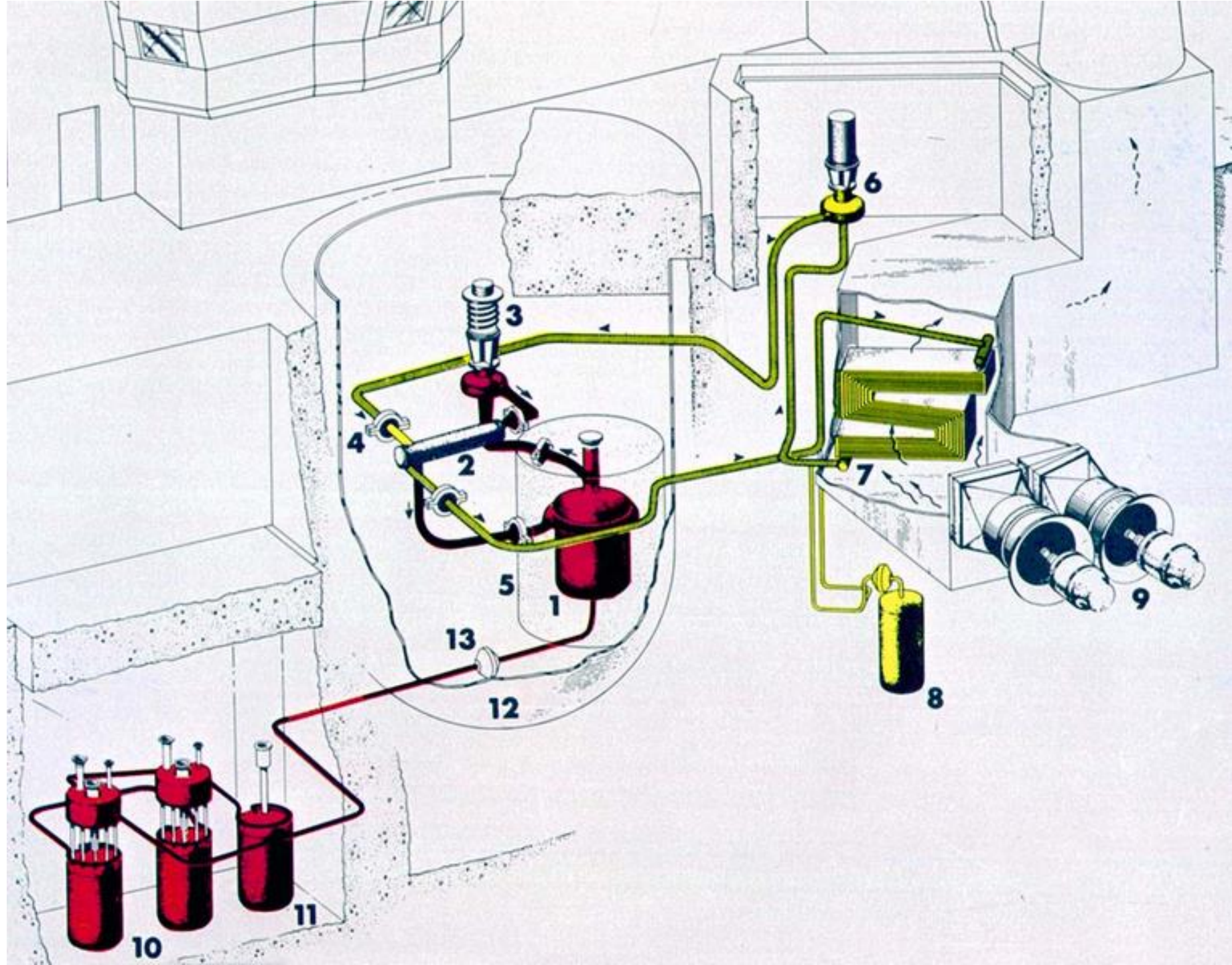
Alvin Weinberg

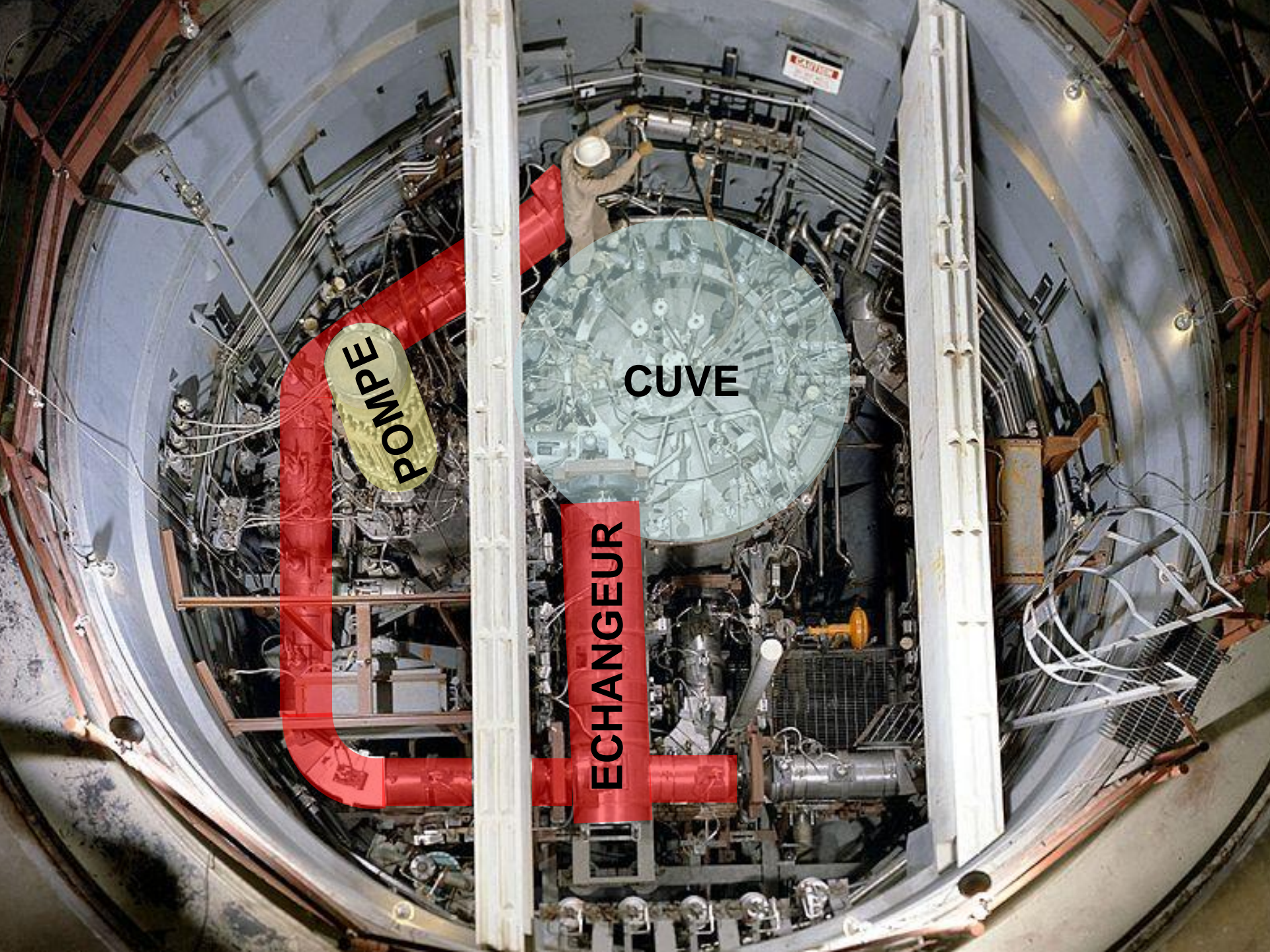
OAK RIDGE

National Laboratory



Molten Salt Reactor Experiment
(MSRE)





POMPE

CUVE

ECHANGEUR



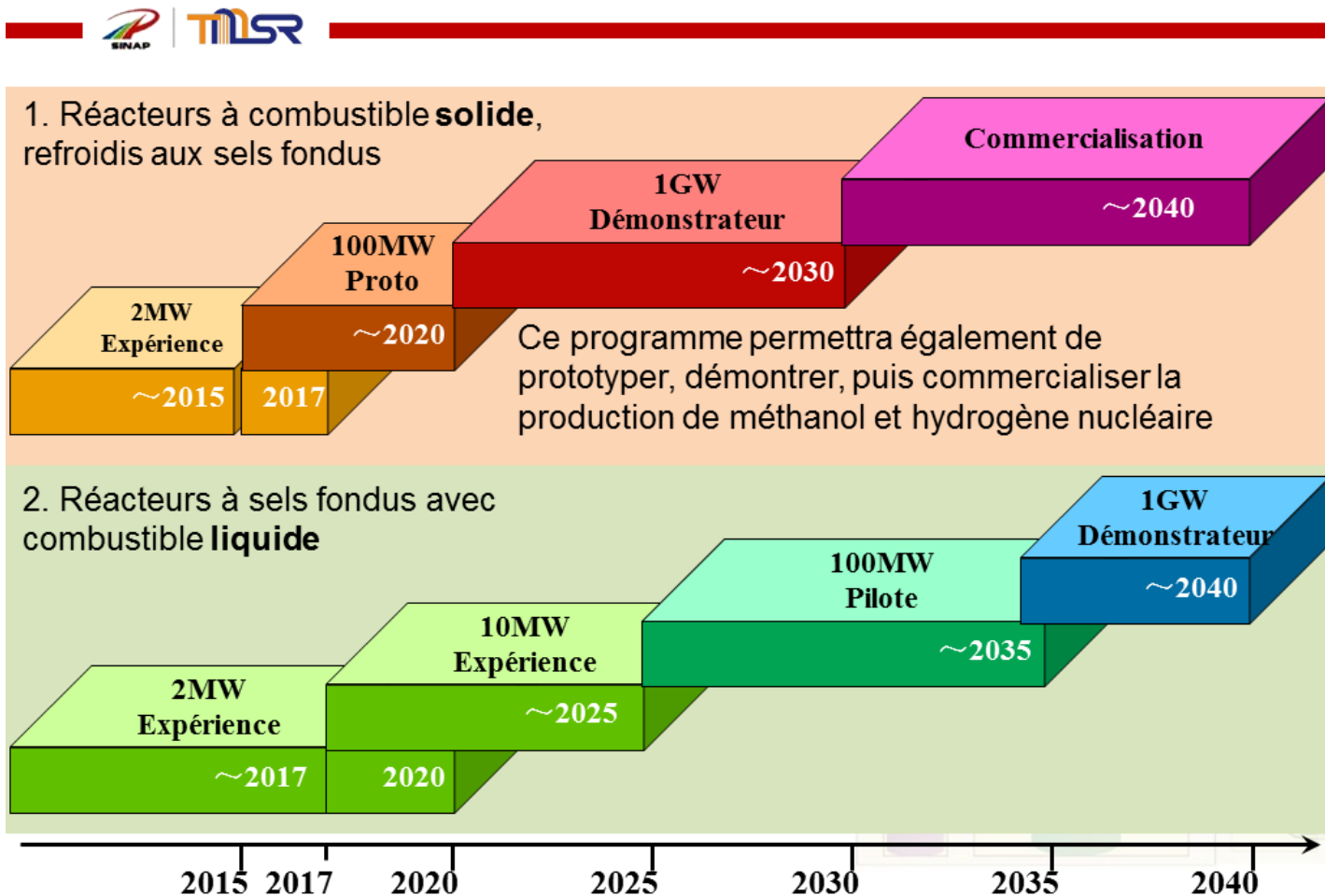




Jiang Mianheng



Hongjie Xu





TERRESTRIAL E N E R G Y

Ex-PDG, Energie
Atomique du
Canada limité

Avocat

Banquier

Ingénieur, industrie
des sables
bitumineux

David Leblanc
Physicien, expert
en réacteurs à
sels fondus

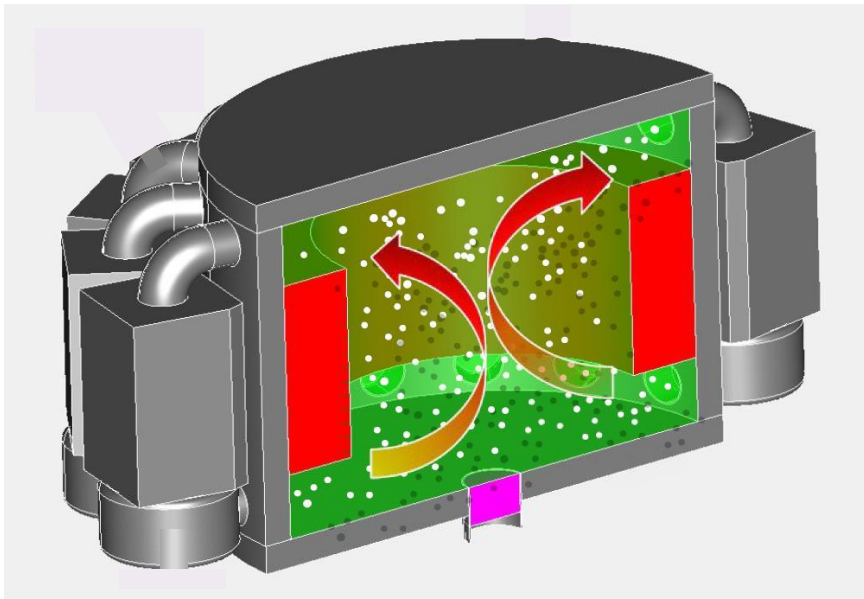
Scientifique,
exploration
pétrolière

Financier

Directeur, alliance pour
l'énergie du thorium
(association)

Cadre, industrie
pétrolière





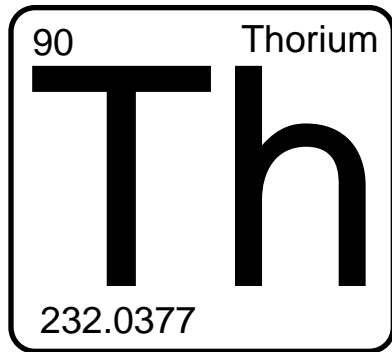
FISSION LIQUIDE

FIABLE 😊
BON MARCHÉ 😊
SÛR 😊
DURABLE 😊
PROPRE 😊



Request to the audience :

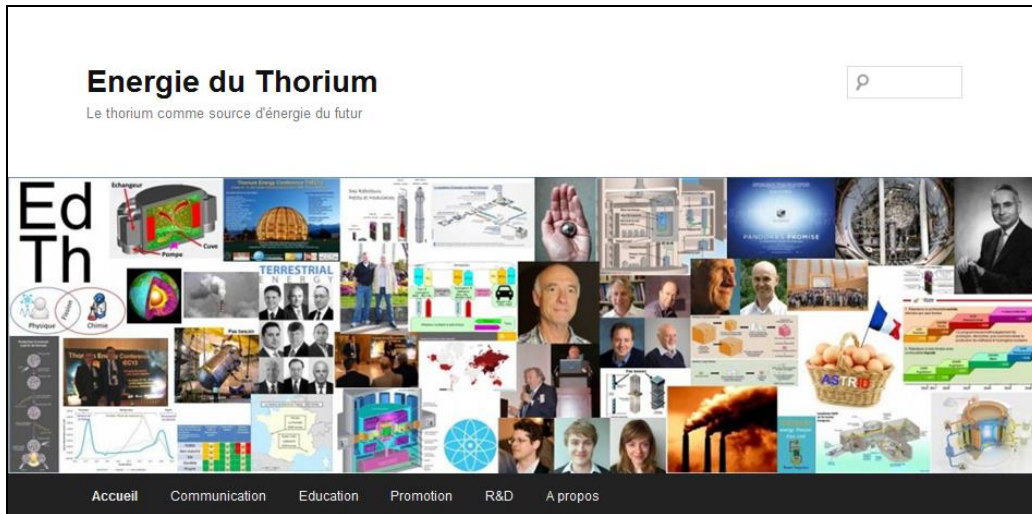
Please :



Think about

Liquid Fission

Pour en savoir plus :



<http://energieduthorium.fr>



<https://twitter.com/EnergieduTh>



<https://www.facebook.com/energieduthorium>



[LPSC Grenoble](#)