

# LES RÉACTEURS RAPIDES LES RÉACTEURS DU FUTUR

- J GUIDEZ
- CONFÉRENCE DU 11 DÉCEMBRE 2024



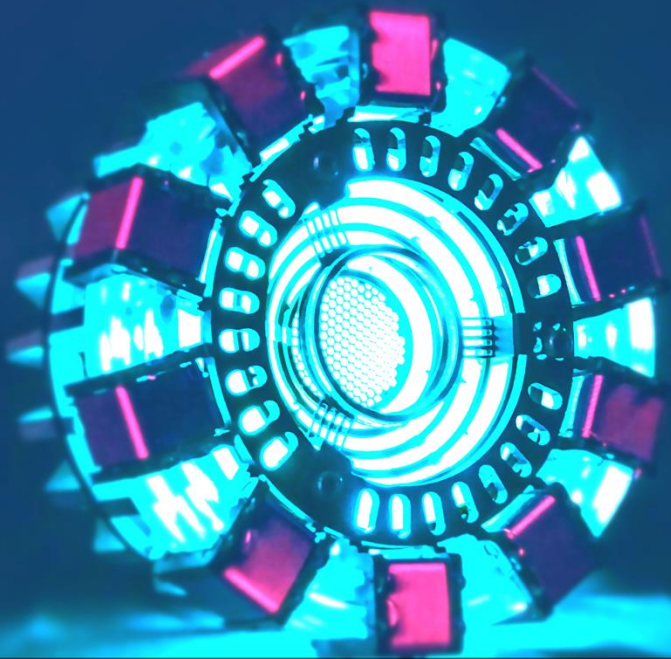
# PRESENTATION DU CONFÉRENCIER

- A DIRIGÉ TROIS RÉACTEURS : OSIRIS, HFR, PHENIX
- A PUBLIÉ DEUX LIVRES DE RETOUR D' EXPÉRIENCE; SUR LES RÉACTEURS PHENIX ET SUPERPHENIX
- CES DEUX LIVRES ONT ÉTÉ RÉÉDITÉS EN FRANCE ET ÉDITÉS EN ANGLAIS
- A PUBLIÉ EN 2023 ET 2024 DEUX LIVRES SUR LE FUTUR DES RÉACTEURS RAPIDES

# LES RÉACTEURS RAPIDES

> le nucléaire du futur

Joël GUIDEZ



Nos déchets nucléaires vont-ils passer à la poubelle  
ou fournir notre énergie pour des milliers d'années ?



## Fast Reactors

A Solution to Fight Against Global Warming

JOEL GUIDEZ



# REMERCIEMENTS

- A M BRECHET QUI A FAIT LA PREFACE
- A TOUS LES RELECTEURS QUI , DE PART LEUR COMPÉTENCE, ONT PERMIS DE PROPOSER, CORRIGER ET D'ASSURER LA VALIDITÉ SCIENTIFIQUE CE LIVRE

L'AUTEUR N' HABITE PAS EN ERMITE EN HAUT DE LA MONTAGNE , MAIS FAIT PARTIE D'UNE COMMUNAUTÉ SCIENTIFIQUE AVEC LAQUELLE IL PARTICIPE



# ET CE LIVRE AUJOURD'HUI ?

- MILLE TROIS CENTS LIVRES ONT ÉTÉ DIFFUSÉS : NEWCLEO, NAAREA , EDF, CEA, ORANO, HEXANA, ETC POUR L'ENSEMBLE DES PERSONNES QUI TRAVAILLENT POUR LES RAPIDES
- MAIS AUSSI DES POLITICIENS , DES JOURNALISTES , DES DÉCIDEURS, LES MINISTÈRES, LES SÉNATEURS..
- PREMIERS RETOURS ( BERNARD ACCOYER, BRICE LALONDE, SFEN,..)
- CONFÉRENCES PRÉVUES ( SFEN LYON EN JANVIER ) OU EN DISCUSSION

# UN LIVRE, POUR QUOI, POUR QUI ?

POUR QUOI ? C'EST CLAIR : POUR AIDER AU REDÉMARRAGE DES RÉACTEURS RAPIDES

POUR QUI C'EST PLUS COMPLIQUÉ

- D'ABORD POUR TOUTES LES PERSONNES QUI TRAVAILLENT SUR CE CONCEPT
- MAIS AUSSI POUR LES JOURNALISTES , LES DÉCIDEURS, LES POLITICIENS, ...

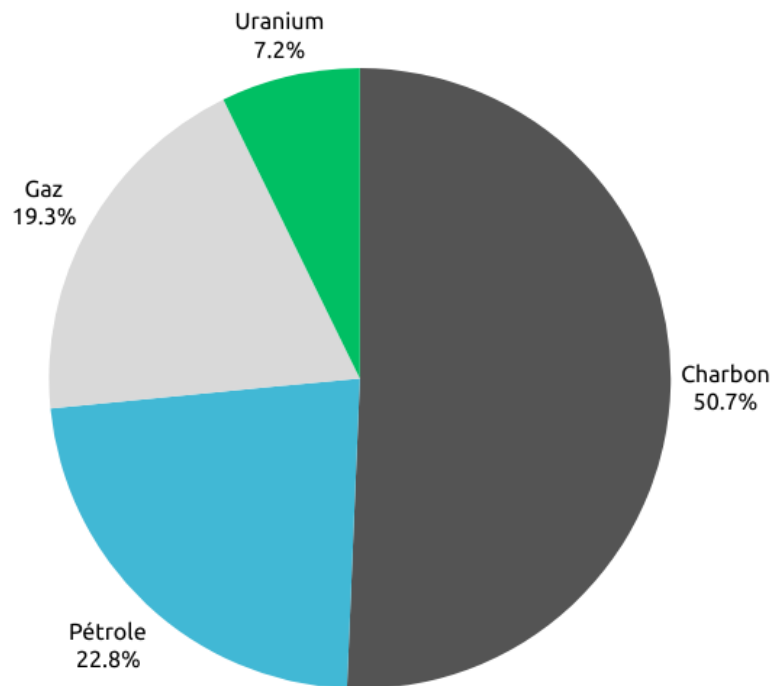
D'OÙ LA FORME RETENUE POUR LE LIVRE



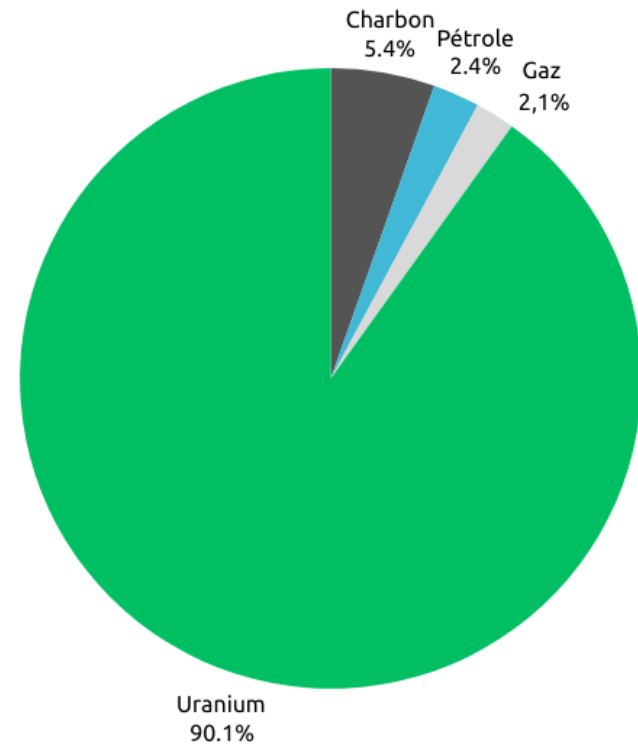
# LES RÉACTEURS RAPIDES SONT INDISPENSABLES A MOYEN ET LONG TERME

- LA TRANSITION ÉNERGÉTIQUE EST IMPOSSIBLE SANS UN MIX AVEC DU NUCLÉAIRE
- L'EXEMPLE DE L'ALLEMAGNE NOUS LE DÉMONTRE ANNÉES APRÈS ANNÉES
- LE REMPLACEMENT DES ÉNERGIES FOSSILES PAR L'ÉLECTRICITÉ CONDUIT À UN ACCROISSEMENT DE LA DEMANDE ( 60 TWH/AN POUR LES VOITURES ÉLECTRIQUES, 5 EPR POUR PRODUIRE NOTRE HYDROGÈNE PAR ÉLECTROLYSE, ETC..)
- LE NUCLÉAIRE ACTUEL NE POURRA PAS SUIVRE A LUI SEUL ( MARCHÉ DE L'URANIUM, ACCUMULATION DES DÉCHETS...)

Cas de l'utilisation de l'uranium en réacteurs à eau : quantité d'énergies disponibles dans le monde (en Gtep)

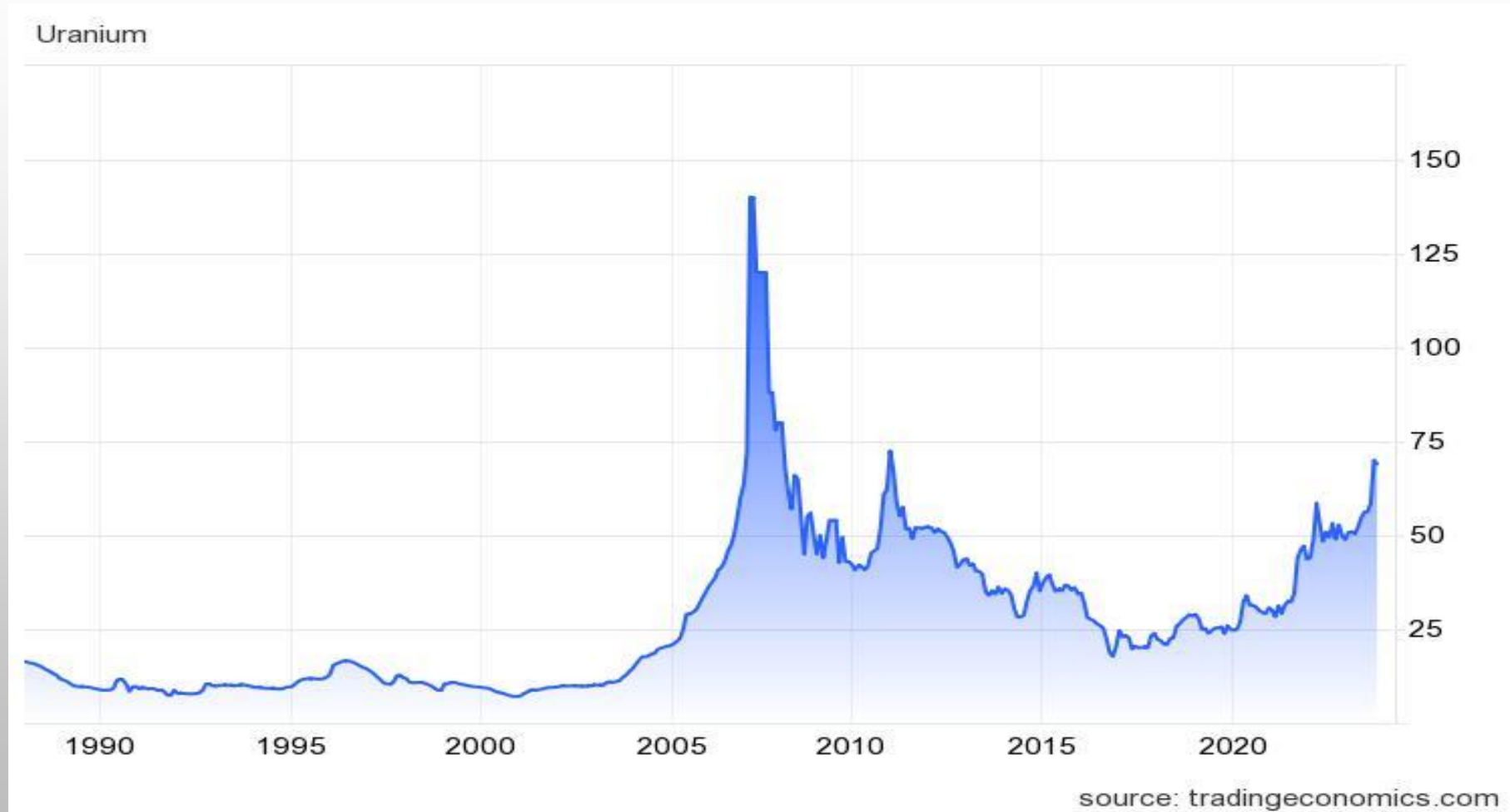


Cas de l'utilisation de l'uranium en réacteurs rapides : quantité d'énergies disponibles dans le monde (en Gtep)





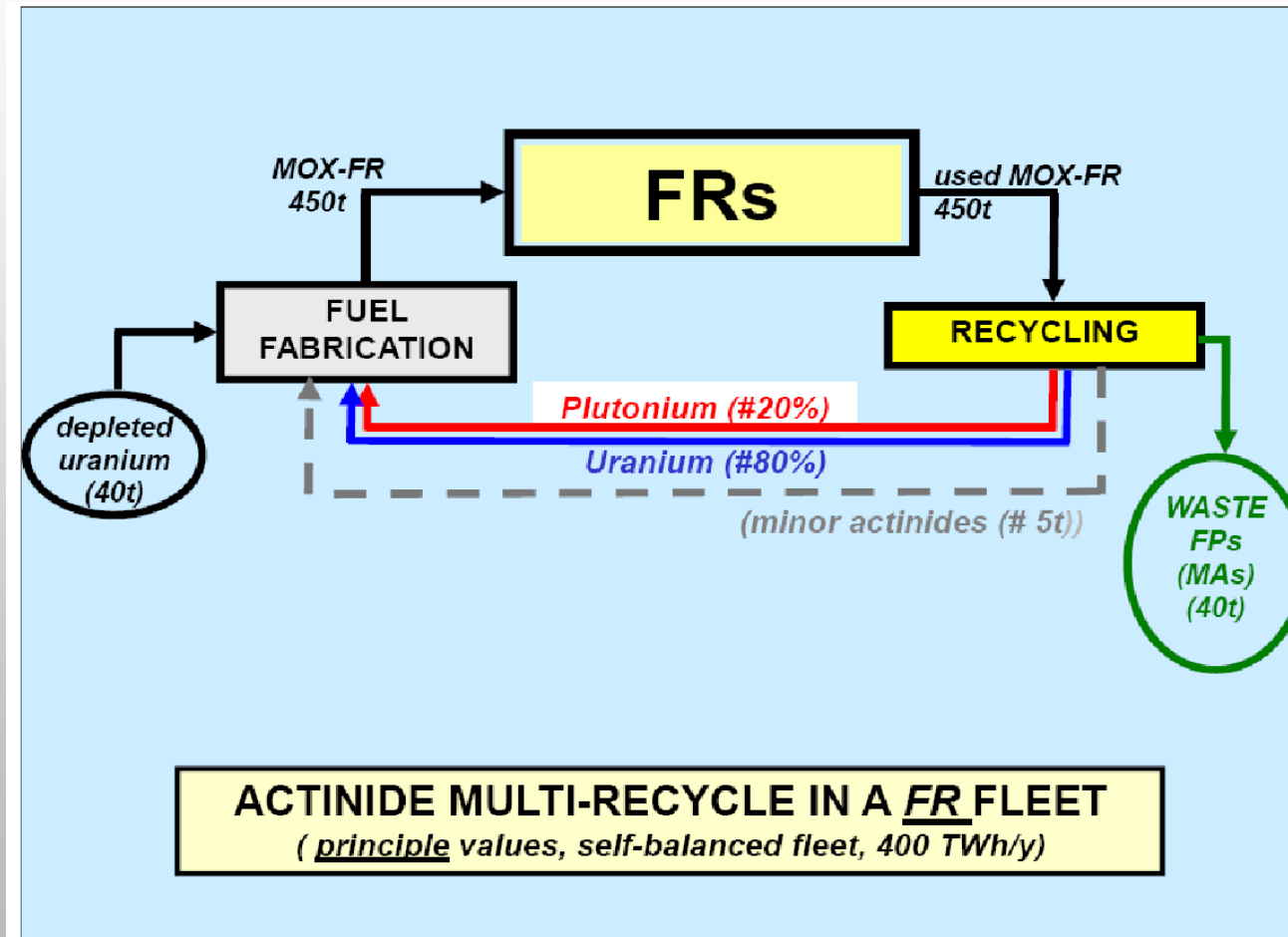
# TOUTES LES PROSPECTIVES MONTRENT QUE LES PRIX DE L'URANIUM VONT S'ENVOLER



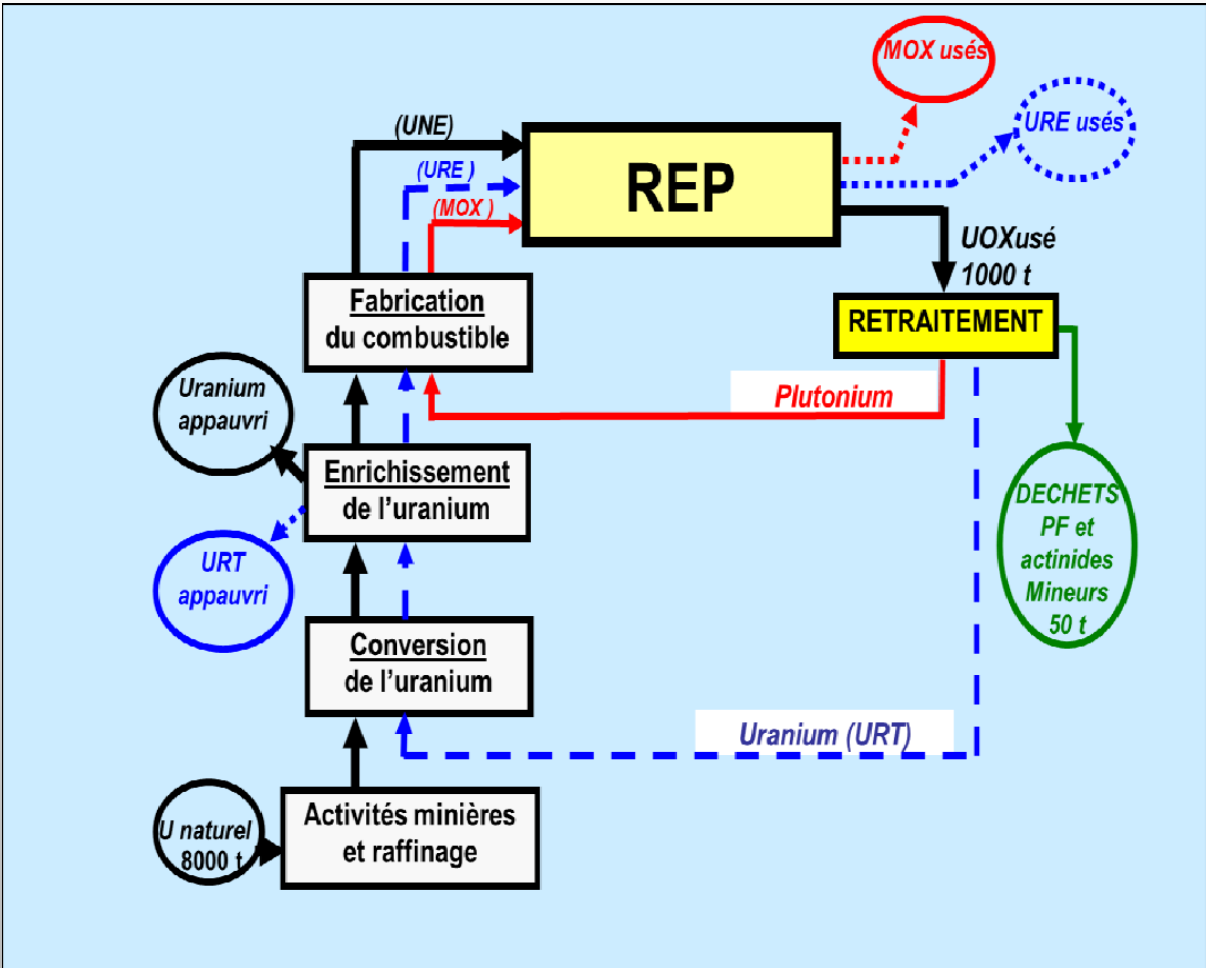
# PRIX ET SOUVERAINETÉ

- ENVIRON 1 MILLIARD /AN D' ACHATS D'URANIUM
- ENVIRON UN MILLIARD ANNONCÉ DE RECHERCHE ET PROSPECTION EN MONGOLIE
- DES PROBLÈMES DE GÉO POLITIQUES ( VOIR NIGER) ET DES RISQUES INCONNUS
  
- PRIX POUR LES MÉNAGES ACTUELLEMENT LA MOYENNE NATIONALE EST DE 2400 €/AN PAR MÉNAGE . EDF DIT QUE LE PRIX DE L'URANIUM N'EST QUE 7 % DU PRIX DE PRODUCTION. SI ON APPLIQUE UNE RÈGLE DE TROIS SIMPLE ET FAUSSE (EN SUPPOSANT QUE LES TAXES DIVERSES SONT PROPORTIONNELLES À CE PRIX). CHAQUE MÉNAGE FRANÇAIS PAYE ENVIRON 100 €/AN D'URANIUM ! ALORS QUE LES DÉCHETS SONT DISPONIBLES !

# DES RÉACTEURS ISO GÉNÉRATEUR



# SIMPLIFICATION POSSIBLE DU CYCLE REP



# RÉSUMÉ DE L'INTÉRÊT DES RAPIDES

- UTILISATION DES DÉCHETS EXISTANTS (MATIÈRES VALORISABLES ! )
- PLUS BESOIN DE MINES D'URANIUM OU D'USINES D'ENRICHISSEMENT
- SOUVERAINETÉ ET PÉRENNITÉ
- ECOLOGIE AMÉLIORÉE
- RÉACTEURS PLUS SIMPLES DONC PLUS SÛRS
- SIMPLIFICATION DU CYCLE COMBUSTIBLE DES REP

# QUELS TYPES DE RÉACTEURS RAPIDES POSSIBLES ?

- LES TRAVAUX DU GIF ( GEN IV INTERNATIONAL FORUM) ONT PERMIS DE FAIRE UN BILAN EXHAUSTIF DE TOUS LES RÉACTEURS POSSIBLES ET LES CLASSENT DANS SIX FAMILLES
- DEUX NE SONT PAS DES RAPIDES ( HTR ET SCWR)
- LE RAPIDE A GAZ (GFR) POSE DES PROBLÈMES TECHNIQUES ET DE SURETÉ PEU SURMONTABLES
- IL NE RESTE QUE LES SFR( SODIUM ), LFR(PLOMB) ET MSR (SELS FONDUS)

# LES RAISONS DE L'ÉCHEC RELATIF D'IMPLANTATION DES RAPIDES DANS LE MONDE EN 2024

- DIFFICULTÉS TECHNIQUES ? NON
- SURCOÛT PAR RAPPORT AUX REP OUI
- DES PROBLÈMES DE SURETÉ ? NON ( PLUTÔT L'INVERSE)
- LA DIABOLISATION DU PLUTONIUM OUI
- NÉCESSITÉ DE DISPOSER D'UNE USINE DE RETRAITEMENT OUI
- NÉCESSITÉ D'INVESTISSEMENTS INITIAUX OUI
- PROBLÈMES POLITIQUES OUI EN FRANCE
- COUT RELATIVEMENT BAS DE L'URANIUM OUI

# PLUTONIUM MON AMOUR !

- DIABOLISATION DU PLUTONIUM ( USA ET AUTRES)
- 40% DE NOTRE ENERGIE ÉLECTRIQUE NUCLÉAIRE ACTUELLE EST PRODUITE PAR LE PLUTONIUM
- L' ABERRATION DES ÉTUDES ACTUELLES DE MULTI RECYCLAGE EN REP
- LE PLUTONIUM ISSU DU RETRAITEMENT N'EST PAS PROLIFÉRANT



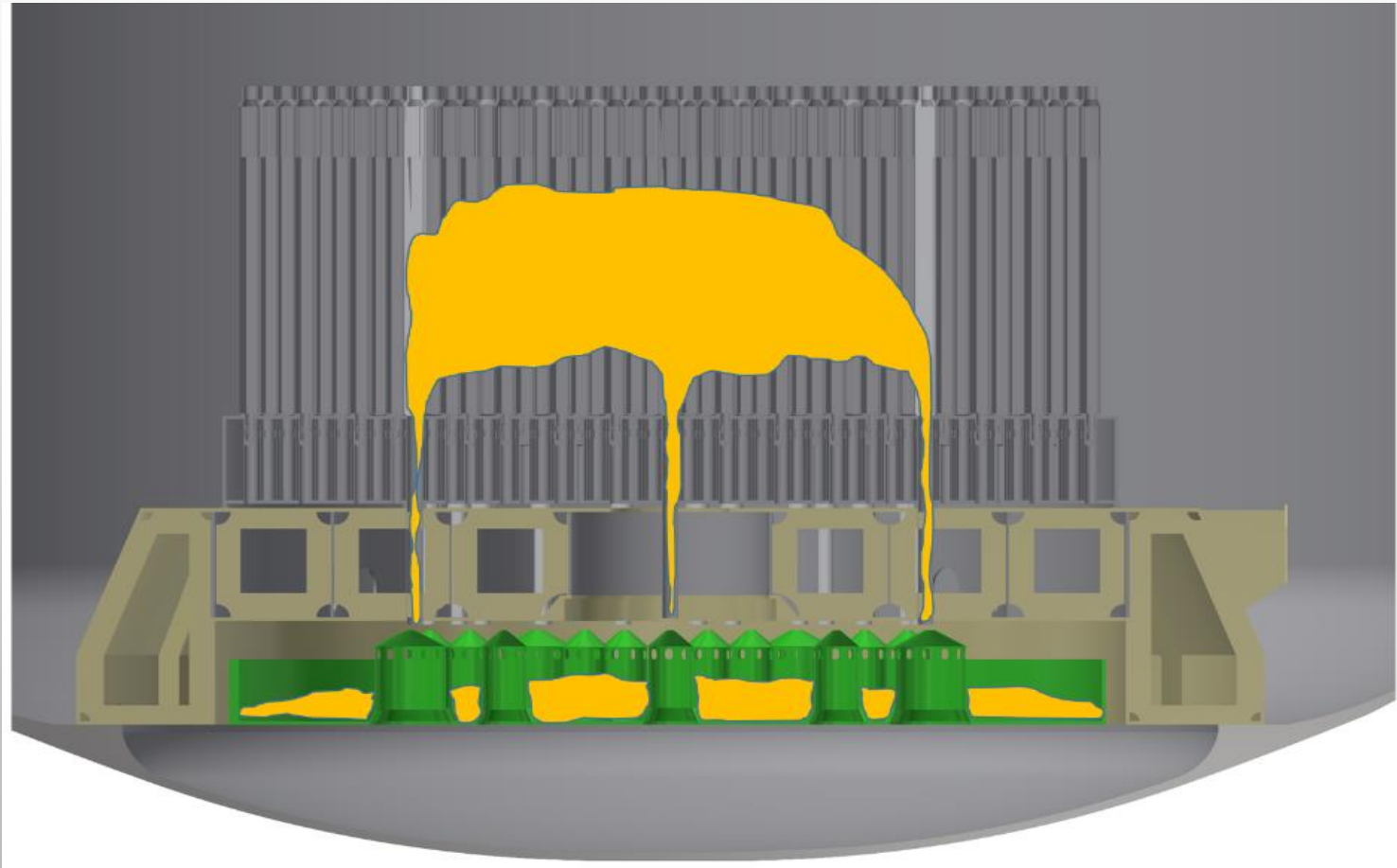
# LES SFR (SODIUM FAST REACTOR)

- C'EST LA FILIÈRE QUI A LE PLUS GRAND RETOUR D' EXPÉRIENCE
- ACTUELLEMENT RUSSIE, CHINE, INDE.. ONT DES RÉACTEURS EN OPÉRATION ( BN600, BN 800 )  
OU EN CONSTRUCTION
- LA FRANCE A UN GRAND RETOUR D' EXPÉRIENCE ET PEUT DONC ENVISAGER DE PASSER  
DIRECTEMENT À UNE PUISSANCE INDUSTRIELLE (EXEMPLE ASTRID 600 MWE)
- DIFFICULTÉS PLUS MÉDIATIQUES ET POLITIQUES ( ARRÊT SPX PUIS ASTRID) QUE TECHNIQUES

# LES DERNIÈRES AVANCÉES SUR LES SFR

- LES ÉTUDES ASTRID ONT PERMIS DES AVANCÉES SUR LA CONCEPTION DU CŒUR ( COEFFICIENT DE VIDE QUASI NUL, TROISIÈME JEU DE BARRES PASSIF, TUBES DIRECTIONNELS POUR LE CORIUM; ETC. )
- DEPUIS L' ARRÊT D' EFR ( EUROPEAN FAST REACTOR) DES PROJETS EUROPÉENS SUCCESSIFS ONT PERMIS D'ACTUALISER LE CONCEPT
- LE PROJET ESFR SMART A PERMIS DE CONTINUER CETTE RÉACTUALISATION DU CONCEPT EN UTILISANT LES ACQUIS D' ASTRID ET EN RÉPONDANT AUX NORMES DE SURETÉ POST FUKUSHIMA

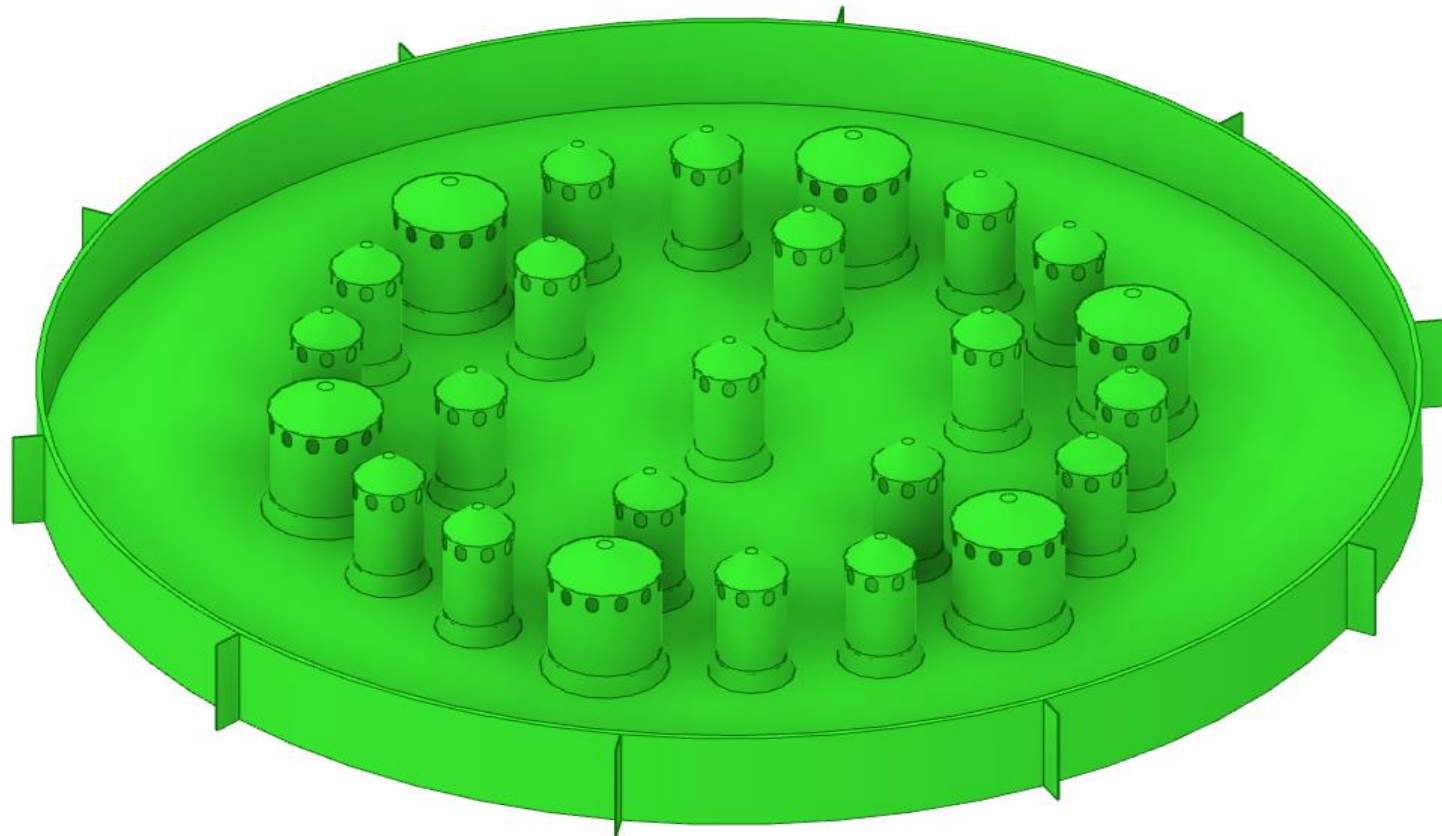
# LES AVANCÉES DU CŒUR ASTRID



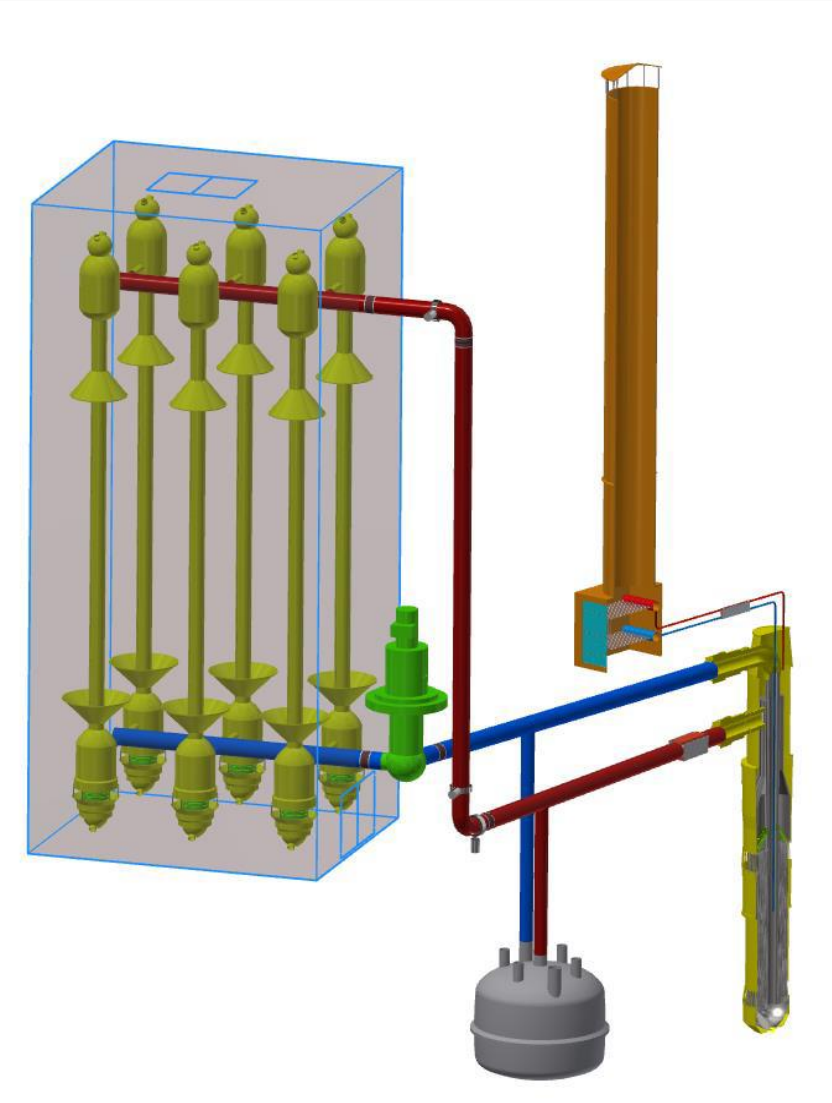
# QUELQUES SIMPLIFICATIONS

- DALLE ÉPAISSE PASSIVE
- SUPPRESSION CUVE DE SÉCURITÉ
- SUPPRESSION DÔME OU TABLE POLAIRE
- TUYAUTERIES SECONDAIRES DROITES ( GAIN DE 50% SUR LES CIRCUITS SECONDAIRES)
- EVACUATION PUISSANCE RÉSIDUELLE PASSIVE ET HORS CUVE PRIMAIRE
- SYSTÈMES PASSIFS GÉNÉRALISÉS
- DISPOSITIFS ACTUALISÉS DE RÉPONSE AUX ACCIDENTS GRAVES ( CORE CATCHER, ETC.)

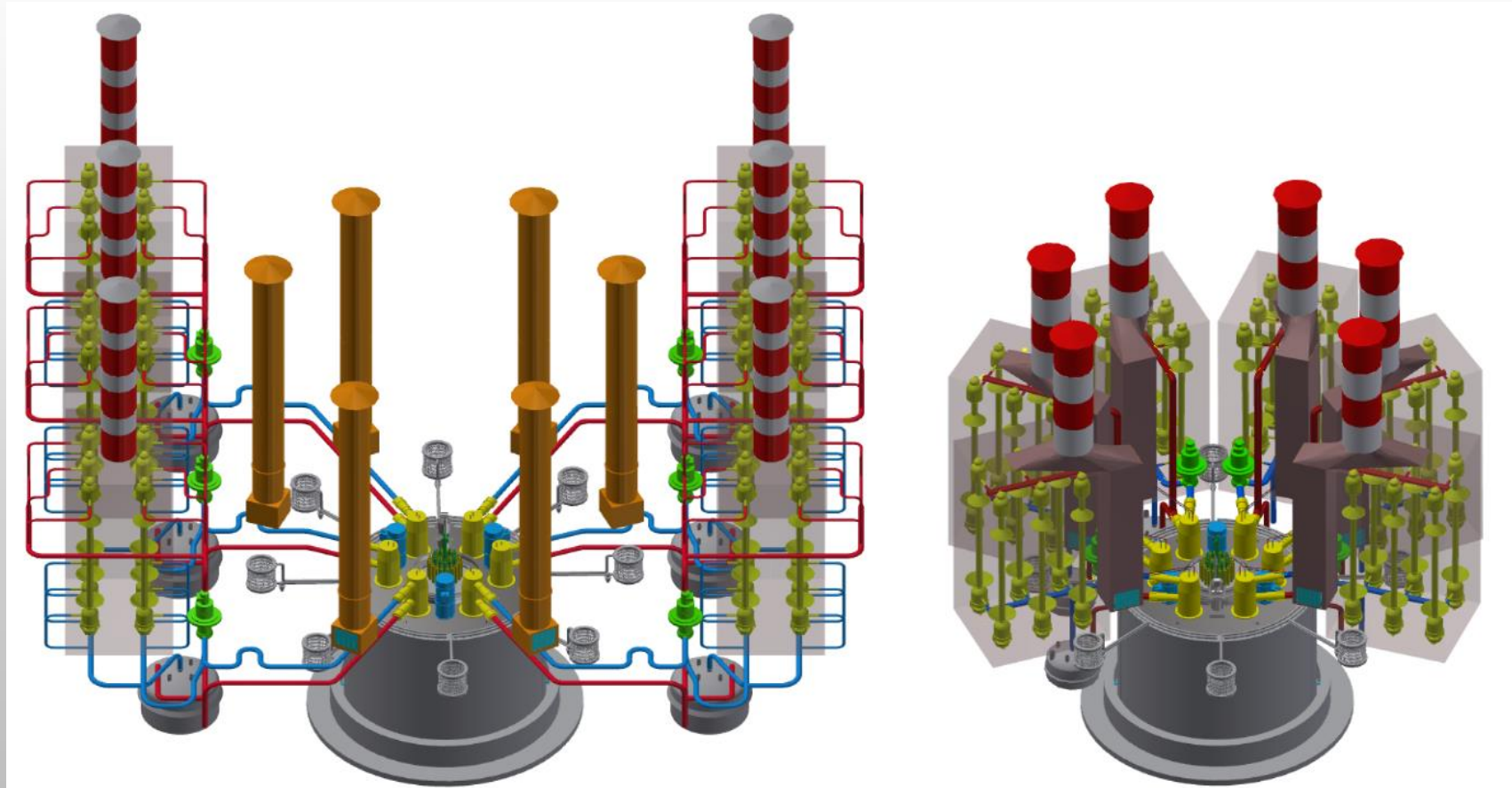
# LE RÉCUPÉRATEUR DE CORIUM



# LE CIRCUIT SECONDAIRE AVEC TUYAUTERIES DROITES



# ESFR SMART EXEMPLE DE SIMPLIFICATION GRÂCE AUX TUYAUTERIES SECONDAIRES DROITES



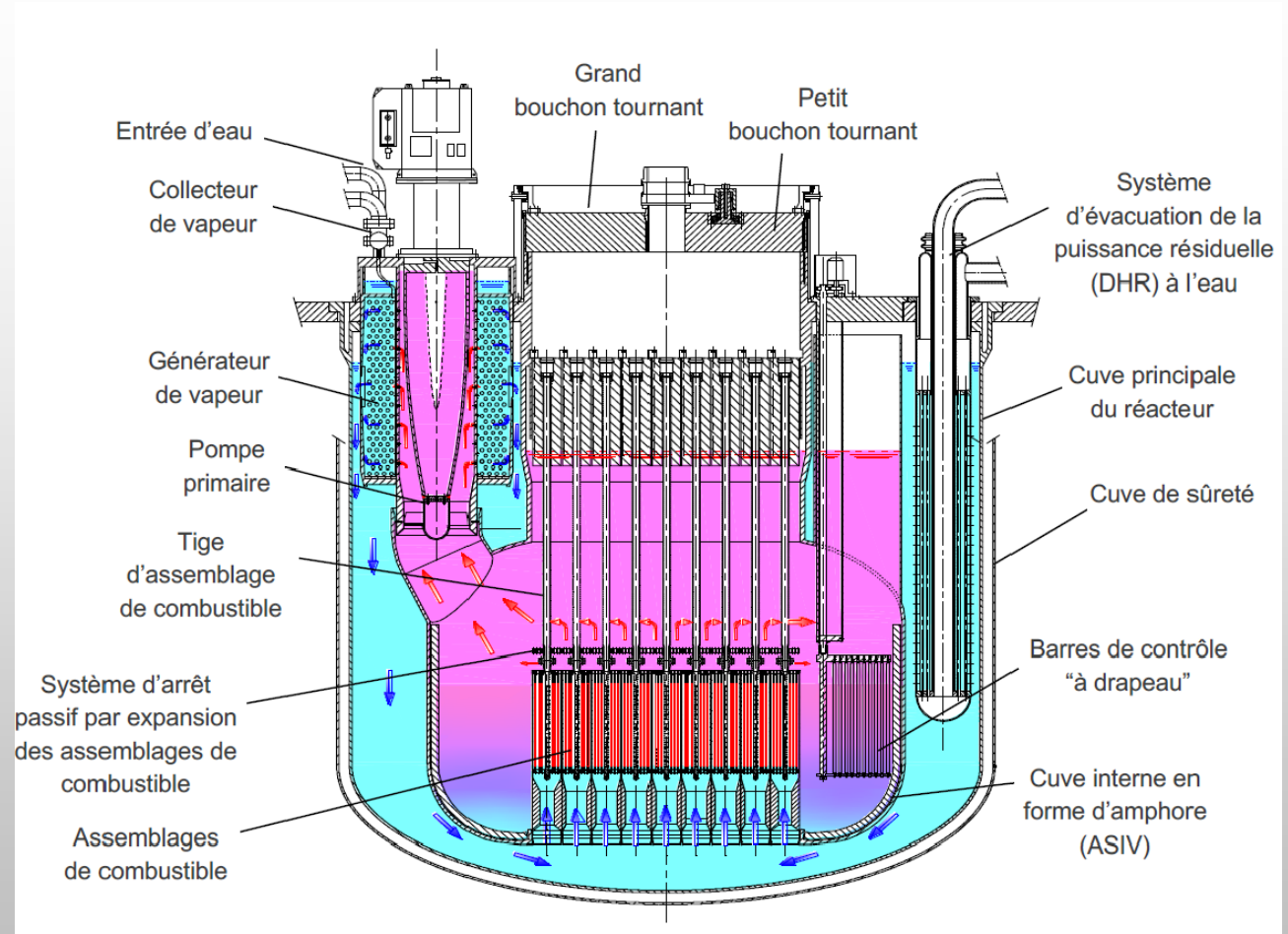
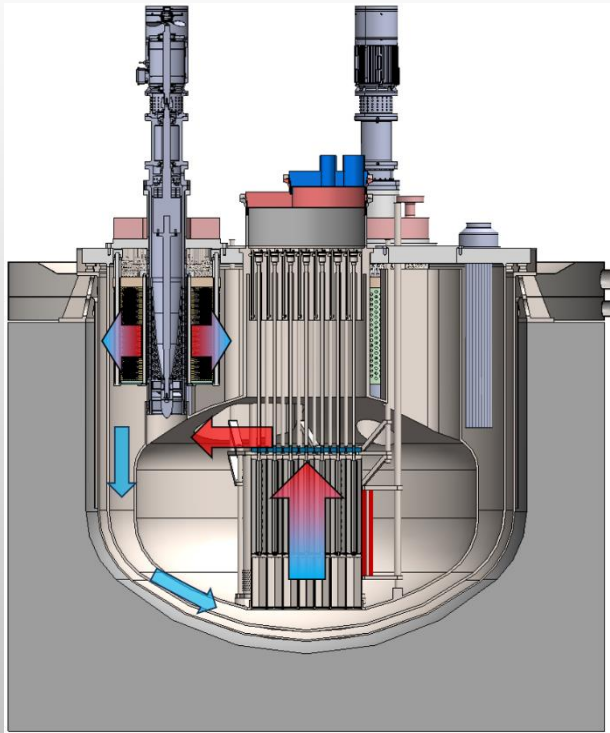
# CONCLUSION SUR LES PROJETS SFR

- LA START UP HEXANA REPREND LES PRINCIPES DE BASE D'ESFR SMART ET DÉVELOPPE UN PROJET SUR CES PRINCIPES
- UN PROJET EUROPÉEN ESFR SIMPLE A PRIS LA SUITE D' ESFR SMART ET REGARDE AVEC LES MÊMES CONCEPTS, LA CONCEPTION D'UN REACTEUR DE PUISSANCE PLUS RÉDUITE
- LE TERRAIN DÉDIÉ À ASTRID À MARCOULE EST DISPONIBLE . L' ÉTUDE DE SITE A DÉJÀ ÉTÉ EFFECTUÉE.
- RÉCENT ACCORD ENTRE FRAMATOME ET LE JAPON POUR LA CONSTRUCTION D' UN SFR DE 600 MW POUR 2040.

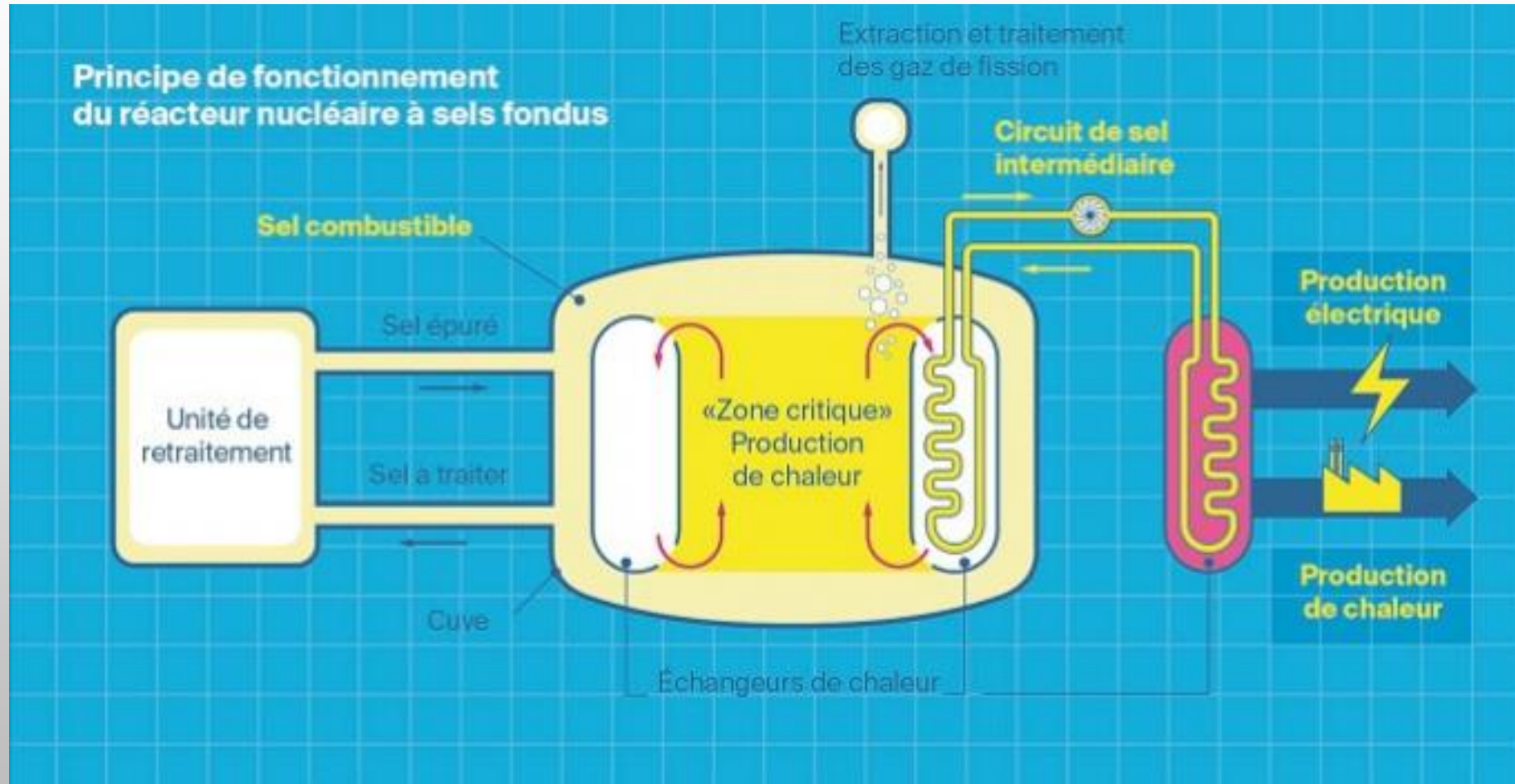


# POINT SUR LES LFR ( RÉACTEURS AU PLOMB)

- REX DE LA FILIÈRE ASSEZ FAIBLE : SOUS MARINS RUSSES
- DÉVELOPPEMENTS INTERNATIONAUX LIMITÉS SURTOUT À LA RUSSIE ( BREST 300 )
- PROJETS NEWCLEO EN FRANCE AVEC POUR COMMENCER UN PROTOTYPE DE 30 MW
- A NOTER, CHOIX DU MÊME COMBUSTIBLE QUE POUR LES PROJETS SFR



# LES RÉACTEURS À SEL FONDU



# LES RÉACTEURS À SELS FONDUS

- LA FILIÈRE QUI A LE MOINS DE RETOUR D' EXPÉRIENCE ( LE RÉACTEUR MSRE DANS LES ANNÉES 60 )
- LA FILIÈRE QUI A LE PLUS GRAND POTENTIEL THÉORIQUE
- UN PROTOTYPE EST NÉCESSAIRE (ETUDES DES START UP NAAREA ET STELLARIA EN COURS)
- UN PROTOTYPE VIENT DE DÉMARRER EN CHINE


# CONCLUSION FINANCIÈRE SUR LES RAPIDES

- IL FAUT RÉTABLIR LE TRIANGLE VERTUEUX INITIAL : REP/ RETRAITEMENT / RAPIDES
- LES COÛTS DE L'ABSENCE DES RAPIDES S'ACCUMULENT ANNÉE APRÈS ANNÉE
  - STOCKAGE DU PLUTONIUM ET DE L'URANIUM APPAUVRI
  - ACHAT D'URANIUM ET COÛT DE PROSPECTION
  - COMPLICATION ET COÛT DU CYCLE DES REP ( MOXAGE , CONTRAT URT , ..)
  - COÛT DU STOCKAGE DES MOX USAGES (NOUVELLE PISCINE A CONSTRUIRE)
  - COÛT DE CIGEO MULTIPLIÉ ENVIRON PAR TROIS

# LES DIFFICULTÉS DE LA DÉMOCRATIE

- DE GAULLE DISAIT « JE NE SUIS PAS DE DROITE OU DE GAUCHE, JE TRAVAILLE POUR LA FRANCE »
- LES RAPIDES SONT UN PROJET D'ÉNERGIE SOUVERAINE , ÉCOLOGIQUE ET INÉPUISABLE POUR DES CENTAINES D'ANNÉES / MAIS C'EST UN PROJET À LONG TERME
- CELA DEMANDE UNE CONSTANCE DANS LES CHOIX POLITIQUES
- EST-CE QUE DES ENTREPRISES PRIVATISÉES TRAVAILLENT POUR LES ACTIONNAIRES OU POUR LA FRANCE ?
- ET NOTRE GOUVERNEMENT ? QUI FAIT DU LONG TERME ?





H Jospin, mais pourquoi  
avez-vous arrêté SUPERPHENIX ?

Mais, enfin  
pour être élu !

Mais malheureux  
Il fallait assurer la  
souveraineté de la France !

# CONCLUSION

- VU LES DURÉES D' IMPLANTATION , IL FAUT PRENDRE LE PLUS RAPIDEMENT POSSIBLE LES DÉCISIONS POLITIQUES PERMETTANT DE PRÉSERVER NOTRE AVENIR ÉNERGÉTIQUE
- LE LANCEMENT DES PROTOTYPES DEVRAIT ÊTRE COUPLÉ AVEC LA CRÉATION DES USINES DE FABRICATION COMBUSTIBLE ET LES REMISES A JOUR DU RETRAITEMENT
- LA SEULE UTILISATION CONTINUE DES DÉCHETS ( 10 T DE PU PAR AN) PERMET D' IMPLANTER ENVIRON 1 À 2 GW DE RÉACTEURS ISO GÉNÉRATEURS PAR AN ( 12 T DE PU POUR LES DEUX CŒURS SPX)
- ET DES CENTAINES DE TONNES EXISTENT POUR FORME DIVERSE ( RAPPORT ANNUEL POUR L'AIEA)
- CES INVESTISSEMENTS PROGRESSIFS PERMETTRAIENT UNE RATIONALISATION GLOBALE ET DES GAINS SUBSTANTIELS DANS LE FUTUR
- DANS LA LUTTE CONTRE LE RÉCHAUFFEMENT CLIMATIQUE CES INVESTISSEMENTS DEVRAIENT ÊTRE PRIORITAIRES
- LE JAPON LANCE UN PROGRAMME SUR UN REACTEUR SFR DE 600 MW POUR 2040 , PROJET AUQUEL FRAMATOME S'EST ASSOCIÉ CETTE SEMAINE. [1]

[1] <https://www.framatome.com/medias/un-nouvel-accord-de-cooperation-signé-entre-framatome-et-le-japon-sur-les-developpements-des-reacteurs-a-neutrons-rapides-refroidis-au-sodium/?lang=fr>