

DE LA RECHERCHE À L'INDUSTRIE

cea

www.cea.fr

RÉACTEUR JULES HOROWITZ



PRÉSENTATION
JUN 2016

Étude du comportement des matériaux et combustibles sous irradiation

Soutien aux réacteurs nucléaires existants et futurs

- Contribution à la maîtrise de la durée de vie des centrales
- Support aux évolutions et aux innovations pour les centrales et pour le combustible
- Maîtrise de la sûreté associée

Défis : RJH réacteur de recherche haute performance

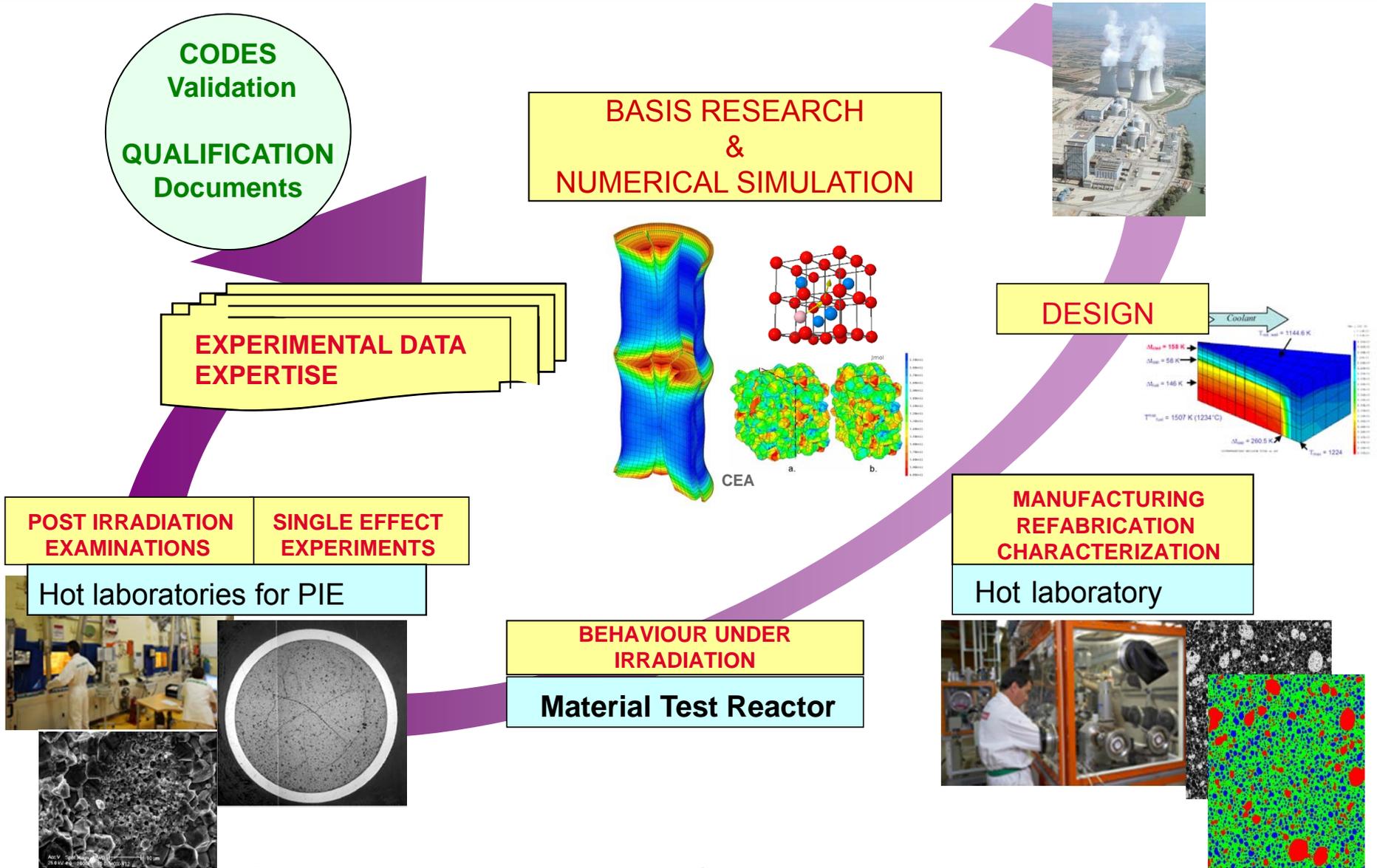
- Flux de neutrons important
- Reproduire l'environnement des réacteurs industriels, transitoires pour la sûreté
- Capacité expérimentale

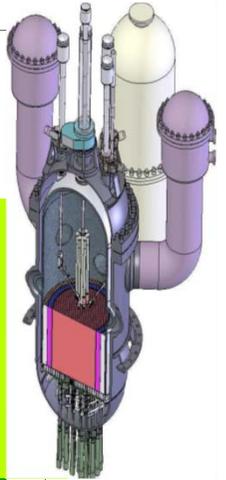
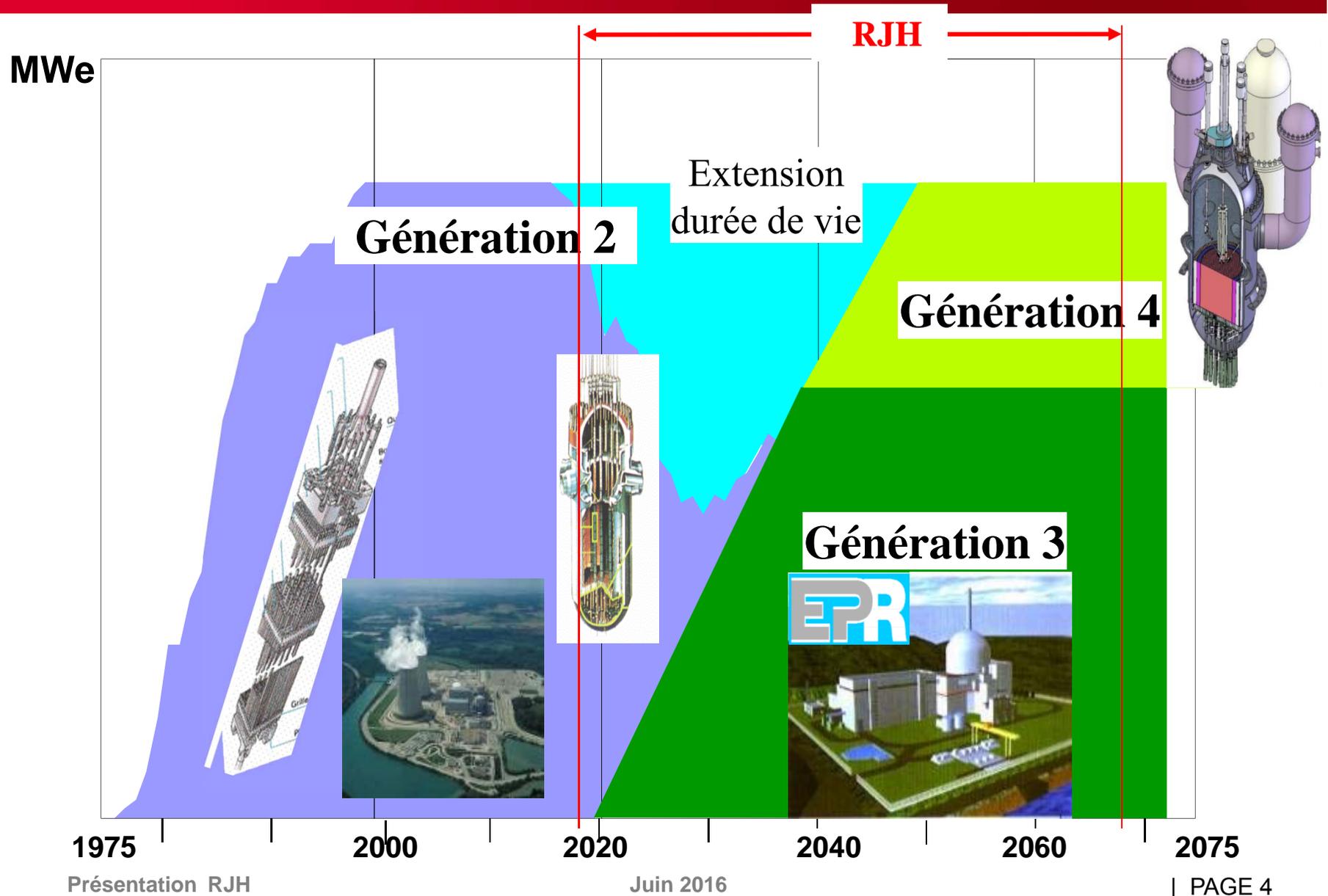
Production de radioéléments artificiels pour le médical

Production de Mo99 de fission pour le Tc99m

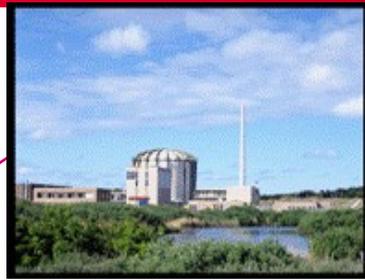
- 35 millions d'examens/an dans le monde
9 millions d'examens/an en Europe

LES RÉACTEURS D'IRRADIATION TECHNOLOGIQUE DANS LE CYCLE DE LA R&D NUCLÉAIRE MATÉRIAUX ET COMBUSTIBLE



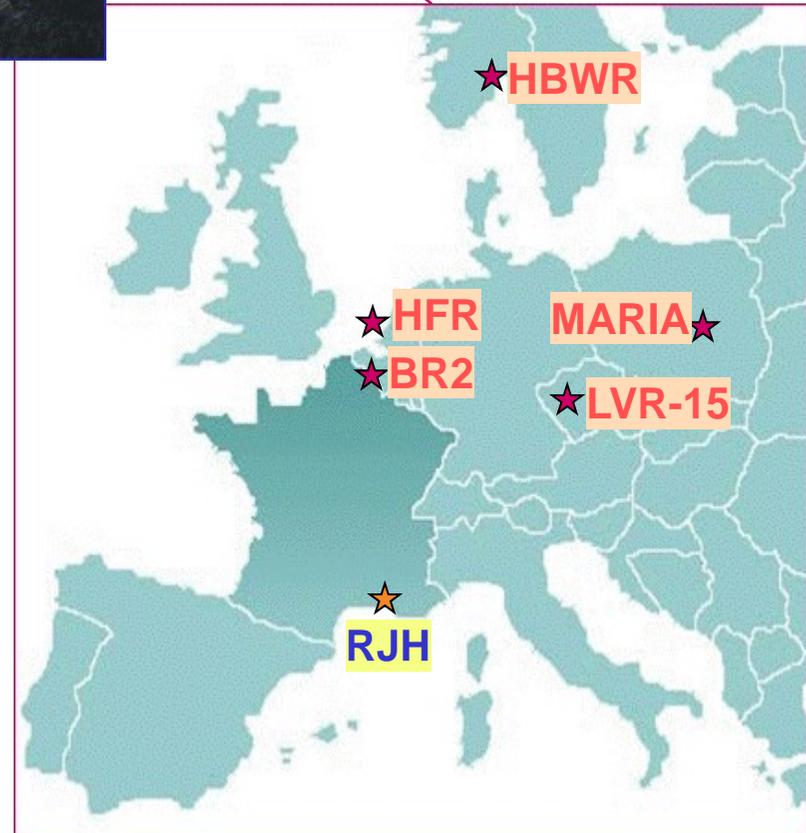
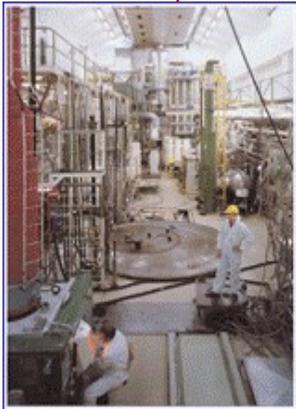


UN PARC VIEILLISSANT DE RÉACTEURS EXPÉRIMENTAUX



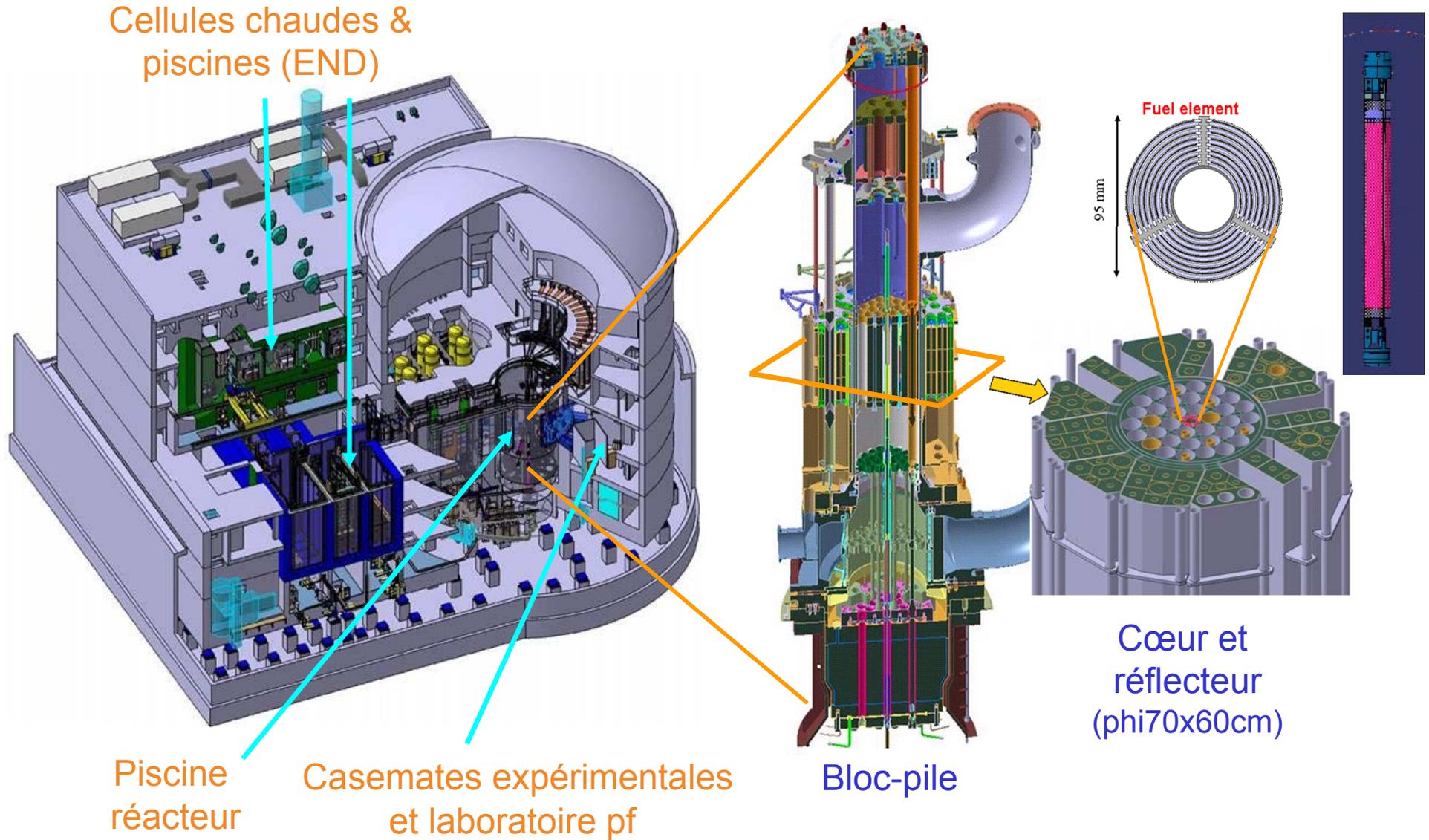
Âge des principaux MTRs en Europe en 2016 (années)

BR2 (B)	53
HALDEN (N)	58
HFR (NL)	55
LVR 15 (CZ)	58
MARIA (PO)	43
OSIRIS (F)	50 (arrêté fin 2015)



★ en construction

UNE INSTALLATION NOUVELLE DÉDIÉE AUX EXPÉRIMENTATIONS AUTOUR D'UN RÉACTEUR DE 100 MW





03/2007 : Signature of the JHR consortium

JHR consortium gathers organisations which take part financially in the construction of JHR (1 representative / organisation)

JHR Consortium partnership: Research centers & Industrial companies



Studsvik

AREVA



Ciemat
Centro de Investigaciones
Energéticas, Medioambientales
y Tecnológicas

SCK • CEN
STUDIECENTRUM VOOR KERNENERGIE
CENTRE D'ÉTUDE DE L'ÉNERGIE NUCLÉAIRE



CEA = Owner & nuclear operator

JHR Members owners of guaranteed access rights in proportion of their financial commitment to the construction

Proprietary programs or Joint International Programs open to non-members

Open to new member entrance until JHR completion



Convention relative au RJH avec le CEA : 2010

Action : Soutien à l'industrie nucléaire dans le domaine de la performance économique que de la sûreté

- Cible : soutenir la construction d'une infrastructure de recherche majeure en Europe, destinée à assurer le remplacement du réacteur OSIRIS

Action : Production de radionucléides à usage médical; cas particulier du molybdène 99

- Cible : soutenir la mise en œuvre sur le RJH d'une capacité de production du molybdène comprise entre 25 et 50% du besoin européen selon la demande

UNE LABELLISATION ICERR DE L'AIEA : LE RJH ET LES INSTALLATIONS DE RECHERCHE ASSOCIÉES (SACLAY ET CADARACHE)

Objectives of the CEA-ICERR (IAEA Terms of Ref):

- ▶ Create international scientific networks
- ▶ Make available CEA facilities and experience to affiliates
- ▶ Lead innovative joint programs with shared results
- ▶ Enhance utilization of Research Reactors
- ▶ Host international scientists / engineers (visiting scientists, operators...)
- ▶ Provide “hands on” nuclear education “in the field”



09/2015
IAEA ICERR labelling
obtained

Welcoming Junior/or Senior Scientists, Nuclear Engineers, Operators, Safety within JHR teams for various: R&D progs, Hands-on training on equipments...

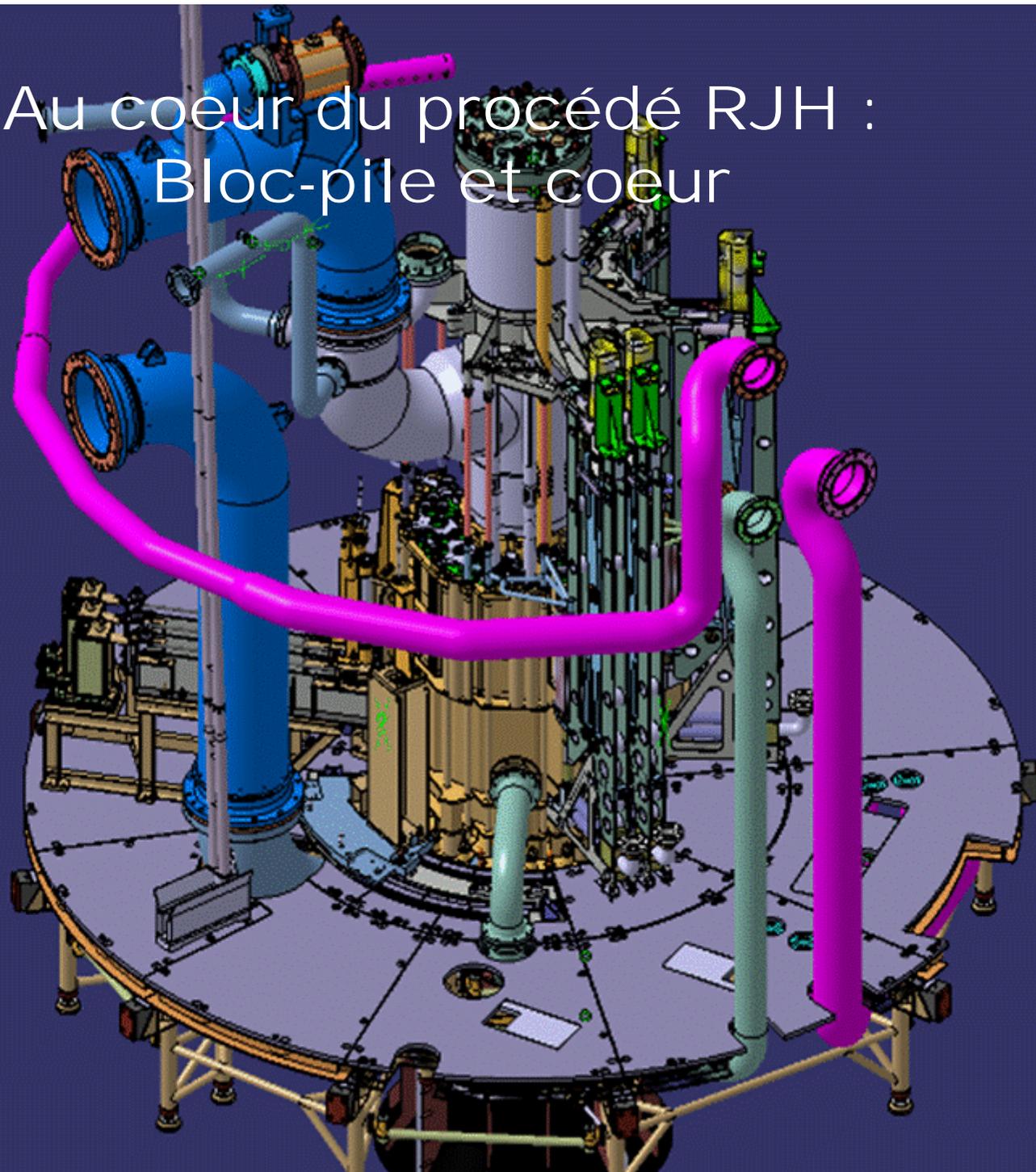
Études et construction

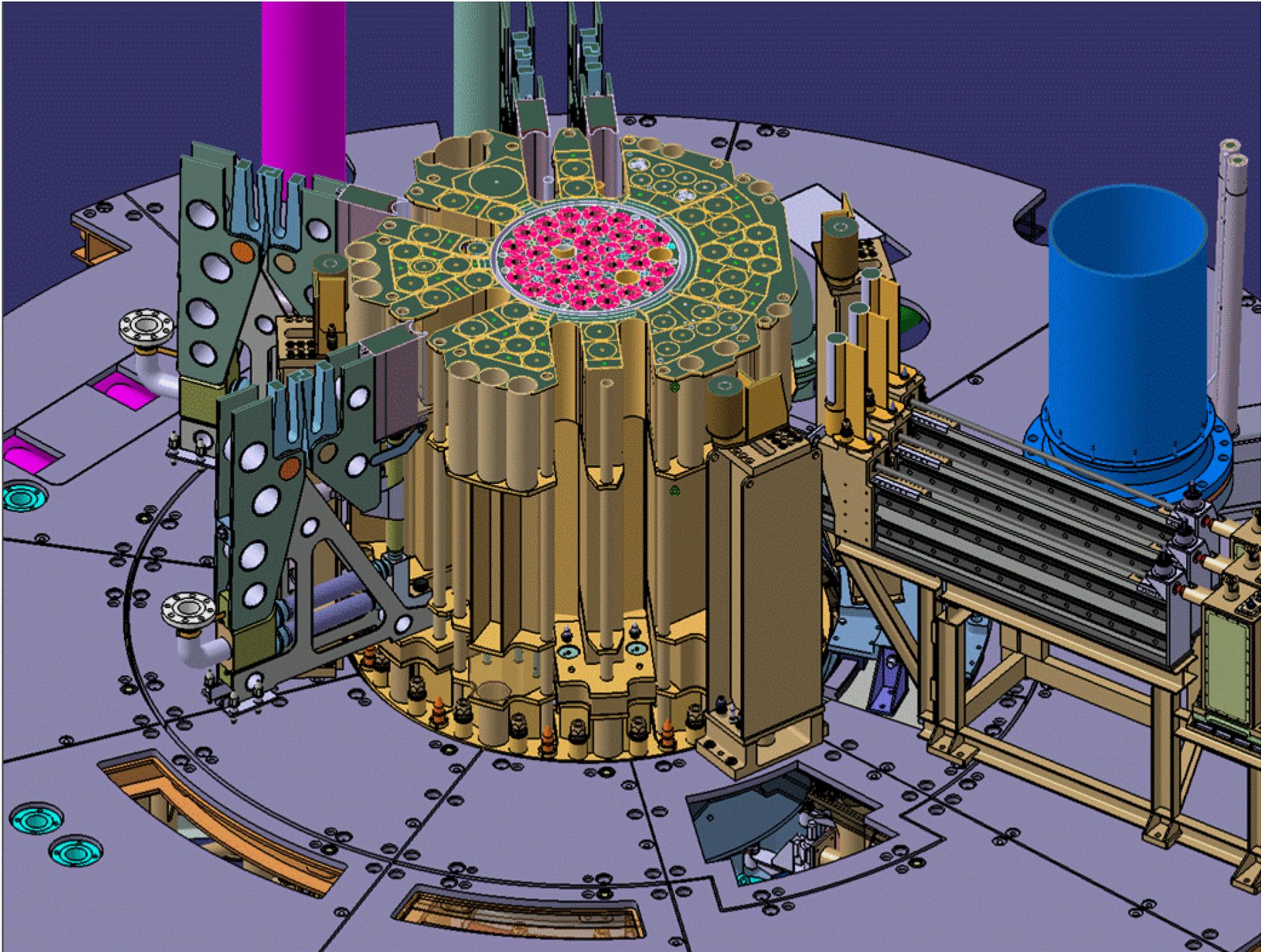
Etudes de définition	2003
Etudes de développement	2006
Passage en maîtrise d'œuvre de réalisation	2009
Génie-civil / 1 ^{er} béton	2009
Engagement marchés électro-mécaniques principaux	2011
Bétonnage du dôme du bâtiment réacteur	2015
Passage en fabrication du bloc-pile	2015
Montages électro-mécaniques	2015 - 2019

Démarrage

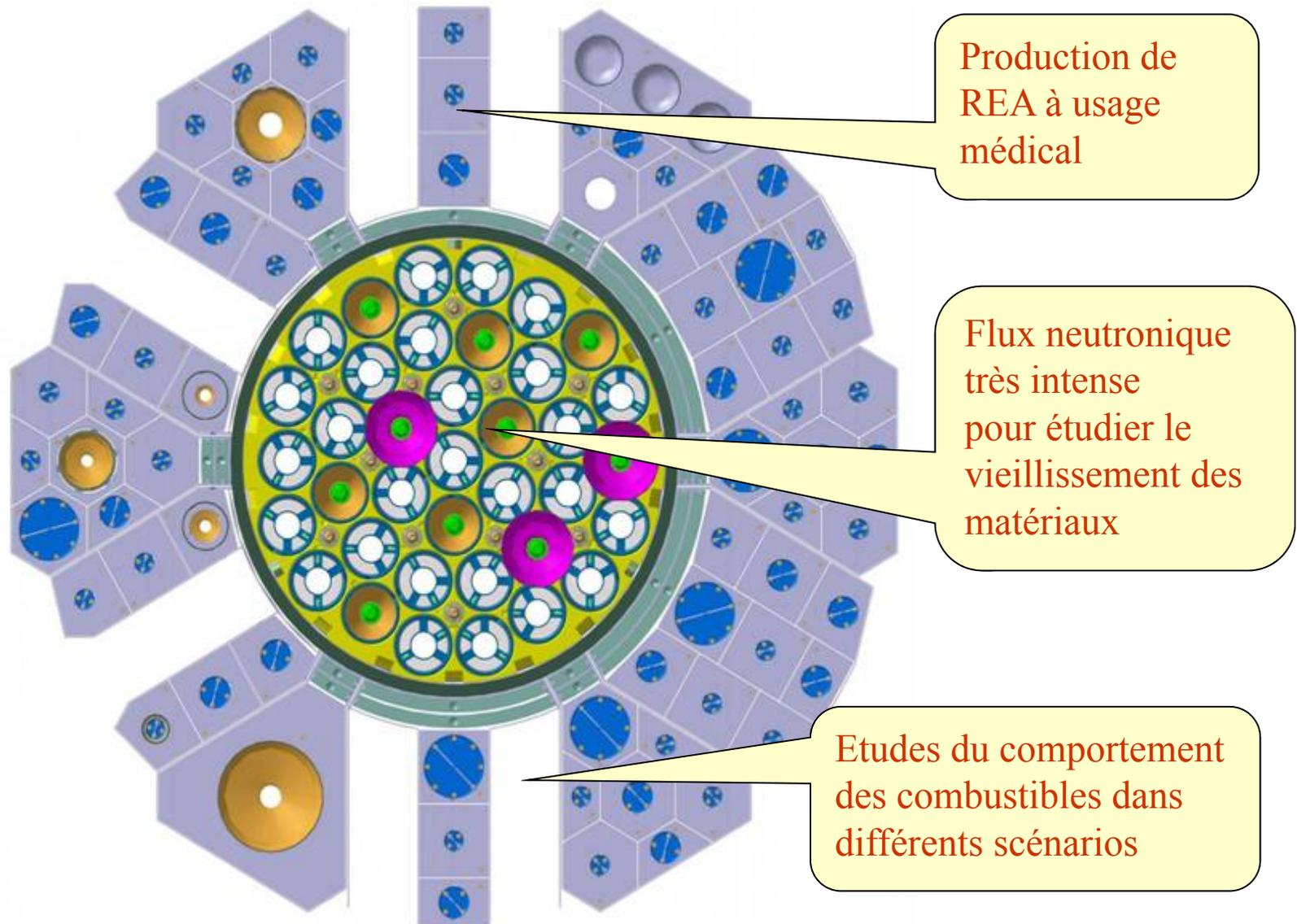
Essais de commission / 1 ^{ère} divergence / montée à puissance de démarrage	2019 - 2021
--------------------------------------------------------------------------------------	-------------

Au coeur du procédé RJH :
Bloc-pile et coeur



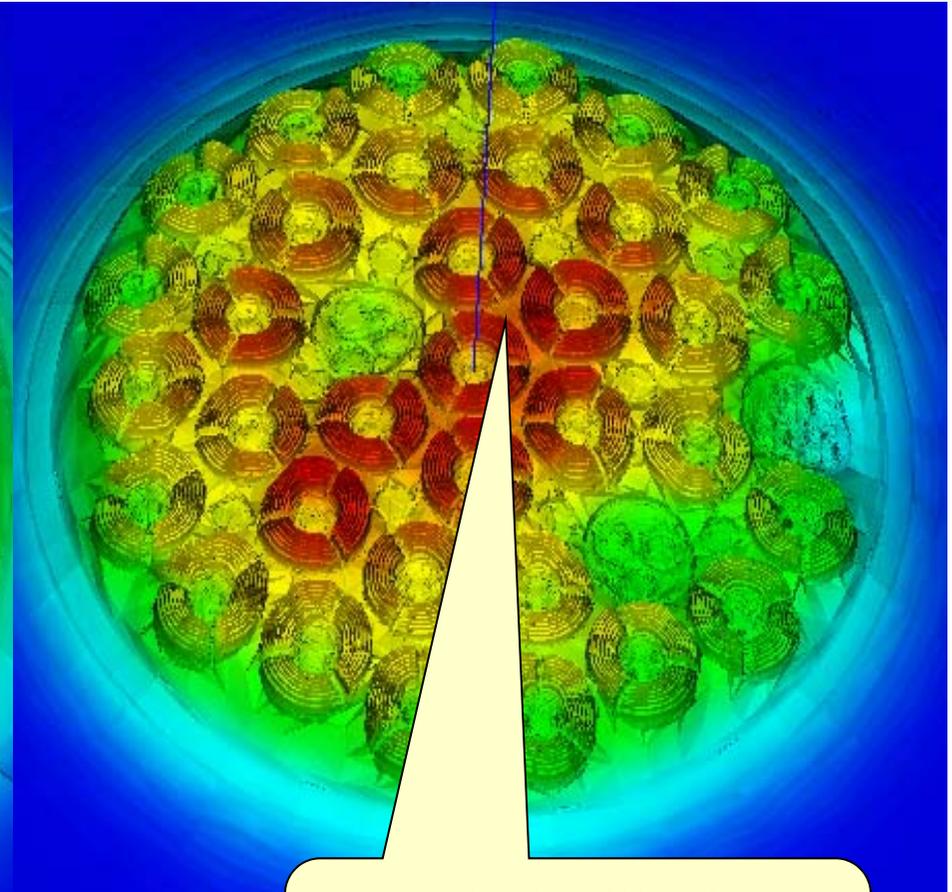
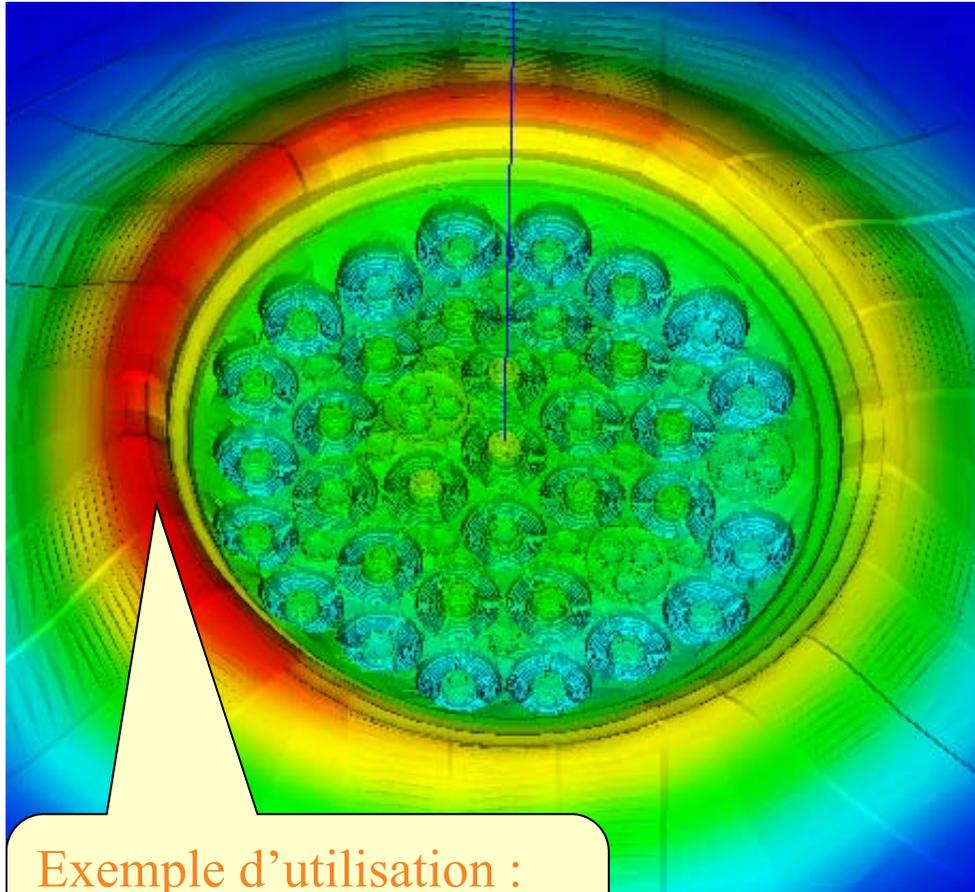


Type de réacteur :	piscine (cœur compact dans circuit faiblement pressurisé en piscine réacteur)
Modérateur :	H ₂ O
Réflecteur :	Béryllium, H ₂ O
Caloporteur :	H ₂ O
Puissance nucléaire max. :	100 MW th
Régimes d'exploitation :	70 MWth / 100 MWth
Durée de cycle :	25 à 30 JEPP
Élément combustible :	cylindrique à plaques cintrées Al
Combustible :	U ₃ Si ₂ , Al (au démarrage)
Puissance plaques :	moy. 160 W/cm ² ; pic local max avec incert. 550 W/cm ²
Vitesse eau en cœur :	~15 m/s
Température entrée cœur :	30°C



» Flux de neutrons thermiques

» Flux de neutrons rapides



Exemple d'utilisation :
Qualification ou rampes
combustible REL

Exemple d'utilisation :
Irradiations de
matériaux

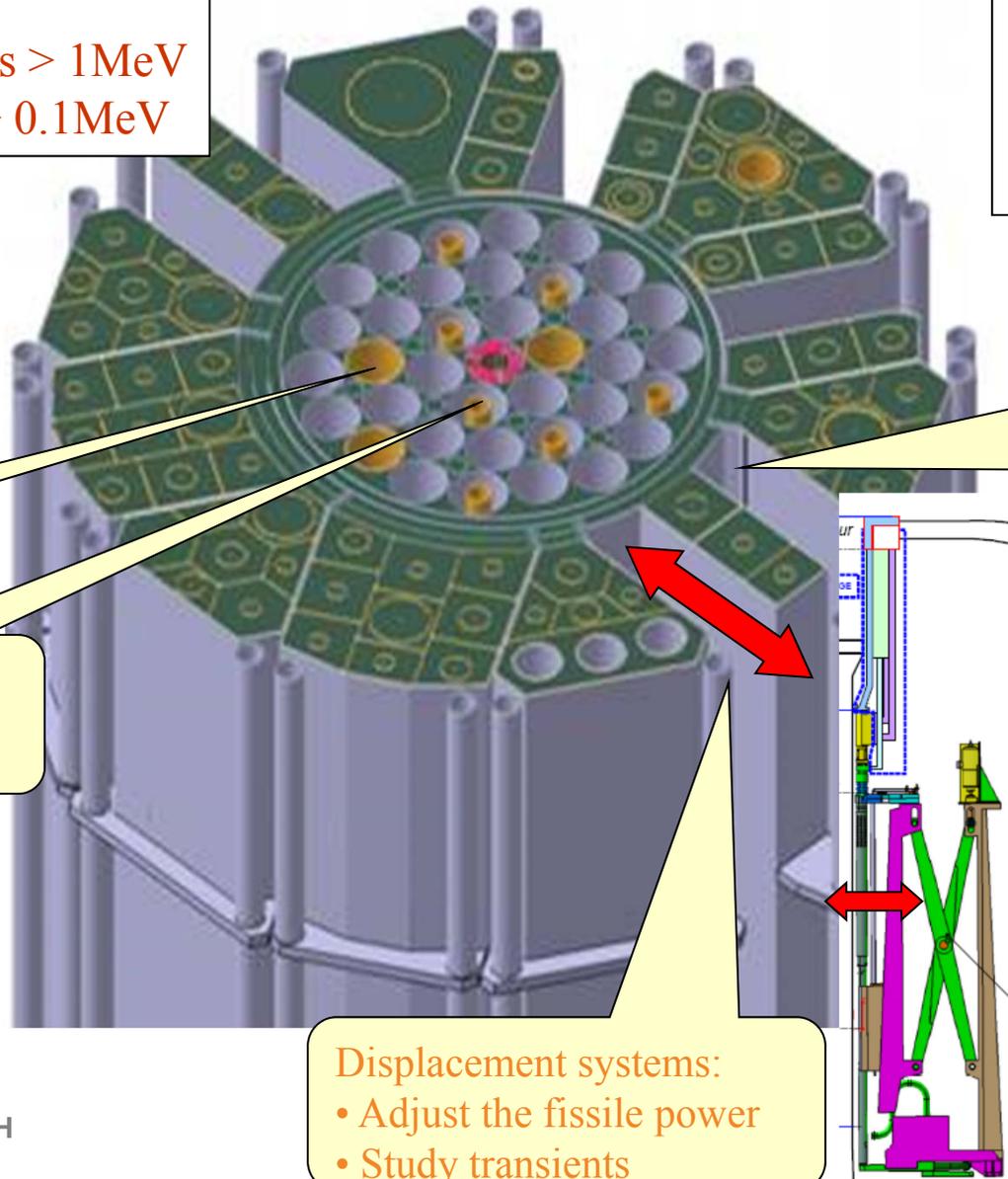
JHR core characteristics at 100 MW power

In core

Up to $5.5 \cdot 10^{14}$ n/cm².s > 1MeV
Up to 10^{15} n/cm².s > 0.1MeV

In reflector

Up to $5.5 \cdot 10^{14}$ n/cm².s
Fixed positions and
displacement systems



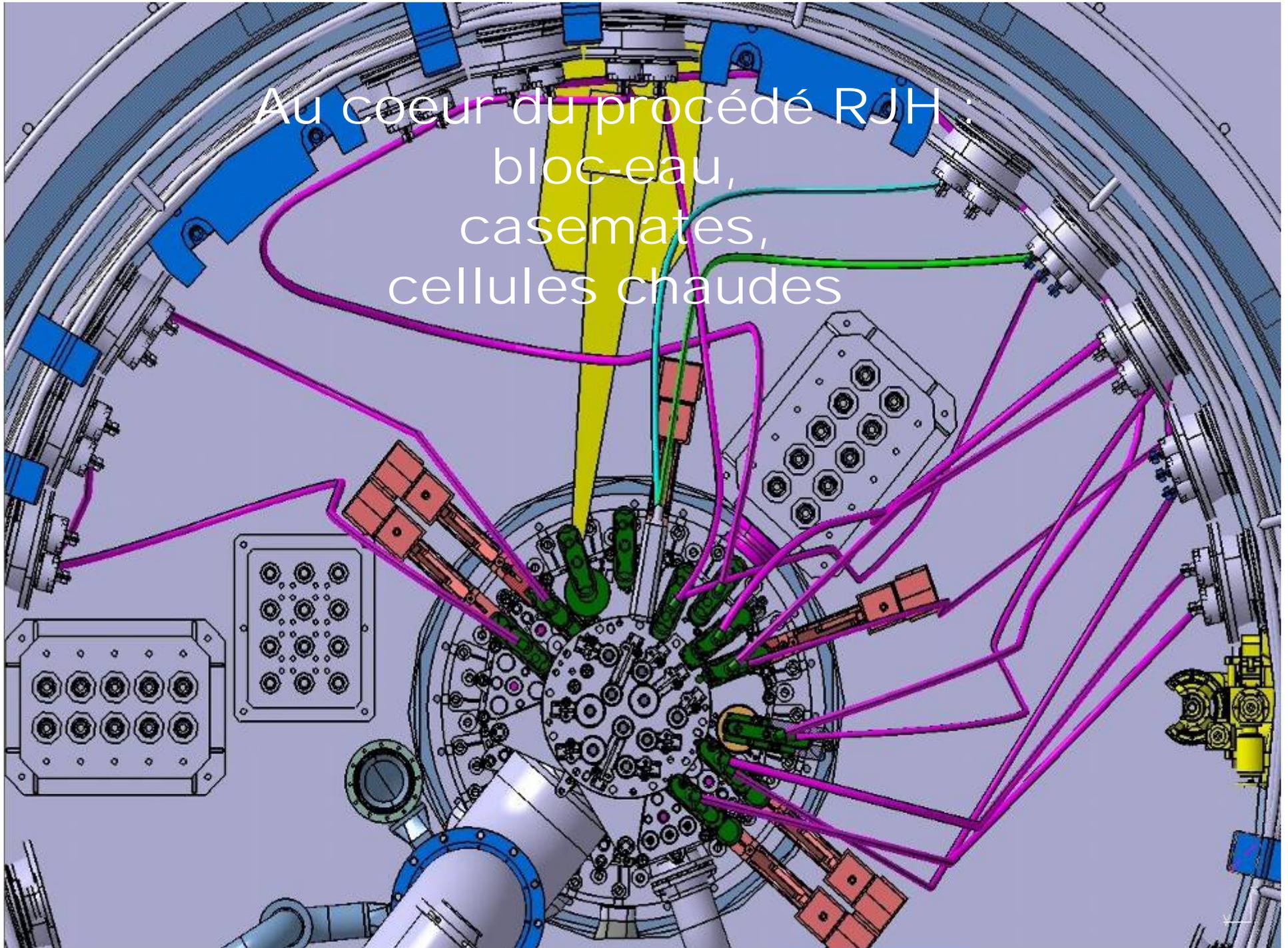
Fuel studies: up
to 600 W/cm
with a 1% ²³⁵U
PWR rod

Fuel experiment

Material ageing
(up to 16 dpa/y)

Displacement systems:
• Adjust the fissile power
• Study transients

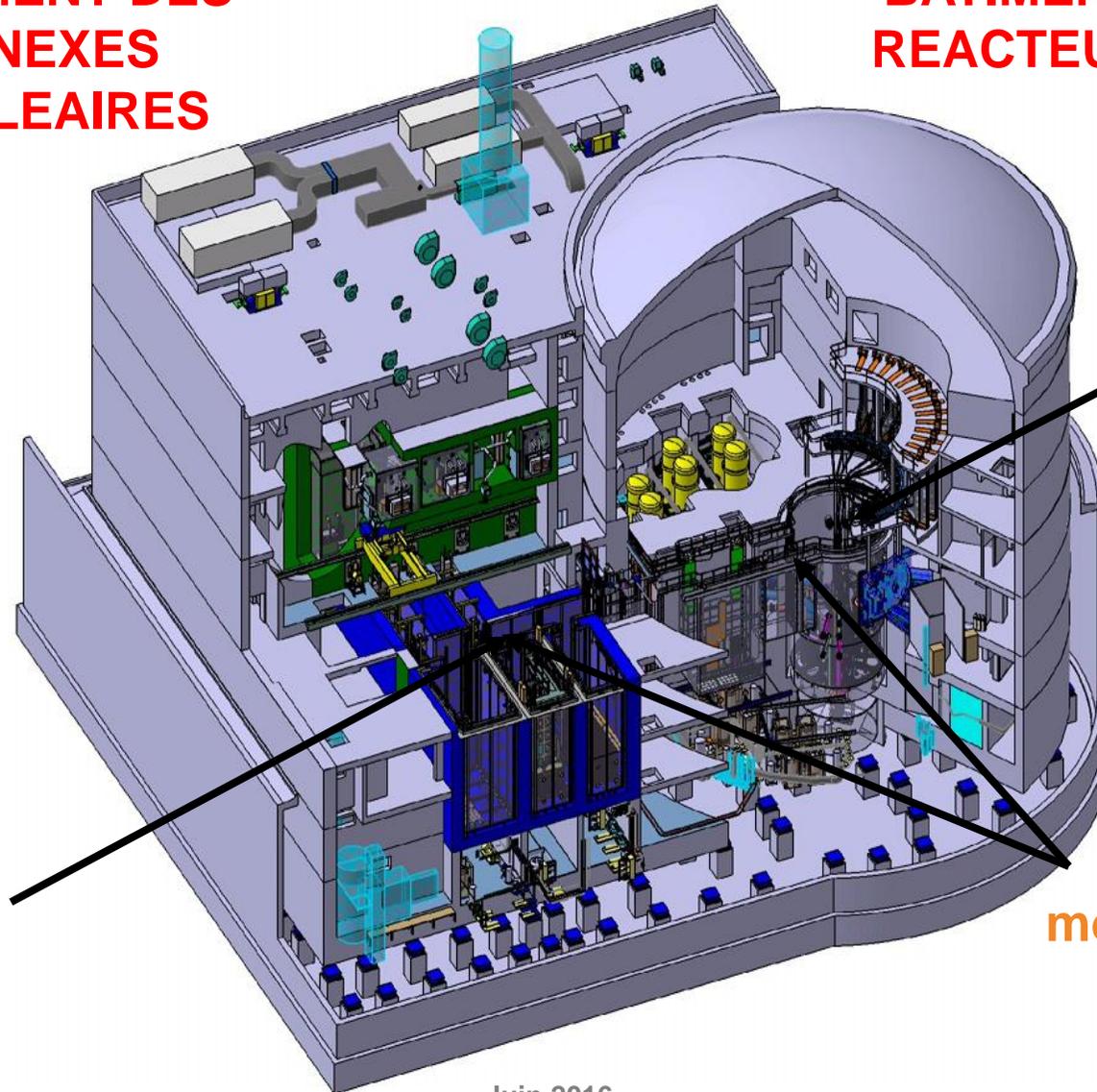
Au cœur du procédé RJH :
bloc-eau,
casemates,
cellules chaudes



**BATIMENT DES
ANNEXES
NUCLEAIRES**

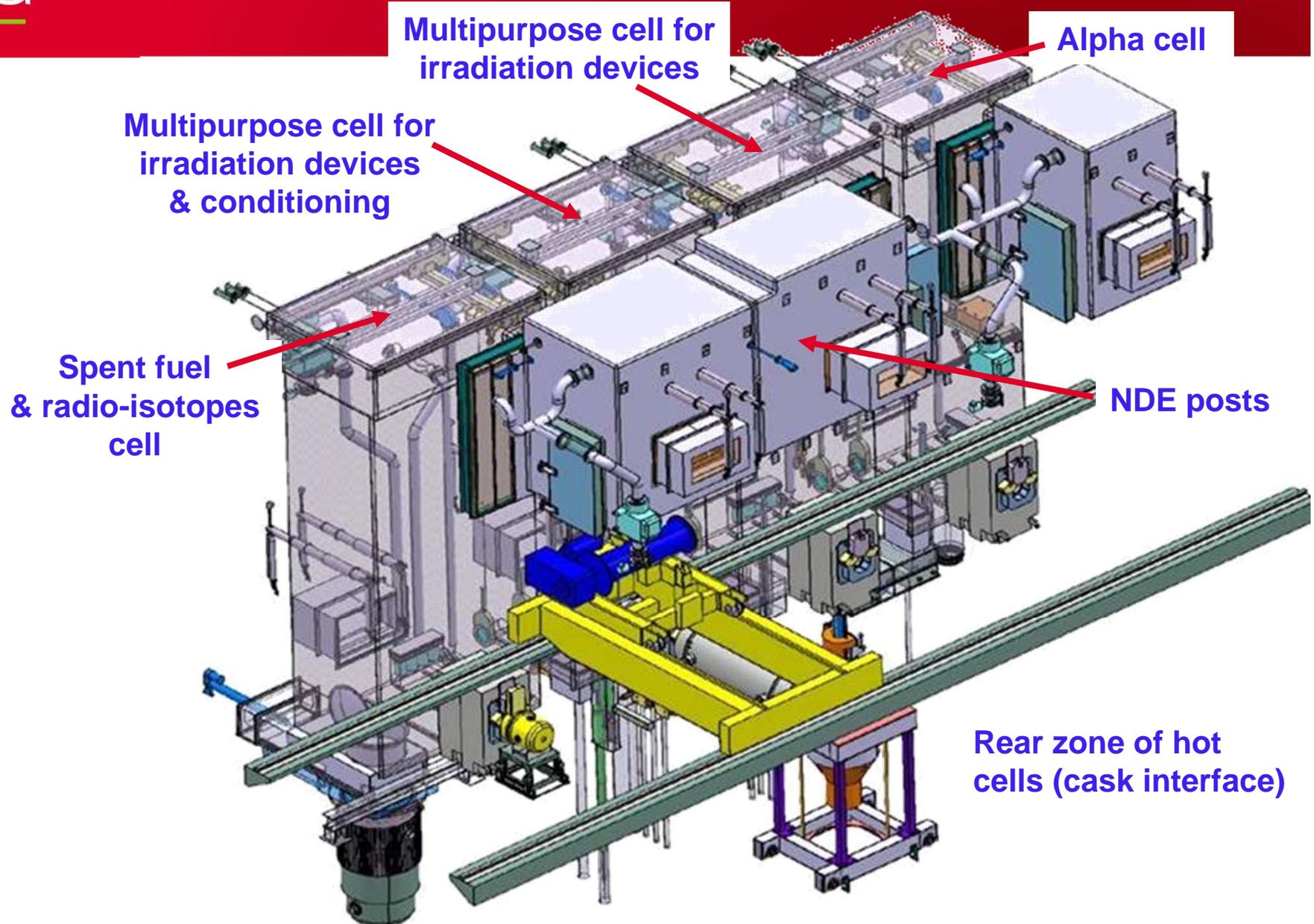
**BATIMENT
REACTEUR**

**Canal de
transfert vers
piscines /
cellules**



**Piscine
Réacteur**

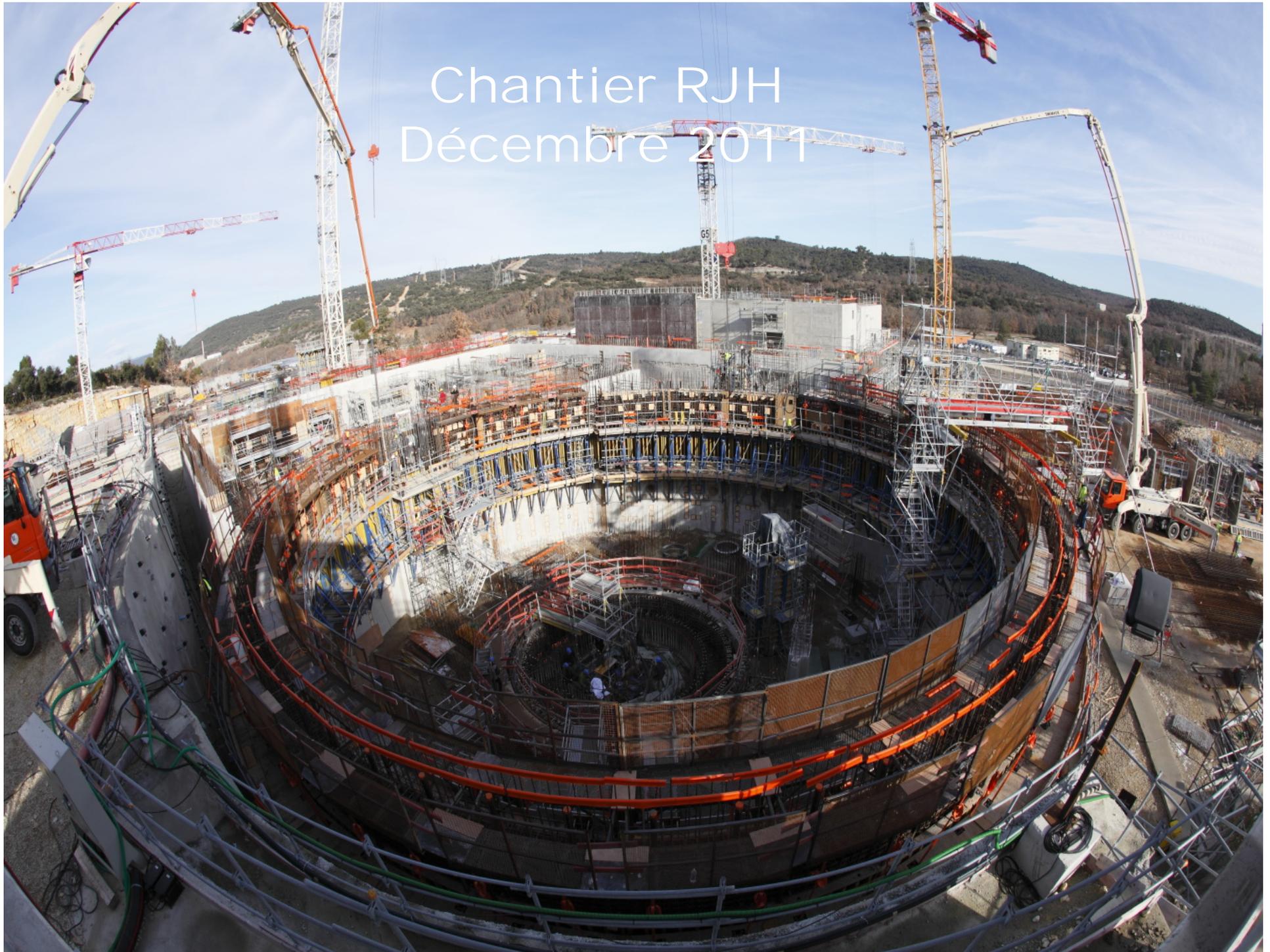
**Bloc-eau
monolithique**





Chantier RJH année 2010

Chantier RJH Décembre 2011



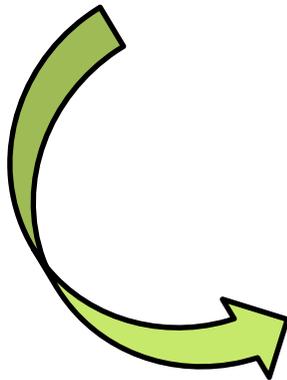
Chantier R/H
Décembre 2011 (suite)



PROGRESS OF REACTOR POOL



October 2012



November 2013
Installation of the first pool frame

GENERAL VIEW OF NUCLEAR BUILDING DECEMBER 2013



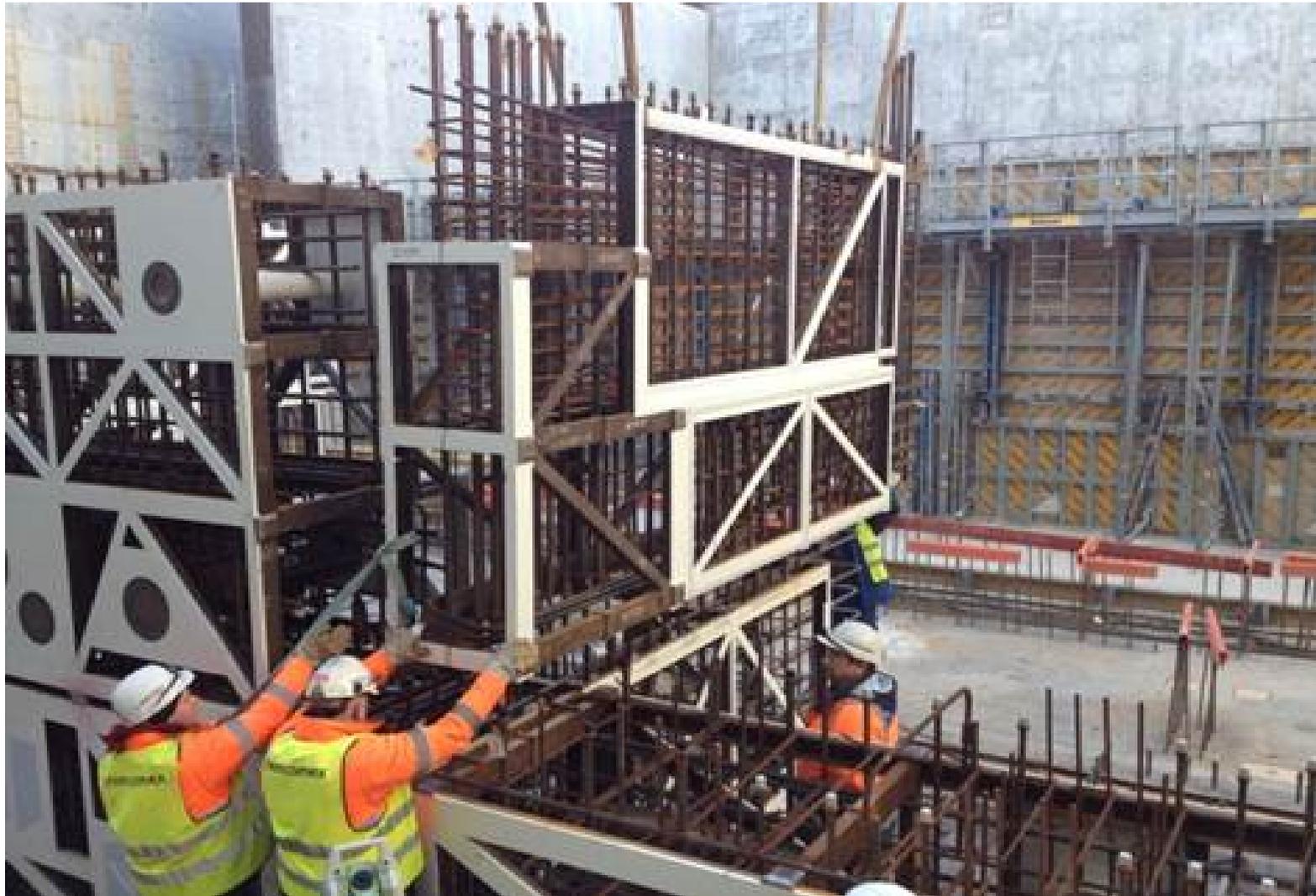
Nuclear Building

Painting of the dome
– November 2013



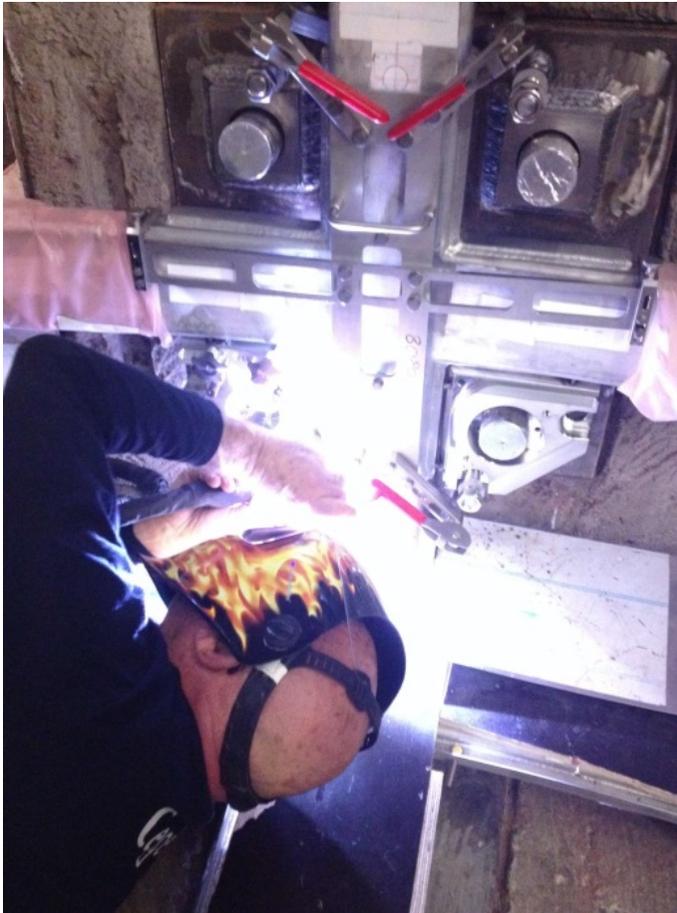
GENERAL VIEW OF NUCLEAR UNIT FEBRUARY 2014





PROGRESS ON POOLS (2014 / 2015)

INSTALLATION OF MODULES & FIRST ANCHORING OPERATION (CONT.)



CIVIL WORKS (JAN' 2015)

POURING OF THE REACTOR BUILDING DOME

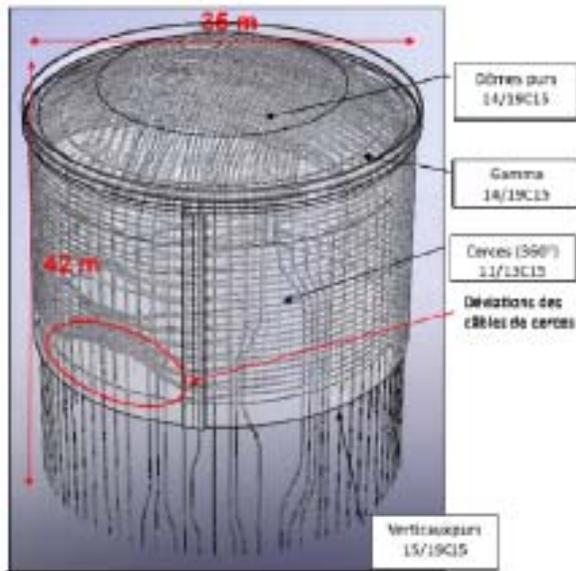


ELECTRICAL COMPONENTS (MAY'15)

TEST OF EDG ON SHAKING TABLE (TAMARIS FACILITY, SACLAY)



AVANCEMENT DU CHANTIER EN 2016 GÉNIE-CIVIL



Mise en pré-contrainte
enceinte réacteur terminée

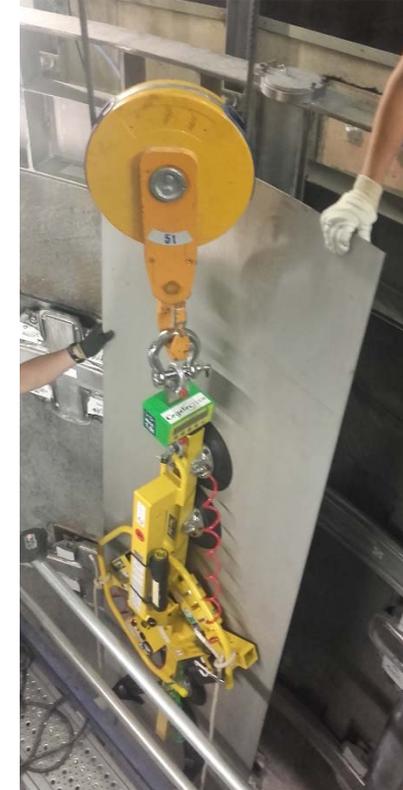
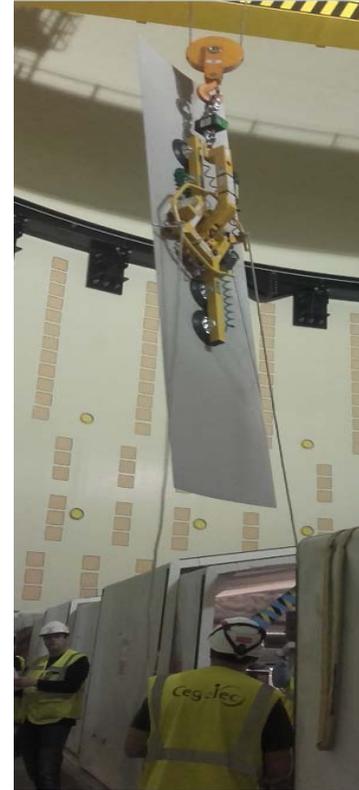


Présentation RJH



Réalisation des
cellules chaudes
(dernier niveau atteint)

AVANCEMENT DU CHANTIER EN 2016 PISCINE RÉACTEUR ET PISCINE INTERMÉDIAIRE





Installation des cellules HT
arrivée électrique (bâtiment IRE)



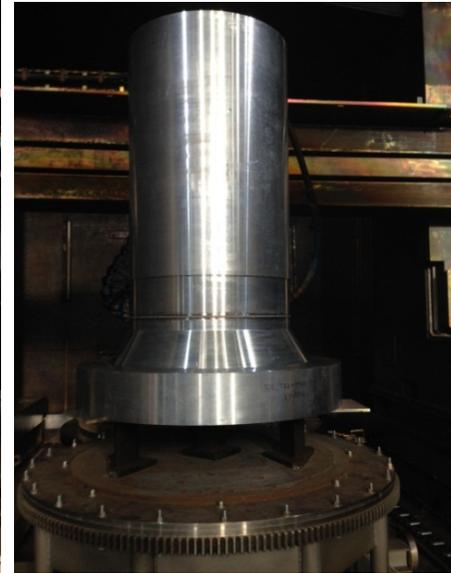
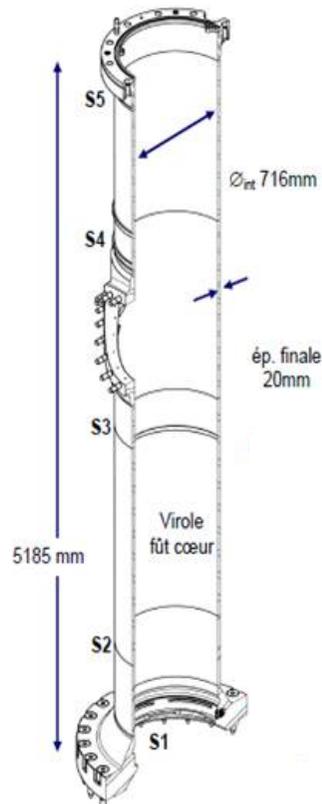
Installation du pont en
ZAR des cellules chaudes



Montage de la cheminée

FABRICATIONS EN USINE

BLOC-PILE : CAISSON CŒUR, CASIER CŒUR



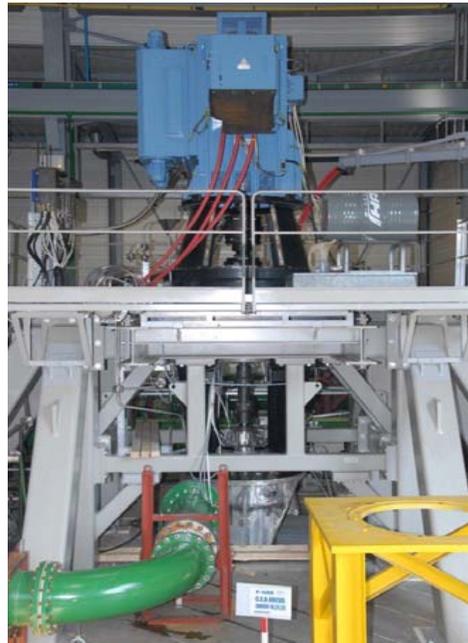
Caisson cœur :
Alliage d'aluminium 6061 T6
Viroles forgées
Soudage FE en cours



Casier cœur :
Alliage d'aluminium 6061 T6
Pièce monobloc usinée dans la
masse (en cours)



Forgeage des tubes droits
et des coudes



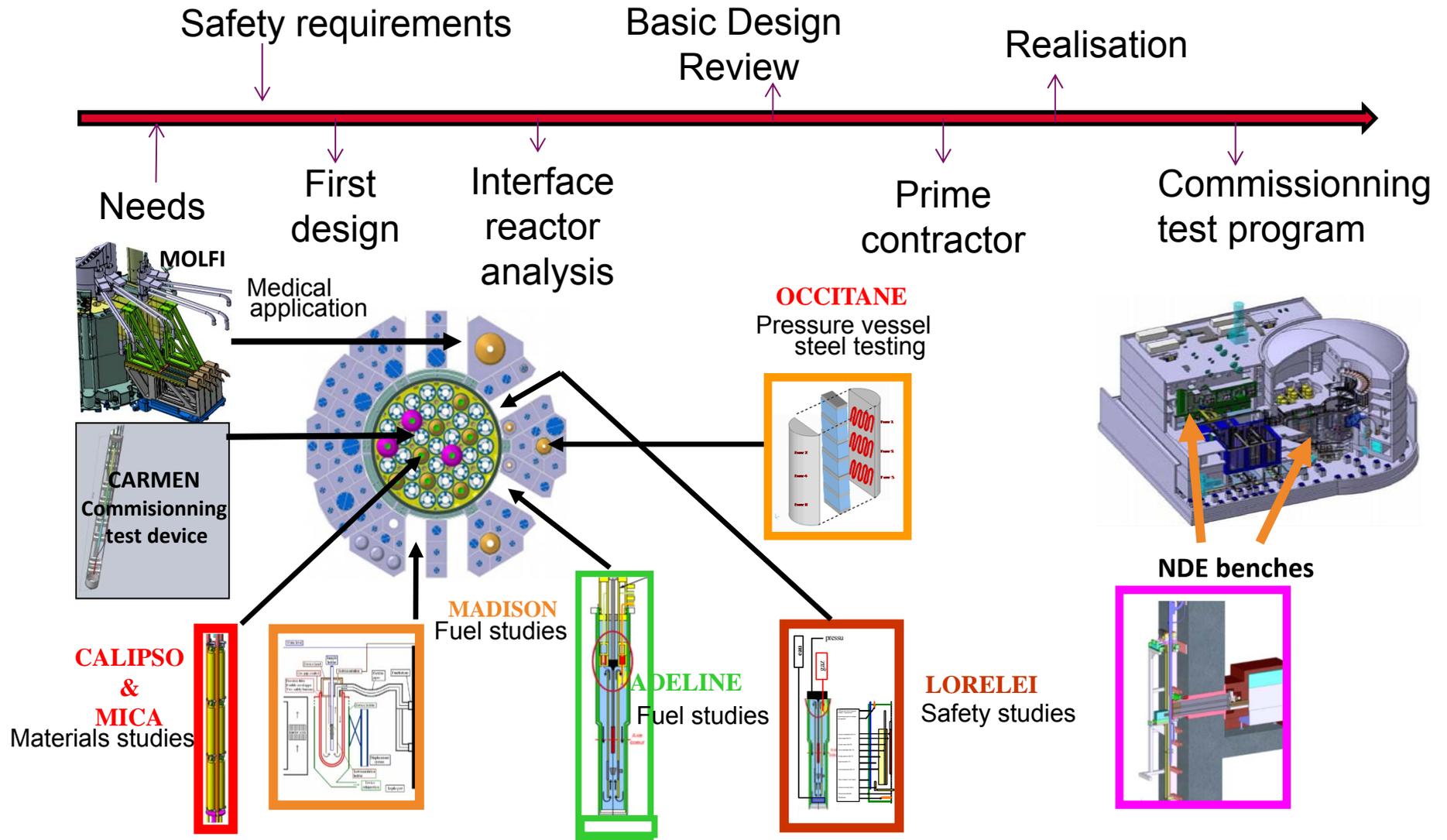
Essais hydrauliques
des pompes
de refroidissement cœur



Assemblage
des échangeurs principaux

Gréement expérimental du RJH

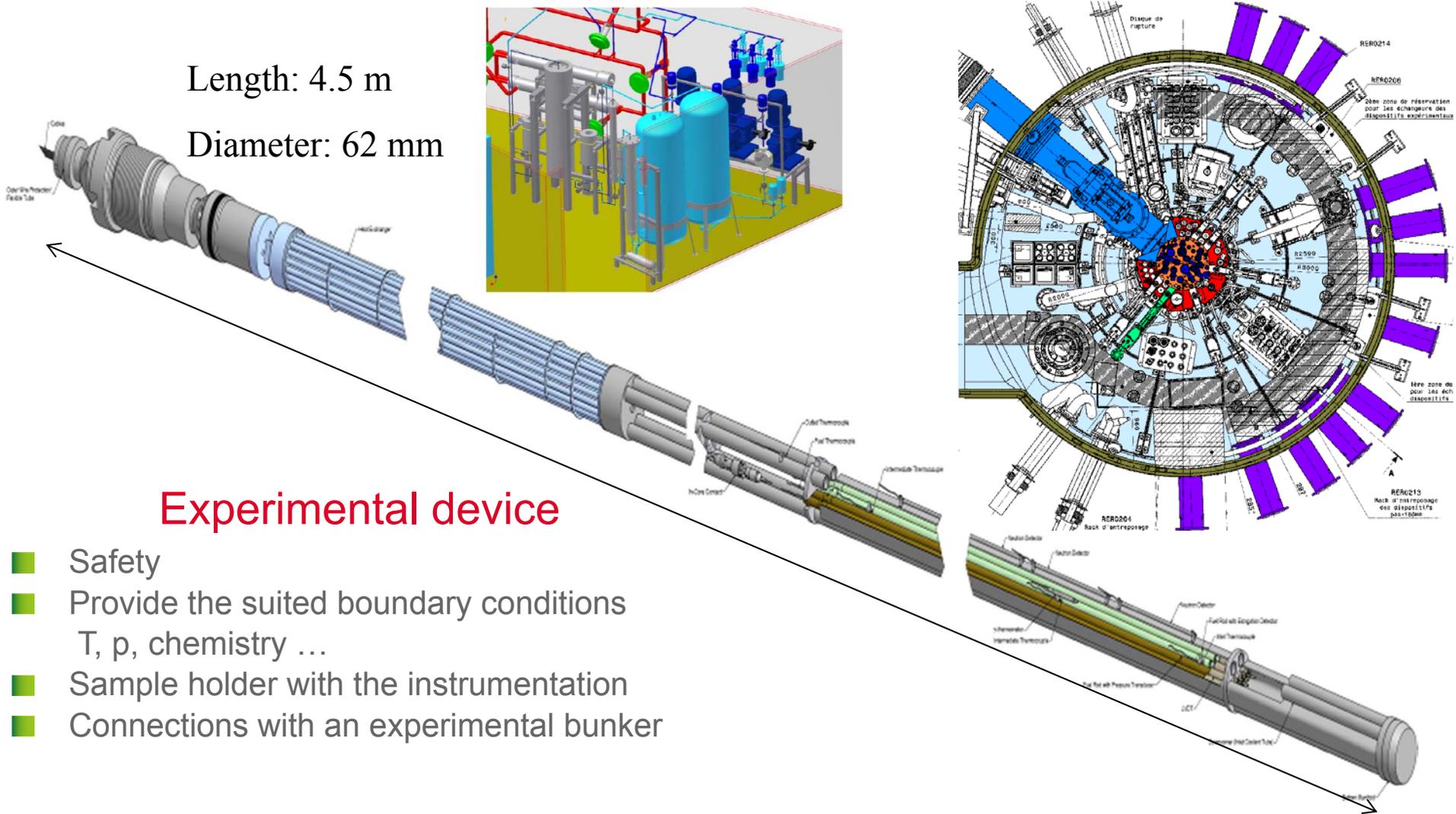
PRÉPARATION DE LA CAPACITÉ EXPÉRIMENTALE



DISPOSITIFS EXPÉRIMENTAUX DU RJH EXEMPLE DE DISPOSITIF COMBUSTIBLE

Length: 4.5 m

Diameter: 62 mm



Experimental device

- Safety
- Provide the suited boundary conditions
T, p, chemistry ...
- Sample holder with the instrumentation
- Connections with an experimental bunker

Reliable

impossible or difficult maintenance on irradiated objects

Accurate despite a very severe environment

follow modelling progress; ex: μm dimensional measurements, $\Delta T < 5^\circ\text{C}$

Miniature

narrow location to get maximal neutron flux: few mm available

High temperature resistant

$> 300^\circ\text{C}$, up to 1600°C

Corrosion resistant

operation in pressurized water, high temperature gas, liquid metals...

Neutron / γ “resistant”

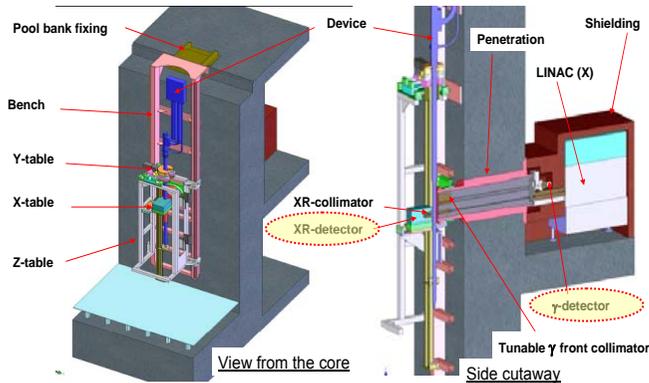
dose $> 15\text{kGy/s}$ and $> 10\text{dpa/y}$

Sample examination in hot cells

Gamma and X-Ray tomography systems

Multipurpose test benches

Coupled Gamma & X-ray bench



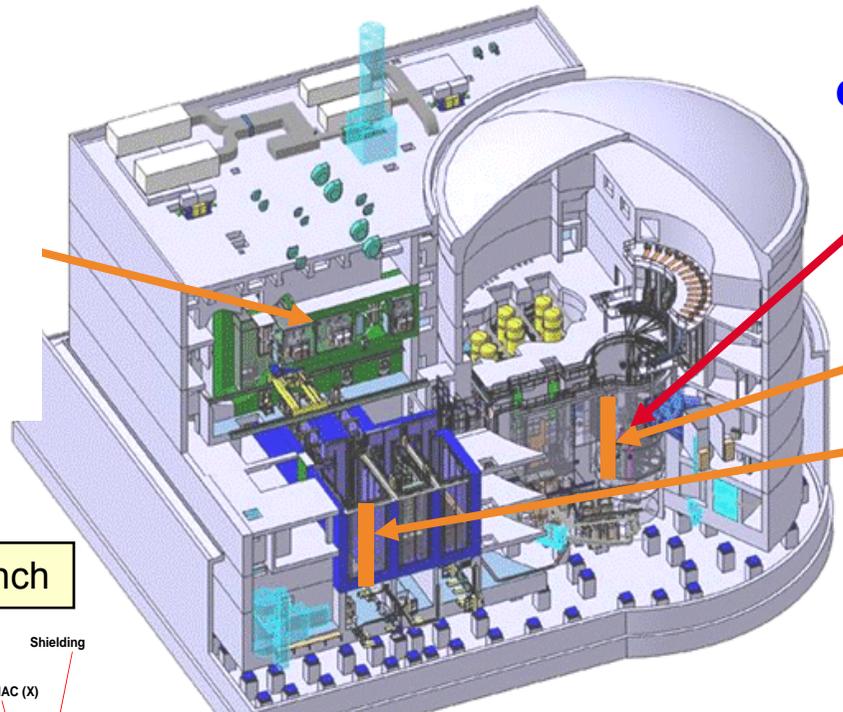
Test device examination in pools

Neutron imaging system in reactor pool

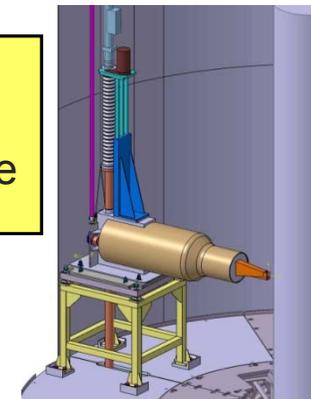
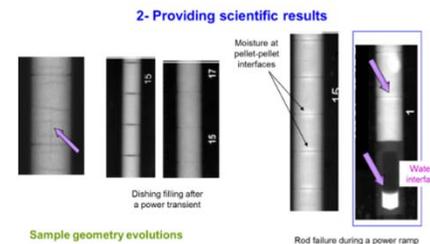
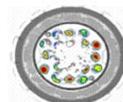
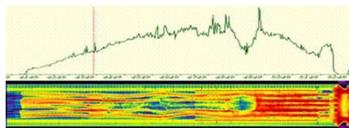
Coupled X-ray & γ bench in reactor pool

Coupled X-ray & γ bench in storage pool

Neutron Imaging System



- Initial checks of the experimental loading
- Adjustment of the experimental protocol
- On-site NDE tests after the irradiation phase





Un outil et une aventure scientifique et industrielle
pour la R&D nucléaire du 21^{ème} siècle

Direction de l'énergie nucléaire
Direction de l'innovation et du soutien nucléaire