

DE LA RECHERCHE À L'INDUSTRIE

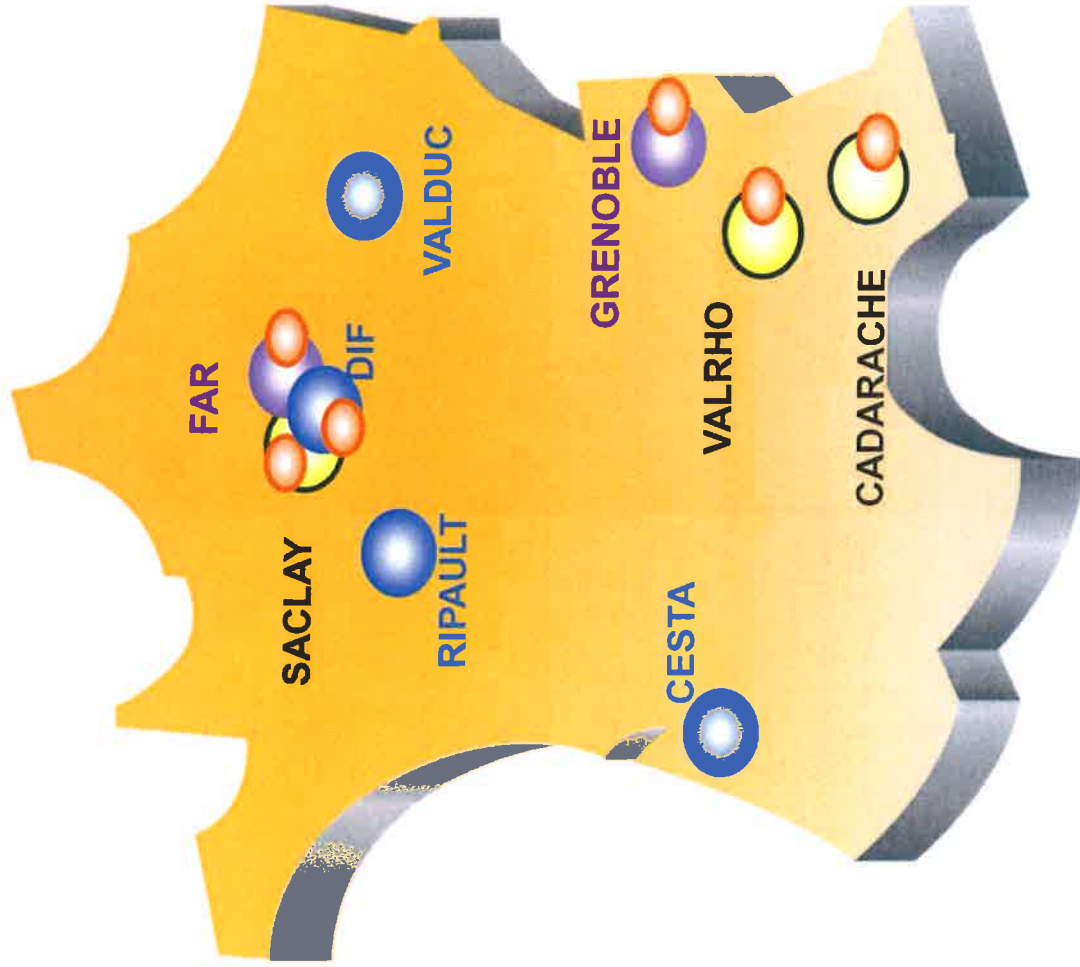


PRESENTATION DES ACTIVITES ET DES STAGES 2013/2014 DU CEA/DEN/CAD/DTN/STRI

Eric ALVITRE

www.cea.fr

PHELMA MINATEC - 09 octobre 2013

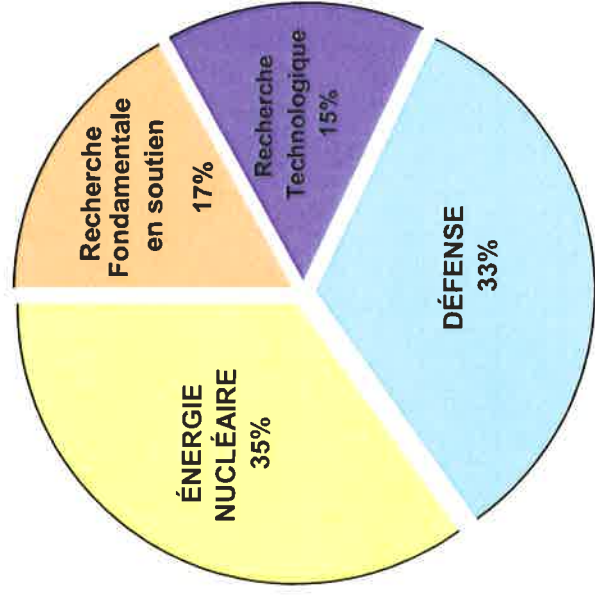


CIVIL :

- Énergie
- Technologies pour l'information et la santé

DÉFENSE

EFFECTIFS (15000 P)

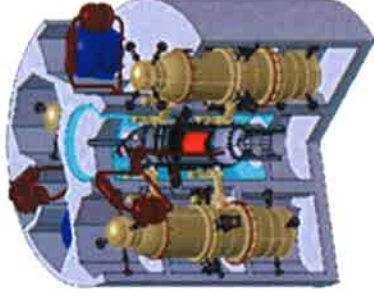




Apporter des solutions efficaces et acceptables pour la gestion des déchets radioactifs



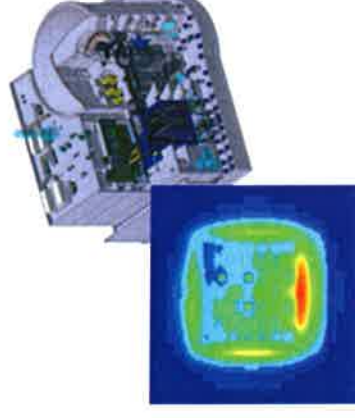
Soutenir et optimiser l'industrie nucléaire (compétitivité, sûreté,...)



Etudier les nouvelles générations de systèmes nucléaires pour le futur (réacteurs et cycle)

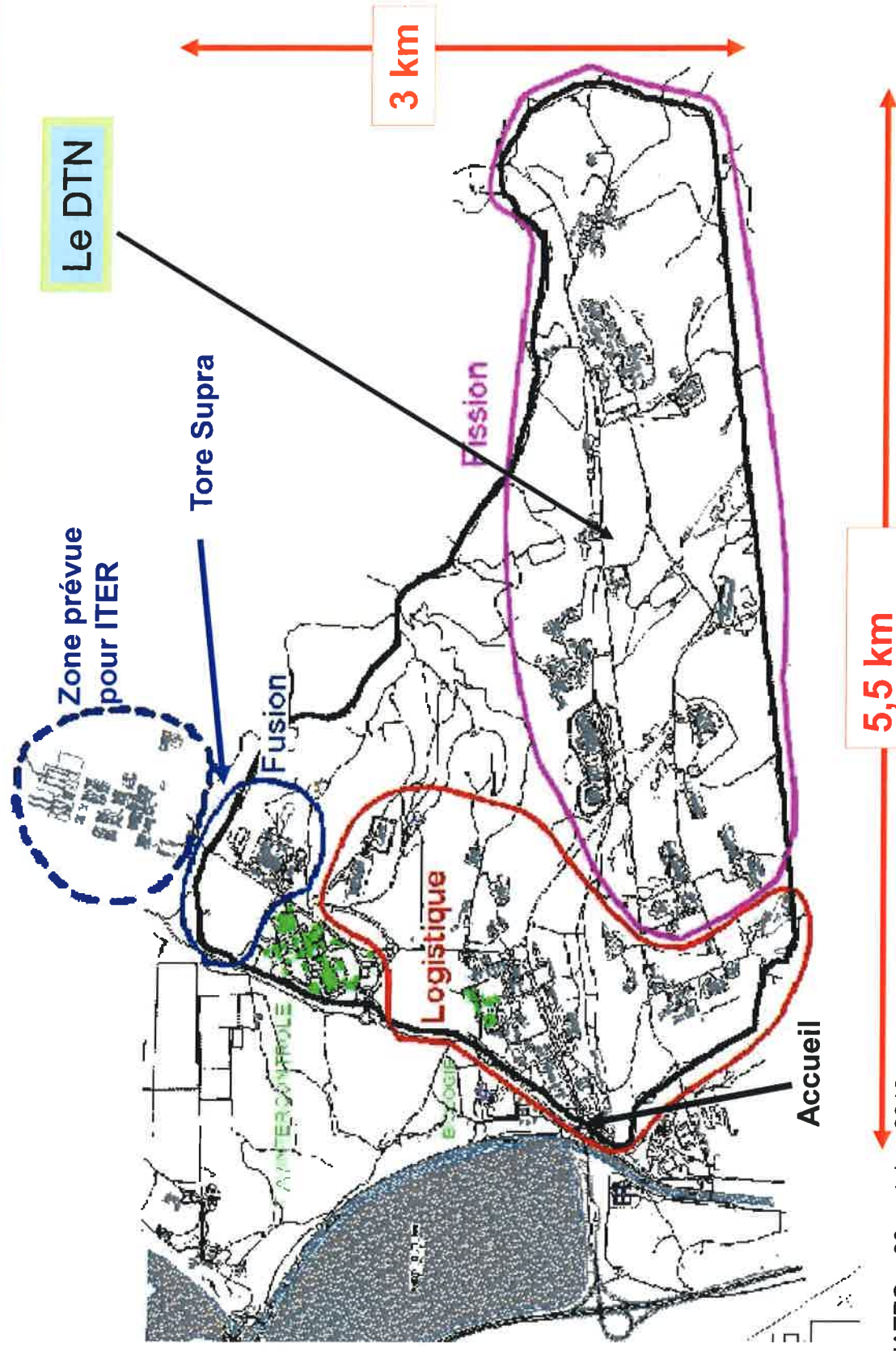


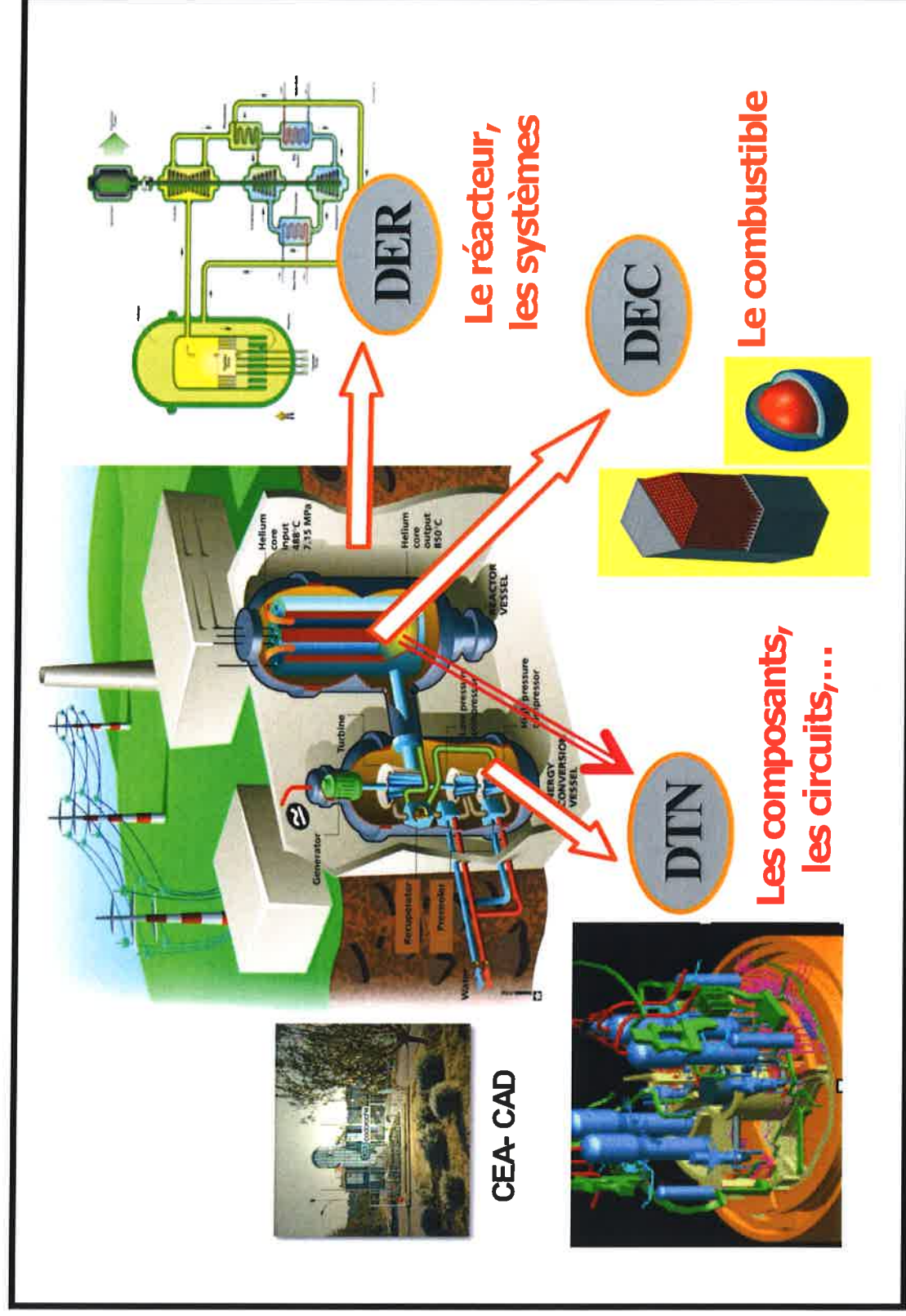
Assainir, démanteler les installations anciennes



Développer les outils de simulation et d'expérimentation de demain

Le Centre de CADARACHE





Missions du DTN

- Etudier, concevoir, mettre au point et qualifier des composants des réacteurs nucléaires
- Etudier le comportement et les performances thermohydrauliques des caloporteurs – Développer des procédés physico-chimiques nécessaires à leur exploitation
- Développer des codes de calcul d'accidents graves et conduire des expérimentations nécessaires à leur validation en matériaux simulant et prototypique
- Apprécier globalement et de façon détaillée (phénoménologie et modélisation des transferts de radionucléides, études d'impact, dispositifs de mesures nucléaires) la radioactivité des systèmes nucléaires (colis, entreposage, stockage, réacteurs) afin de quantifier et maîtriser les niveaux de dose en exploitation, les rejets et leur impact radiochimique dans l'environnement
- Développer l'instrumentation nécessaire aux mesures nucléaires, à la surveillance des réacteurs et à leurs contrôles périodiques
- Exploiter et maintenir en conditions opérationnelles l'ensemble des moyens d'essais (boucles et bancs d'essais) du CEA Cadarache et du CEA Grenoble dédiés aux études technologiques
- Effectif : un peu plus de 200 salariés

DE LA RECHERCHE À L'INDUSTRIE



www.cea.fr



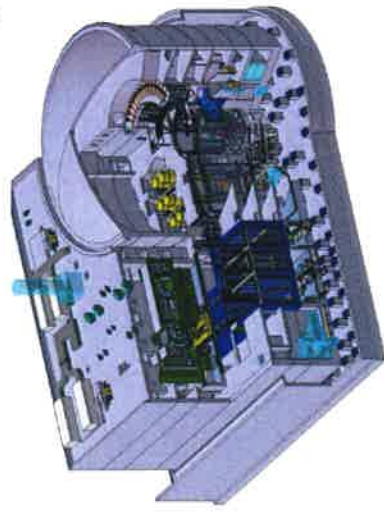
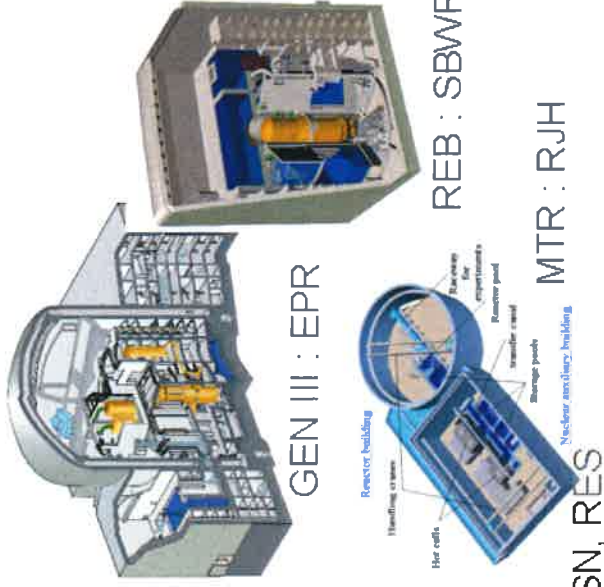
Service de Technologies des Réacteurs Industriels

PHELMA MINATEC - 09 octobre 2013

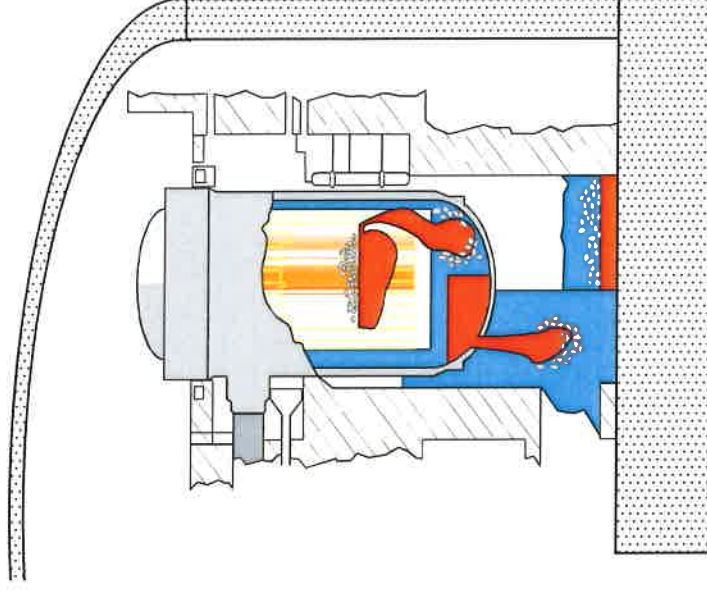
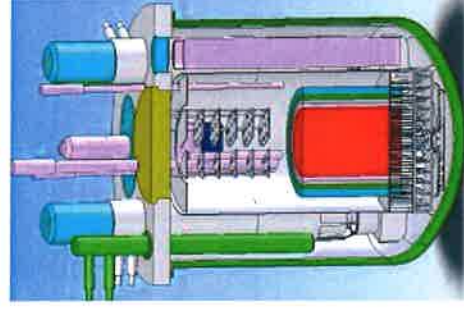
Proposer, développer et qualifier des solutions en soutien aux réacteurs industriels – Maîtrise des Accidents Graves



REP : parc français



RJH

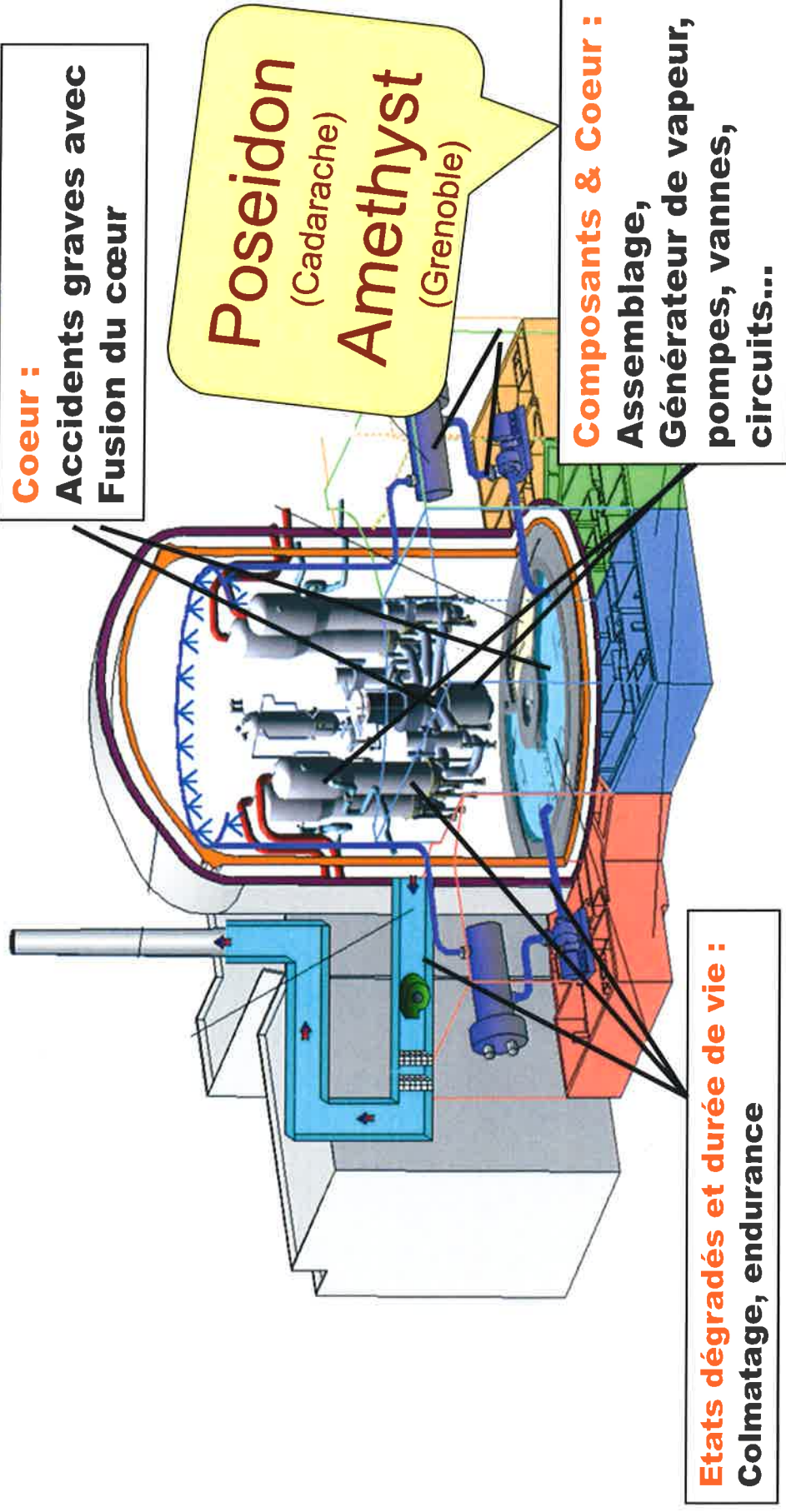


Accidents Graves

Les domaines d'étude du STRI

Plinius

Technologies Réacteurs



Programmes

Réorientations en fonction de l'actualité
En lien avec des partenaires industriels
Polyvalence, réactivité et adaptabilité

Clients & Partenariats

EDF, AREVA NP, IRSN, Suez, PN, AREVA US, KEPCO ...
Actions internationales notamment AG (Europe, programmes
OCDE, AIEA, clients industriels)

Installations

Plates-formes expérimentales
Disponibilité des installations
Pluridisciplinarité des équipes

L'ORGANISATION DU STRI EN 2013

LMA : Laboratoire d'essais pour la Maîtrise des Accidents graves

- La rétention du corium hors-cuve (ICB) et en cuve
- Sécurité AG des réacteurs Na (modèles, codes, concepts,...)
- L'interaction corium-eau (ICE) et l'explosion vapeur (Eau, Na)
- Les propriétés du Corium et comportement matériaux
- Technologies et instrumentations HT
- *Plate-forme PLINIUS : VULCANO, COLIMA, KROTOS, VITI et à venir PLINIUS +*

LHC : Laboratoire d'Hydromécanique du Cœur et des circuits

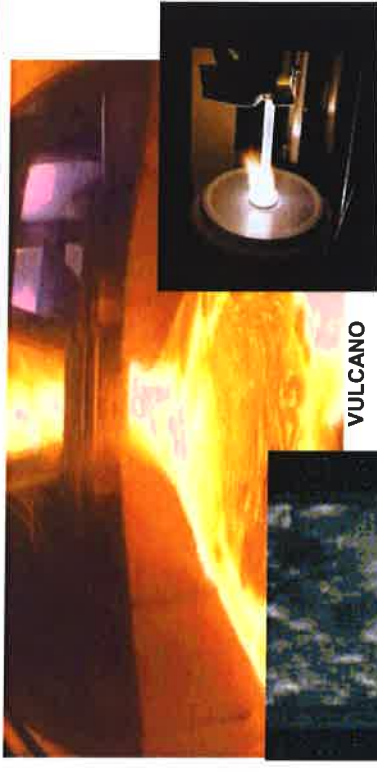
- Etudes sur l'assemblage combustible
- Qualification de composants réacteurs
- Etudes sur le colmatage des GV
- Le transfert de contamination (soutien à OSCAR au STMN)
- Développement/support à la modélisation (IFS)
- *Plate-forme POSEIDON : HERMES P et HERMES T, SUPERCLAUDIA, KALI, FATHERINO, CNU, COLCHYQUE, COLENTEC,... et à venir PLATEAU, BOTEC (?)*

LTDA : Laboratoire de Thermo-hydraulique Diphasique et Accidents graves

- Expérimentations en thermohydraulique :
 - en soutien aux industriels Gen II
 - en soutien à la PN
 - en soutien à la validation de codes de CFD diphasique
 - en soutien à la validation de codes Accidents Graves, en fluides simulants
- Modélisation, développement et validation d'outils de simulation :
 - en Thy diphasique (Neptune...)
 - pour les Accidents Graves (TOLBIAC, LEONAR)
- *Plate-forme AMESTYST : OMEGA, PATRICIA, DEBORA + CLARA, CALO, SENSAS*

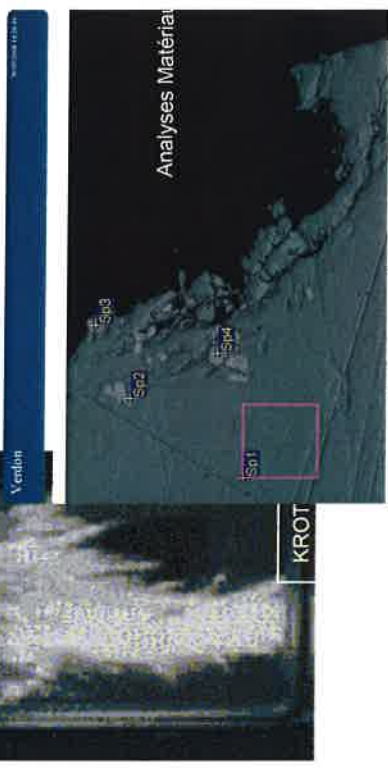
• Interaction corium béton

- Installation VULCANO
- Code TOLBIAC



• Interaction corium eau

- Installation KROTOS
- Projet SERENA
- Code MC3D

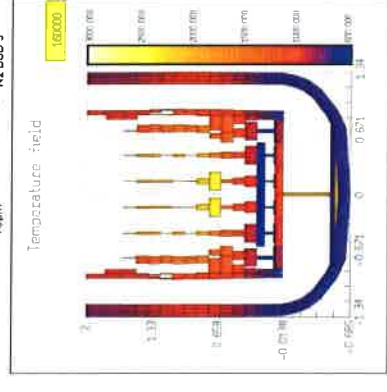


• Physique des matériaux

- Installation VITI, BAG, ...
- Code GEMINI et base de données

• Scénarii accidentels (sureté)

- Basés sur des codes de simulation
- Qualification partielle
- Codes complexes multi « tout »
- MAAP, ASTEC, SAS, SIMMER, PROCOR



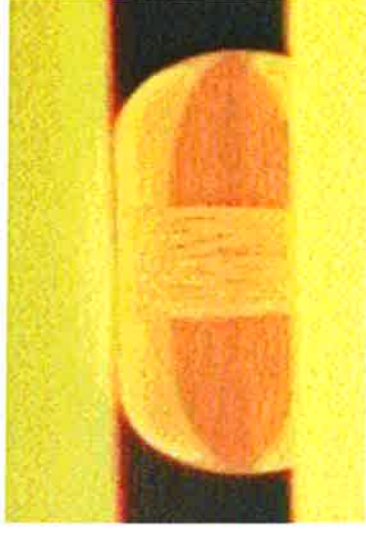
PLATEFORME ACCIDENTS GRAVE PLINIUS : CORIUM PROTOTYPIQUE

VULCANO



Installation
corium de 50 à
100kg.
Etude étalement
et interaction
corium béton

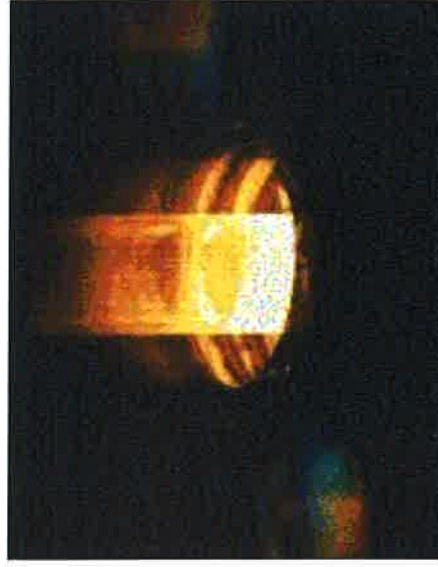
VITI



Mesures de viscosité et tension de
surface de matériaux à 2500°C.



COLIMA



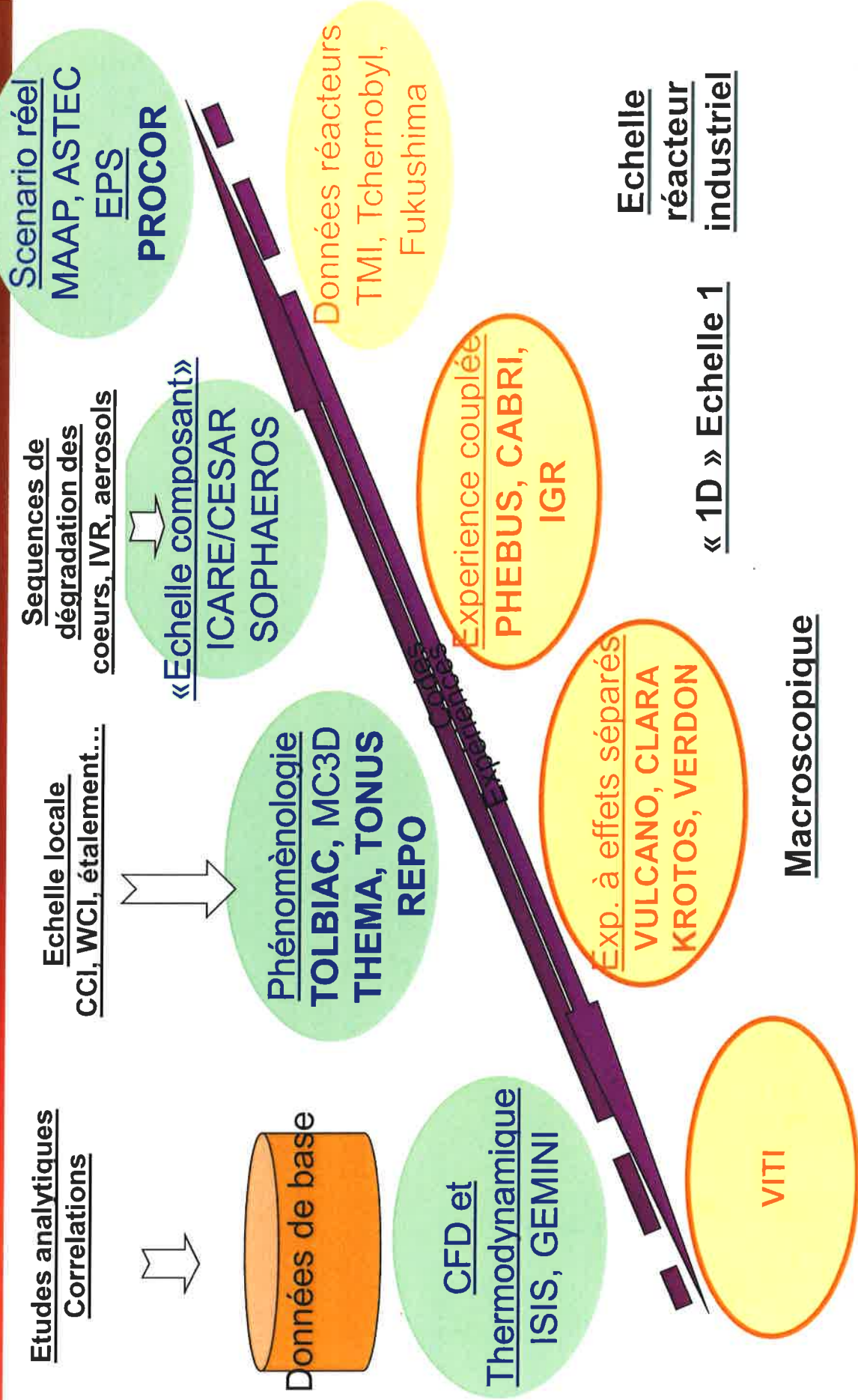
Synthèse et étude
d'aérosols issus de corium
en atmosphère contrôlée
de 1.5 m³ (5 bars - 150°C)



KROTOS

Interaction corium-eau
(explosion vapeur),
écoulement (5kg),
fragmentation et vidéo Rx

MODELISATION ET SIMULATION NUMERIQUE



Soutien aux industriels et aux concepteurs pour la compréhension et la quantification des comportements, le développement et la qualification des composants des réacteurs nucléaires (assemblages, internes, tuyauteries, générateurs de vapeur, composants importants pour la sûreté tels que vannes, clapets, pompes, ...)



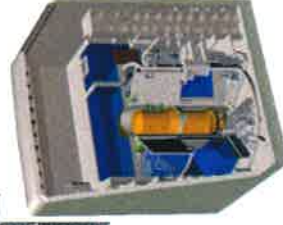
REP : parc français



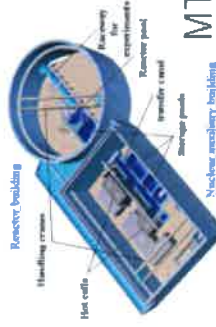
PN : SN, RES



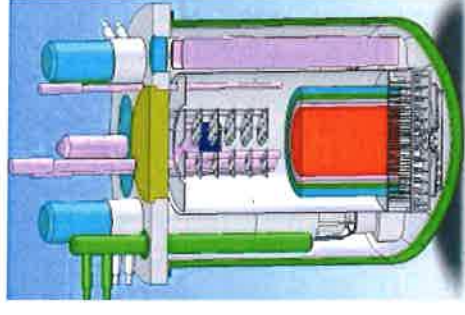
GEN III : EPR



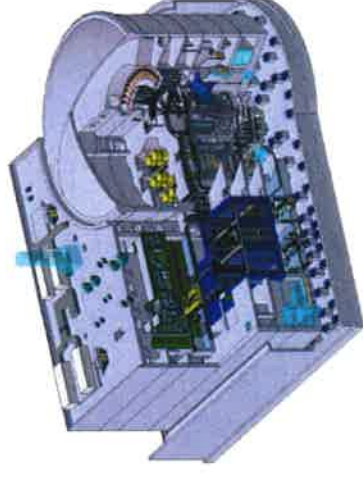
REB : SBWR



MTR : RJH



ASTRID



RJH

HERMÈS : HYDROMÉCANIQUE DES INTERNES DU CŒUR REP

Reproduire les conditions réacteur
Comprendre les phénomènes physiques
Qualifier les composants

HERMES T (170°C, 35b)

Guides de Grappe :
écoulements, vibrations,
pressions, usure

Déformation des
assemblages

Force
hydraulique
d'envol,
vibration
sous envol

Comportement
sous séisme des
assemblages

Chutes de grappes :
usure, séisme,
déformation,
gonflement

Mécanismes de
commande de
grappes

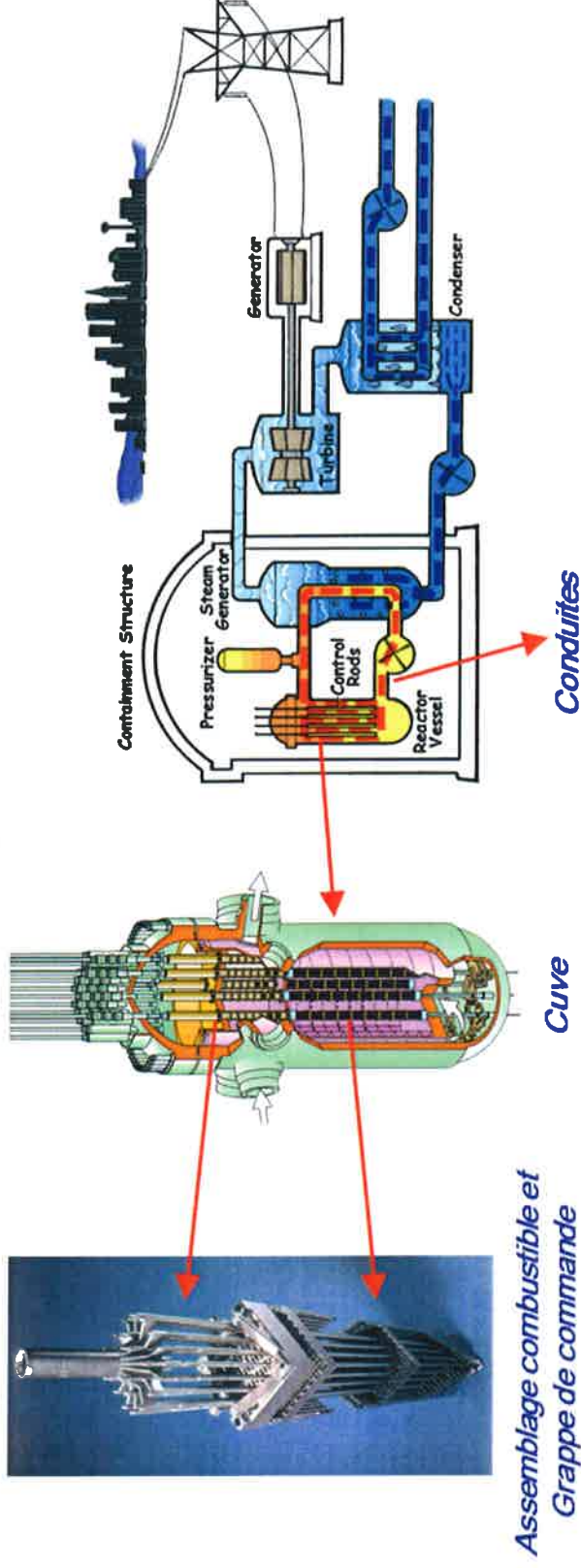
Pertes de
charge
assemblage

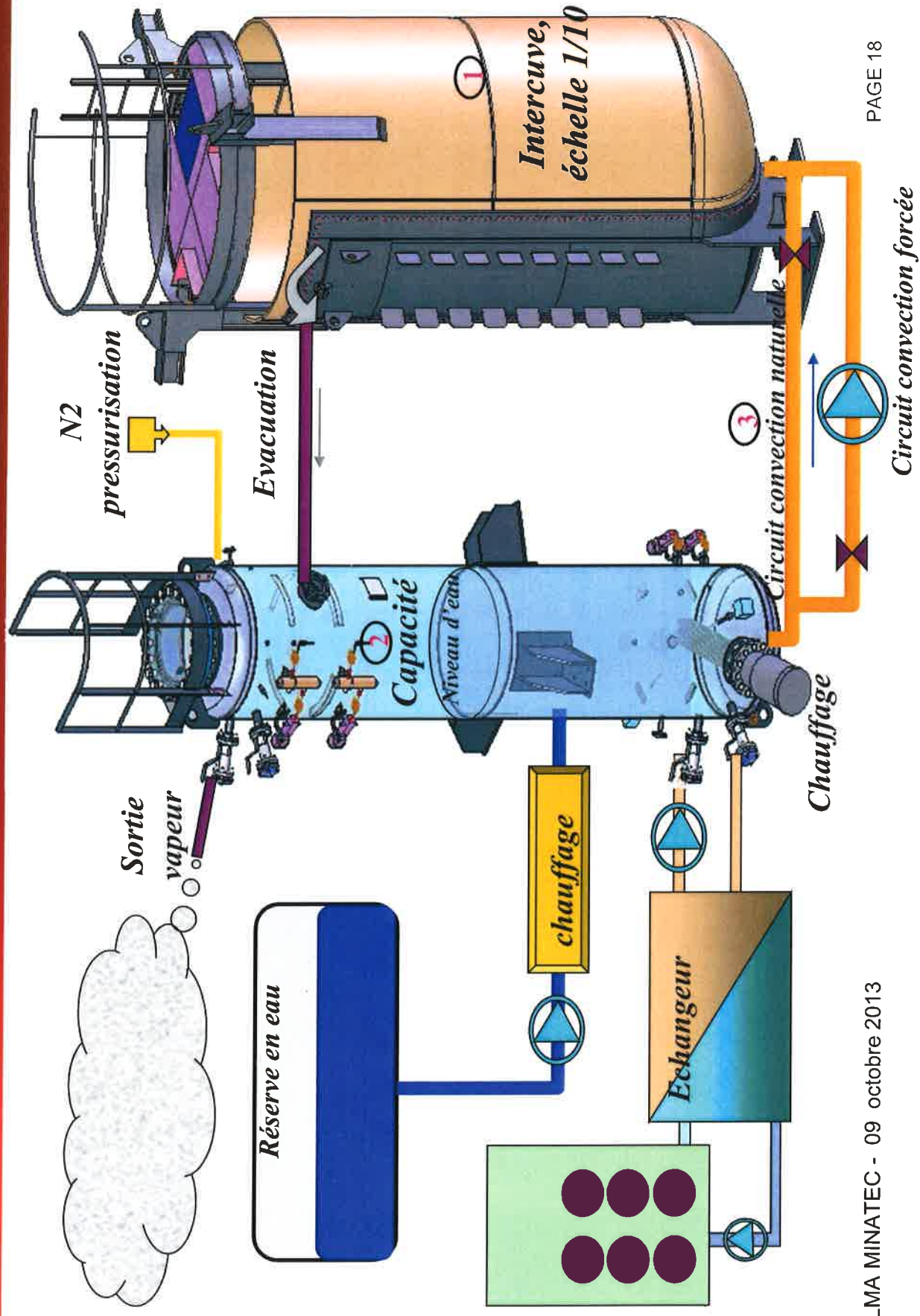
Vibration et usure
des crayons
combustibles

HERMES P (320°C, 155b)

ENJEUX HERMES : SÛRETÉ ET OPÉRABILITÉ DES REP

- ▶ **Sûreté et sécurité** des réacteurs : Intégrité de la première barrière de confinement, tenue au séisme, arrêt d'urgence.
- ▶ **Performance opérationnelle** des réacteurs et **durée de fonctionnement** des composants.
- ▶ **Qualification de nouveaux produits** pour les réacteurs actuels, EPR, ATMEA1,...





Plateforme eau simulant sodium pour la 4^{ème} génération

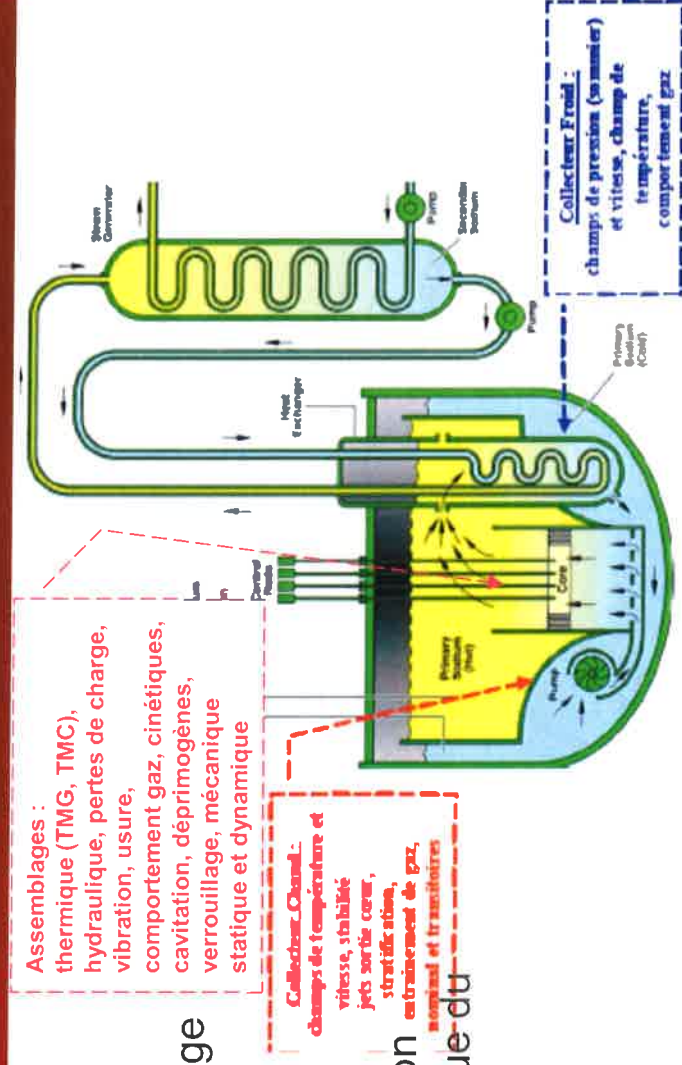
PLATEAU & ATHENA

■ Contexte

Support R&D pour ASTRID : Multi usage en eau

■ Objectifs

Qualification de composants, validation calculs et conception pour l'hydraulique du coeur et des assemblages (2014)



■ Caractéristiques principales PLATEAU

ASTRID échelle 1/8

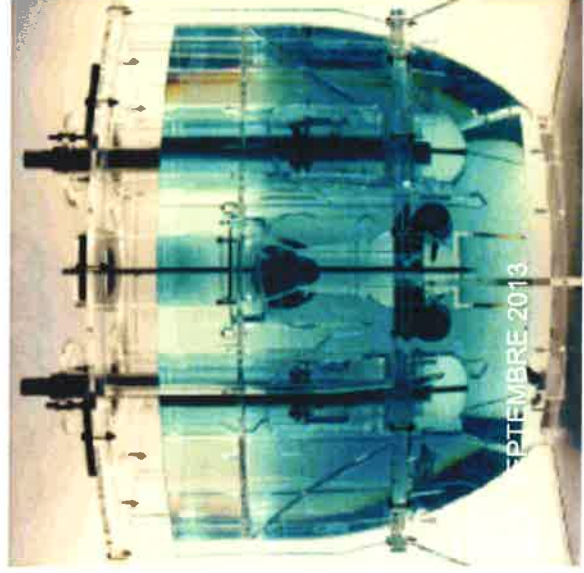
Fluide simulant : eau

T° : 10 à 60°C

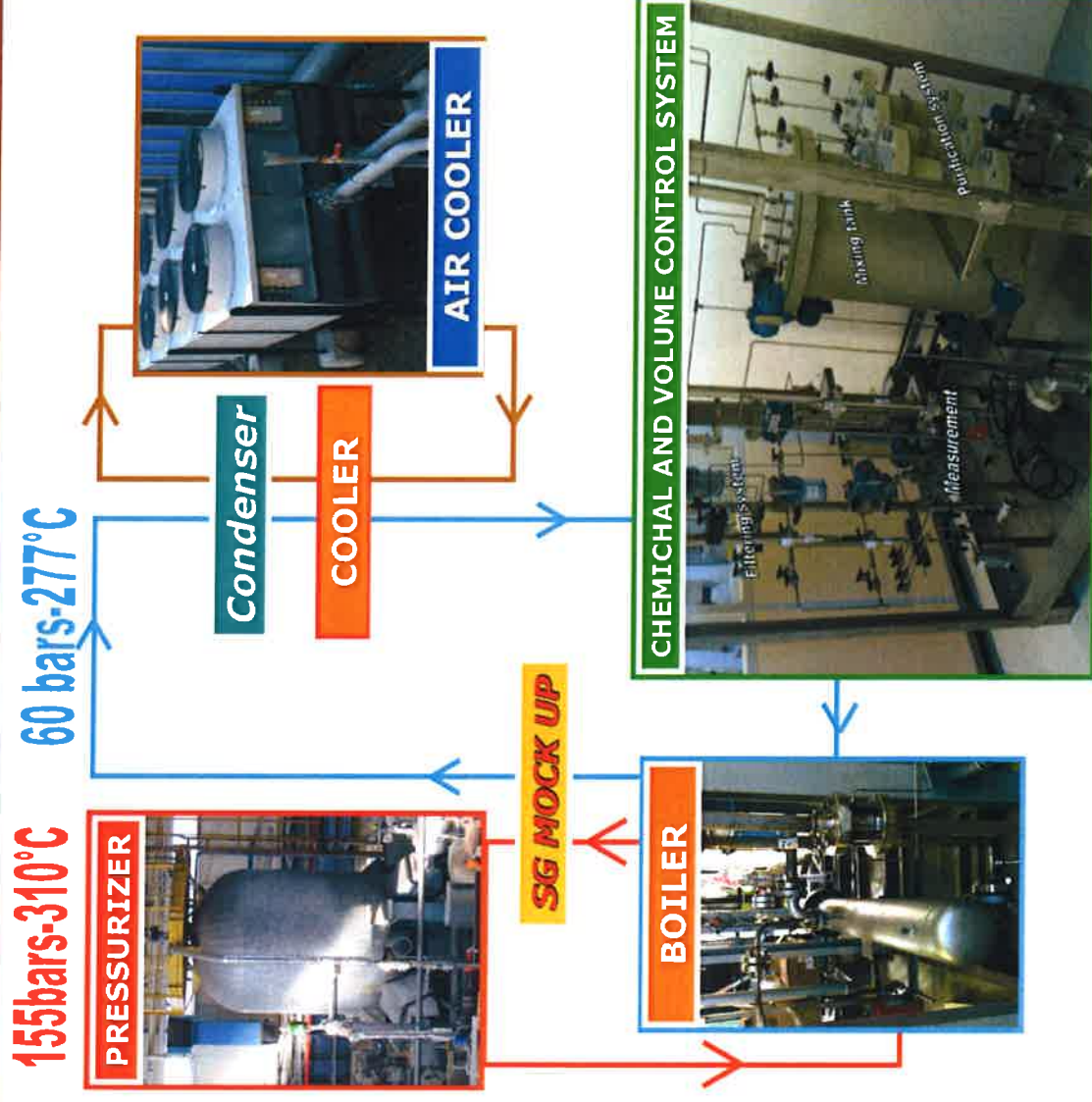
P : 2 bars à coeur et Patm. à la surface

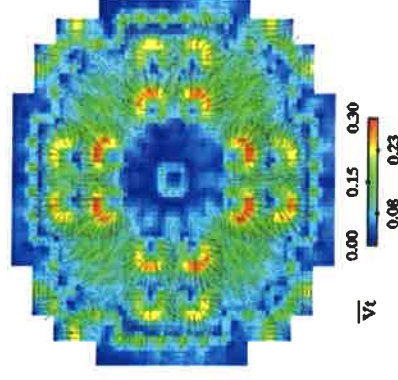
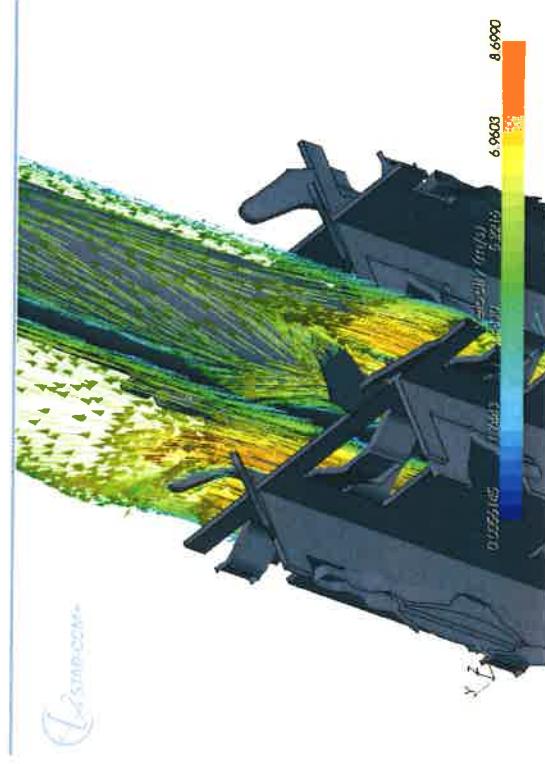
Q : 0 - 350 m³/h

Instrumentation : LDV, PIV, T, P ...

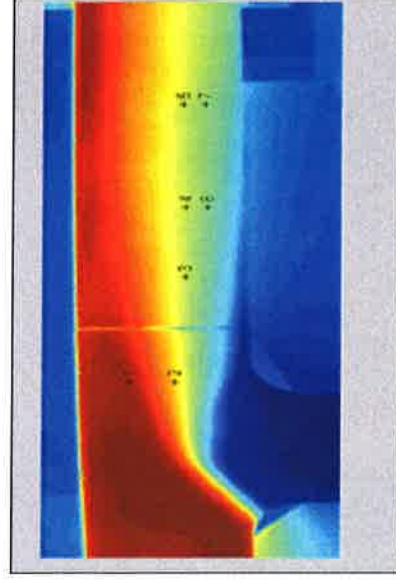


Boucle COLENTec (colmatage des générateurs de vapeur)



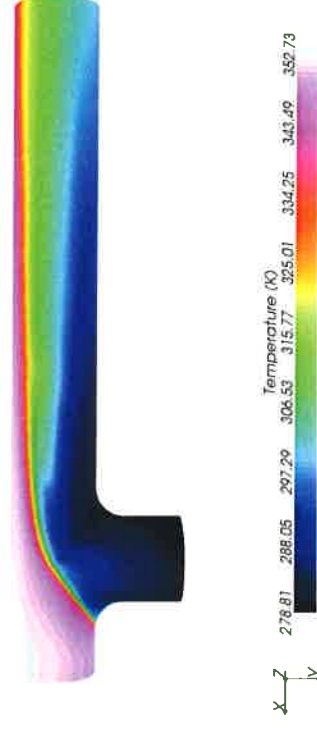


Computed in-core transverse flow field (EDF data)



T mixture IR image

T mixture simulation



le LTDA englobe 3 pans d'activités

Expertise en

Accidents Graves

- réponse directe aux besoins industriels
- développement des modèles et des codes
- diffusion codes

Expérimentations

orientée HP/HT

- réponse directe aux besoins industriels
- validation des codes
- expertise et phénoménologie diphasique

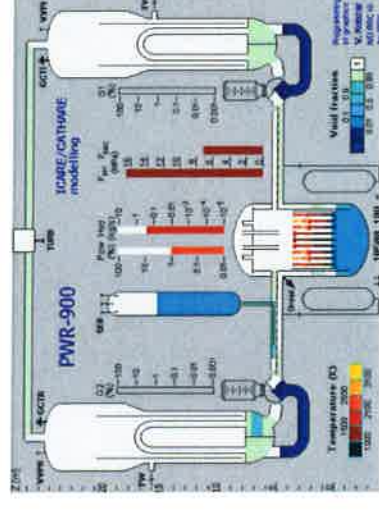
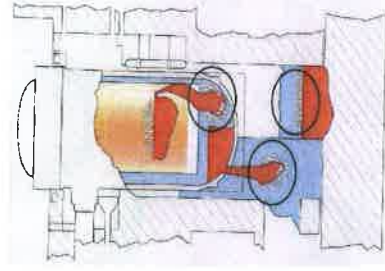
Expertise AG

« Expertise manip »

Expérimentations

orientées AG

- compréhension phénoménologique
- validation des modèles



- **Concevoir, réaliser et interpréter des expériences de thermohydraulique :**

En soutien industriel **en thermohydraulique diphasique** pour les réacteurs actuels, notamment dans le cadre des futures gestions du combustible

En soutien à la thermohydraulique expérimentale dans le cadre du schéma directeur code pour la PN et les réacteurs de recherche (RES, RJH, ITER)

En support aux activités de validation de logiciels de thy. (Neptune, Cathare, Flica), et de développement de logiciels dédiés aux **Accidents Graves** (Thema, Tolbiac, Leonar)

- **Participer au développement de modèles, à leur implantation et à leur validation au sein des logiciels :**

En support aux activités de validation **logiciels de thy.** (Neptune, Cathare, Flica, CE)

En assurant la documentation, la diffusion et la maintenance de certains **logiciels AG**

- *Contribuer à assurer une pérennité de l'expertise relative aux AG*

➡ *liens avec DTN/STRI/LMA*

– Compétences :

- Expérimentation dédiée thermohydraulique diphasique :
 - Conception, instrumentation, pilotage installation (HP/HT)
 - Fluide simulant (fréon, eau/air) ou fluide réel (eau liquide/vapeur)
- Codes de calcul (Cathare, Trio-U, Flica, Thema, Tolbiac, Leonar)
- Expertise en analyse et modélisation physique

– Thématiques scientifiques :

- Ecoulements simple phase, diphasique, multiphasique
- Transferts thermiques (convections, conduction/rayonnement)
- Flux critique (qualification combustible)
- Interactions physico-chimiques (ICE, ICB, H2O/Na)

– Domaines d'activité :

- Thermohydraulique des cœurs de réacteur (REP, Exp, PN)
- Thermique de l'entreposage & transport d'assemblages
- Scénarios AG (REP, REB, RNRNa)
- Expérimentations et expertise spécif. (issues des compétences, de l'historique...)

– Parc expérimentale :

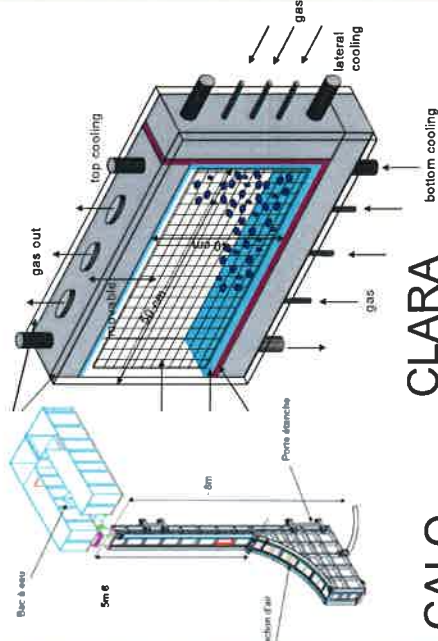
- 10^zaine d'installations, une plateforme thy. AMETHYST...

Les 2 grands volets d'activités expérimentales

Expérimentations orientées AG



CALO



CLARA



CINOG



SENSAS



Expérimentations orientées HP/HT



AGATE GRAZIELLA SULTAN-RJH
PATRICIA DEBORA OMEGA
plateforme thermohydraulique
diphasique CŒUR AMETHYST

Advanced Multi Experiments for Thermal Hydraulics
in Single and Two phase flows

DE LA RECHERCHE À L'INDUSTRIE



www.cea.fr



CEA/DEN/CAD/DTN/STRI

SUJETS DE STAGES 2013/2014

PHELMA MINATEC - 09 octobre 2013

PAGE 26

Stage 1

COMMISSARIAT A L'ENERGIE ATOMIQUE ET AUX ENERGIES ALTERNATIVES

Direction de l'Energie Nucléaire – Centre de CADARACHE

Département de Technologie Nucléaire

Service de Technologies des Réacteurs Industriels

Laboratoire d'Hydromécanique Cœur et circuits

OBJET : Sujet de stage

Lieu : Commissariat à l'Energie Atomique et aux énergies alternatives – Cadarache, 13108 Saint Paul
lez Durance CEDEX DTN/STRI/LHC bâtiment 727

Tuteur: Eric Boccaccio, Tél : 04 42 25 25 07, Fax : 04 42 25 45 75 ; E-mail: eric.boccaccio@cea.fr

Titre : Analyse et synthèse des essais de mesures de force d'envol d'Assemblage Combustible.

Thématique : Dans le cadre de l'amélioration de la tenue et de l'optimisation des performances des Assemblages Combustibles (AC) des Réacteurs à Eau Pressurisée, le Laboratoire d'Hydromécanique Cœur et circuits du CEA-CADARACHE conduit, en partenariat avec EDF et AREVA-NP, des programmes de recherche, liés aux domaines de la mécanique des fluides, de la vibration des structures en tenant compte des phénomènes de couplage. Ces études s'appuient sur des moyens expérimentaux, reproduisant les conditions thermohydrauliques en cœur (155 bars, 315°C, 550 m³/h, maquettes échelle 1), et des moyens de calculs à partir de logiciels internes CEA (TRIO-U, CAST3M) ou des logiciels plus standard (STAR-CCM+, ANSYS ICEM).

Cadre du stage : Parmi les différents thèmes étudiés au sein du laboratoire, une des problématiques majeures est l'évaluation de la force hydromécanique appliquée par l'écoulement sur la structure d'un Assemblage Combustible. Cette force liée au frottement du fluide sur les parties solides de l'Assemblage peut conduire dans certains cas au décollement de celui-ci de la plaque inférieure de cœur et générer des effets dommageables sur la structure. Afin d'éviter ce phénomène il est important de bien dimensionner le système de maintien des AC en cœur et par conséquent de connaître avec une bonne précision cette force hydrodynamique. A cette fin plusieurs campagnes expérimentales ont été conduites par le passé : VIBRAXE, EFFAXE, ENVOL, PECHE, DEDALE ... Celles-ci ont permis de mesurer cette force, la caractériser en fonction de différents paramètres et de montrer sa dépendance vis-à-vis du confinement des maquettes expérimentales.

Objectifs du stage : Dans ce cadre, le stagiaire aura en charge, après un ré-examen des campagnes expérimentales passées, de réaliser une synthèse et de proposer un modèle permettant de déterminer la force hydrodynamique à partir de la mesure du débit Venturi de l'installation et de considérations géométriques. D'autre part des calculs réalisés à l'aide du logiciel de CFD STAR-CCM+ pourront permettre d'étudier la sensibilité de certains paramètres sur la force.

Résultat attendu : Synthèse et élaboration du modèle.

Documents à émettre : Note Technique CEA regroupant les résultats attendus.

Intervenants du stage :

- Chef de laboratoire : Etienne Tevissen
- Chargés d'affaires : Eric Boccaccio – Philippe Latil

Connaissances : logiciels SolidWorks – STAR CCM+

PHELMA MINATEC - 09 octobre 2013

PAGE 27

Stage 2



PROPOSITION DE STAGE 2013-2014

Centre : CEA-Cadarache
Dépt/Service/Labo : DTN/STRI/LMA
Pôle ou Direction : DEN

Titre du stage

Etude de l'oxydation de la phase métallique base acier du corium au cours d'un accident grave nucléaire

Contexte du sujet

Au cours d'un accident grave de réacteur nucléaire, de type Fukushima, le cœur pourrait fondre et former un bain, nommé corium, constitué du combustible, de la gaine et des matériaux de structures (acier inoxydable) présents dans le cœur. Ce mélange, est susceptible de percer les deuxième et troisième barrières de confinements que sont la cuve et le radier en béton. En cas d'interaction corium-béton, les cinétiques de percement du béton dépendent fortement des proportions et de la configuration spatiale des phases oxydées et métalliques du corium.

Description du sujet

La phase métallique d'un corium se trouve en contact de la phase oxyde du corium mais aussi des gaz issus du béton (H_2O et CO_2) sous air. Par ailleurs, les éléments du béton (SiO_2 , CaO , Al_2O_3) viennent enrichir en continu le corium. Les sources potentielles d'oxydation de la phase métallique sont donc variées et les mécanismes prépondérants sont peu ou mal connus. Cette étude, réalisée dans le cadre d'une thèse, vise à déterminer les mécanismes et cinétiques d'oxydation de la phase métallique. Des expériences analytiques à petite échelle sont réalisées dans l'installation VIII et leur interprétation servira à développer des modèles. Les modèles seront ensuite qualifiés sur des essais accidents graves à plus grande échelle. Enfin, ces modèles seront appliqués aux réacteurs. En collaboration avec l'équipe expérimentale du laboratoire, le stagiaire devra participer à l'élaboration des expériences analytiques (synthèse du matériau corium), à leur réalisation ainsi qu'à leur interprétation grâce à l'analyse matériaux.

Domaines de spécialité requis

matériaux
Hautes températures

Moyens mis en œuvre

Logiciels : bureautique, installation VIII, microscopie électronique, diffraction des rayons X...

Formation souhaitée

3^e année Ecole d'Ingénieur ou Master II

Durée du stage

6 mois

STAGE SEULEMENT - THESE POSSIBLE - THESE SOUSCRIPTABLE
remarque : les formalités de constitution du dossier, nécessaires pour pouvoir effectuer un stage au CEA, durent au moins deux mois.

Encadrement

Nom de l'ingénieur responsable : P. PILUSO
Tél : 04 42 25 25 09

Bâtiment : 202
E-mail : pascal.pilus@cea.fr

Téléphone du secrétariat : 04 42 25 25 43

Nom du chef de laboratoire : C. Suteau
Tél : 04 42 25 44 28

Stage 3



PROPOSITION DE STAGE 2013-2014

Centre : CEA-Cadarache

Pôle ou Direction : DEN

Dépt/Service/Labo : DTN/STRI/LMA

Titre du stage

Modélisation maillee d'un front de fusion et réduction 0D du modèle – Durée : 6 mois

Contexte du sujet :

Ce travail s'inscrit dans le contexte de l'étude des accidents graves des réacteurs à eau légère (REL) dans le but d'améliorer les moyens de prévention et mitigation associés. Dans ce cadre, la phénoménologie du bain de corium (métaux et oxydes sous forme liquide sous de la fusion des matériaux du cœur du réacteur) qui peut se former suite à la perte du refroidissement et la dégradation qui s'en suit du cœur du réacteur est un élément clé. Par exemple, dans une approche de sûreté type « rétention en cuve » ou l'on cherche à maintenir l'intégrité de la cuve qui conditionne la probabilité de confinement i.e. la cuve du réacteur, c'est le flux de chaleur transmis par le bain de corium en fond de cuve à la cuve qui conditionne la probabilité de succès par un renouveau du puits de cuve.

Dans ce cadre, un élément de modélisation récurrent concerne la propagation d'un front de fusion ou de solidification à l'interface entre un bain de corium (liquide) et son environnement (solide) : bain de corium et sa croûte, couche métallique du bain partiellement solide suite à un renouveau, etc.

Description du sujet

Dans le cadre des codes dits « scénarios » (e.g. applications PROCOR, code MAAP) qui doivent traiter une large gamme de phénomènes physiques associés à une séquence longue de propagation d'un bain de corium et permettre des analyses de sensibilités/incertitudes, les modèles mis en place sont, pour la plupart intégraux (« 0D ») avec des lois de formettes tirées d'expériences dédiées (e.g. corrélations en Nusselt pour la fermeture de conservation d'énergie associée à une phase liquide du bain de corium).

Pour le problème du front de fusion qui nous intéresse ici, la fermeture du problème 0D de conduction dans le solide (au travers du flux de conduction à l'interface) est souvent faite avec l'hypothèse d'un profil en température en régime permanent établi dans le solide à tout instant. Dans plusieurs cas, cette hypothèse est invalidée par le temps caractéristique de conduction. Pour aller plus loin, on se propose ici, dans une démarche de réduction de modèle, de :

- développer un modèle « de référence » complet : convection 0D pour le liquide, conduction multiD pour le solide avec front de fusion/solidification plane ;
- étudier, à partir de ce modèle, le comportement du flux de conduction à l'interface pour diverses configurations (grille associée aux données d'entrée du problème) et proposer une paramétrisation de ce flux ;

afin *in fine* de disposer d'un modèle simple mais pertinent pour les codes scénarios

On se concentrera dans ce stage sur le cas le plus simple d'une interface 1D plan liquide solide.

L'ensemble des développements se fera dans la plateforme logicielle PROCOR développée au CEA avec l'utilisation pour la discrétisation du problème maille dans le solide d'une librairie externe d'éléments finis.

Domaines de spécialité requis (à classer par ordre de priorité)

Analyse numérique Modélisation

Moyens informatiques mis en œuvre

Logiciels : PROCOR, Java

Formation souhaitée

3^e année Ecole d'Ingénieur ou Master II

Encadrement

Nom de l'ingénieur responsable : R. Le Tellier Tel : 04 42 25 79 94

Bâtiment : 202 E-mail : romain.le-tellier@cea.fr

Téléphone du secrétariat : 04 42 25 25 43

Nom du chef de laboratoire : C. Suteau Tel : 04 42 25 44 28

Stage 4



PROPOSITION DE STAGE 2013-2014

Centre : CEA-Cadastre
Dépt/Service/Labo : DTN/STR/LMA
Pôle ou Direction : DEN

Titre du stage

Analyse physique et simulation numérique du transfert d'un mélange liquide UO_2 /Acier à travers une brèche - Durée : 6 mois

Contexte du sujet :

Projet ASTRID de conception d'un réacteur INR Na (prototype des réacteurs de 4^{ème} génération refroidis au sodium) Prise en compte des accidents graves au stade de la conception du réacteur
Instruction des questions relatives à la relocalisation du sodium et aux interactions entre sodium et caloporteur sodium
Validation des outils de simulation de la chaîne calculs Accidentels Graves

Description du sujet

Dans la plupart des scénarios d'accident de réacteur non protégé (par exemple perte de débit de caloporteur sans chute des barres de contrôle), une fusion des aiguilles de combustible se produit ce qui entraîne le début d'une séquence accidentelle complexe faisant l'objet de nombreuses investigations. Il est notamment essentiel de pouvoir garantir que cette séquence n'entraînera pas de restriction ni de rupture de la cave du réacteur et que les dispositifs de mitigation joueront efficacement leur rôle.

L'a fusion et la rupture du boîtier de l'assemblage combustible, en contact avec le bain fondus UO_2 -Acier formé par les aiguilles déformées, entraîne l'éjection de ce mélange, par exemple via les tubes guide de barres de contrôle, vers le plenum sodium supérieur ou vers les structures qui supportent le cœur. Ce processus d'éjection est complexe car il met en jeu des interactions thermiques et mécaniques entre plusieurs fluides (UO_2 , acier liquide et vapeur, sodium liquide et vapeur) et des structures (parois des tubes guide, cavité contenant le bain fondus, superstructures du cœur) tout en modifiant la réactivité du cœur.

Les essais EAGLE, réalisés depuis 1999 dans le réacteur IOR (Rép. Kazakhstan), ont permis d'explorer sur des maquettes d'assemblages de combustible certains de ces processus dans différentes configurations (avec ou sans sodium, etc). Cette base expérimentale est confrontée aux prédictions des outils de simulation comme SIMMER, qui représente sur un maillage 2D ou 3D la dégradation des structures, l'éjection du mélange multiphasique et les différentes interactions qu'il subit avant sa relocalisation.

Il est proposé dans ce stage de combiner :

- Une analyse physique du processus d'éjection du mélange UO_2 /Acier à travers une brèche, en mettant en particulier l'accent sur l'influence de la composition et de la viscosité de ce mélange multiphasique. Ce mélange peut en effet contenir, outre des liquides (acier, UO_2), des particules de combustible et des bulles de gaz (acier vaporisé, gaz de fission). Les lois de viscosité sont-elles bien établies ? Quelle incertitude portent-elles ? La dynamique de l'éjecteur peut-elle changer en fonction de la viscosité du mélange ?
- Une analyse physico-numérique du comportement du code SIMMER lors de la simulation de l'éjection d'un mélange UO_2 /Acier dans un conduit vertical contenant du sodium. Cette analyse pourra être entreprise en s'appuyant sur des résultats déjà disponibles de la simulation des essais EAGLE-FD et ID-1 et sur l'étude de cas simplifiés. Il est proposé d'illustrer et si possible, d'expliquer, l'influence de la discrétisation spatiale (axiale et radiale) du conduit vertical sur le résultat. Il sera également possible de tester l'analyse physique faite précédemment, en variant la composition du mélange éjecté et ses propriétés (température, pression, propriétés physiques).

Le stage sera réalisé dans le cadre d'un projet transverse à plusieurs laboratoires du CEA : l'équipe pluridisciplinaire du LMA, qui accueillera le stagiaire, comprend des physiciens, des neuroinformaticiens, des numériciens ainsi que des expérimentateurs (plateforme PLINIUS dédiée à l'étude des accidents graves).

Domaines de spécialité requis (à classer par ordre de priorité)

Physique	Simulation numérique	Informatique
----------	----------------------	--------------

Moyens mis en œuvre

L'apport : N/A (Dossier traitement du signal), Summer-III - Données expérimentales essais EAGLE

Formations souhaitées

3^{ème} année Ecole d'Ingénieur ou Master II

Encadrement

Nom de l'ingénieur responsable :	Laurent TROTIGNON	Tel. : 04 42 25 26 78
Bâtiment :	Emmanuelle DUFOUR	04 42 25 32 98
F-mail :	laurent.trotignon@cea.fr	Bât. : 708
Téléphone du secrétaire :	emmanuelle.dufour@cea.fr	
Nom du chef de laboratoire :	04 42 25 25 43	Tel. : 04 42 25 44 28

Stage 5



PROPOSITION DE STAGE 2013-2014

Centre : CEA-Cadarache
 Dépt/Service/Labo : DTN/STRI/LHC

Pôle ou Direction : DEN

Titre du stage

Modélisation de la maquette MICAS du réacteur 4G ASTRID : influence des simplifications géométriques et du facteur d'échelle – Durée : 6 mois

Contexte du sujet :

Le réacteur de génération 4 ASTRID est un projet de Réacteur à Neutrons Rapide (RNR) refroidi au sodium. Les études d'avant-projet détaillé sont menées actuellement au CEA. Le Laboratoire d'Hydrodynamique du Cœur et des écoulements (LHC) du Département de Technologie Nucléaire (DTN) du CEA Cadarache est impliqué dans les études thermohydrauliques dans cuve. Pour des raisons de commodité et de sécurité, celles-ci seront réalisées, non pas en sodium, mais en eau grâce à des similitudes sur la maquette MICAS dans l'installation PLATEAU.

La maquette MICAS à l'échelle 1/6 du réacteur ASTRID est fabriquée en matière transparente afin de pouvoir réaliser des mesures de vélocimétrie laser. Elle est par ailleurs largement instrumentée en température, mesure de niveau...

La géométrie de la maquette a été simplifiée par rapport à ASTRID pour des raisons de fabrications et de coût.

Description du sujet

Le premier objectif de ce stage est d'évaluer par simulation numérique l'impact de ces simplifications géométriques sur la thermohydraulique de la cuve. Dans un second temps, on étudiera les effets d'échelle afin notamment d'instruire la nécessité d'essais sur une maquette de plus grandes dimensions pour la caractérisation de certains phénomènes (tourbillons en surface libre...).

Les études seront menées sous STAR-CCM+. La géométrie de la maquette est disponible sous SolidWorks.

Domaines de spécialité requis (à classer par ordre de priorité)

Thermohydraulique	Simulation numérique	Informatique
-------------------	----------------------	--------------

Moyens informatiques mis en œuvre

SolidWorks, Star-CCM+

Formation souhaitée

3 ^e année Ecole d'Ingénieur ou Master II

Encadrement

Nom de l'ingénieur responsable :	David Guenadon	Tel. :	04 42 25 47 64
Bâtiment :	219	E-mail :	david.guenadon@cea.fr
Telephone du secrétariat :	04 42 25 38 47	Fax :	04 42 25 45 75
Nom du chef de laboratoire :	E. Tevissen	Tel. :	04 42 25 48 02



Stage 6

PROPOSITION DE STAGE 2013-2014

Centre : CEA-Cadarache Pôle ou Direction : DEN
Dépt/Service/Labo : DTN/STRU/LHC

Titre du stage

Modélisation sous NEPTUNE_CFD du Circuit de Noyage Ultime d'un réacteur nucléaire – Durée : 6 mois

Contexte du sujet :

Le RES est un réacteur d'essai en cours de construction au CEA Cadarache. Il est destiné à assurer le développement et le soutien des chaufferies nucléaires de propulsion navale (sous-marin et porte-avions). L'architecture de cette installation a été conçue dans un souci de sûreté maximale. Le Circuit de Noyage Ultime (CNU) est un des éléments de la chaîne de sûreté prévu pour fonctionner en cas d'accident grave. On entend par accident grave, la fusion du cœur conduisant à un magma appelé corium. Ce dernier en raison de sa haute température est très agressif et peut percer la cuve du réacteur pour se répandre dans l'environnement. Le CNU a pour but d'éviter ce scénario en retenant le corium dans la cuve par le refroidissement efficace des parois de cette dernière. L'évacuation de la chaleur peut se réaliser en circulation assistée au moyen d'une pompe ou en convection naturelle. Afin de valider ce concept une installation expérimentale appelée RESCUE a été bâtie. Les premières campagnes d'essais démontrent le bon fonctionnement de ce système. Grâce à ces premiers résultats positifs, il est envisagé d'utiliser ce système de sûreté sur les réacteurs électrogènes. Un programme sur cette thématique est en cours avec des partenaires européens. Des essais spécifiques représentatifs d'un réacteur électrogène VVER440 ont réalisés par rapport à cette thématique.

Description du sujet

L'objectif de ce stage est de modéliser ces expérimentations avec le code diphasique NEPTUNE_CFD dans le but d'estimer ses aptitudes dans cette problématique. L'enjeu est d'évaluer la possibilité d'utiliser NEPTUNE_CFD pour des extrapolations d'essai, du dimensionnement, ou toutes autres études sur les systèmes CNU.

- La géométrie est disponible mais devra être adaptée par rapport aux spécificités des modélisations ou du code.
- La première partie du stage consistera à modéliser quelques essais simples de référence en convection forcée. Les résultats pourront être comparés à l'expérience et à une autre étude numérique réalisée sous le code STAR CCM+.
- La seconde, consistera à simuler les essais de référence en circulation naturelle et à les comparer avec les données expérimentales.

Le stagiaire sera encouragé à participer aux nouvelles campagnes d'essai sur RESCUE afin de mieux cerner l'installation. Il sera en relation permanente avec le personnel gérant la boucle (géométrie de l'installation, résultats des campagnes expérimentales...). Le projet ayant aussi une vocation européenne, le candidat sera impliqué dans les échanges avec les partenaires.

Ce stage est la continuité d'un autre stage 2013.

Domaines de spécialité requis (à classer par ordre de priorité)

Thermique	Simulation numérique	Informatique
-----------	----------------------	--------------

Moyens informatiques mis en œuvre

logiciels Neptunc CFD, SIMAIL

Formation souhaitée : 5^e année Ecole d'Ingénieur ou Master II

Encadrement

Nom de l'ingénieur responsable :	David Guenadon	Tél :	04 42 25 47 64
Bâtiment :	219	E-mail :	david.guenadon@cea.fr
Numéro du secrétariat :	04 42 25 38 47	Fax :	04 42 25 45 75
Nom du chef de laboratoire :	E. Tevissen	Tél :	04 42 25 48 02

Stage 7



PROPOSITION DE STAGE 2012-2013

Centre : CEA-Cadarache
Dpt/Service/Labo : DTN/STRI/LHC

Pôle ou Direction : DEN

Titre du stage

Fonctionnement de séparateurs de vapeur pour la propulsion nucléaire – Durée : 6 mois

Contexte du sujet

Les séparateurs de vapeur constituent un composant important des générateurs de vapeur (GV) utilisés pour la propulsion navale nucléaire. En effet ils ont pour rôle de séparer le mélange diphasique sortant de l'échangeur pour envoyer d'une part la vapeur à l'appareil propulseur et renvoyer d'autre part l'eau liquide en partie basse de l'échangeur. Ils fonctionnent différemment selon les débits d'eau et de vapeur qui les traversent : à faible débit, les phases se séparent pratiquement linéairement, à fort débit l'accélération induite par la forme du séparateur (hélico) provoque une séparation centrifuge des phases. Ils ont ainsi le rôle de séparer les charges qui influent fortement sur le comportement global du générateur de vapeur. Une bonne connaissance de leur fonctionnement à tous les régimes de puissance du GV est donc nécessaire si l'on veut modéliser correctement le fonctionnement global du GV.

À l'heure actuelle, en l'absence de données expérimentales complètes et exploitables sur le fonctionnement de ce type de composants, les séparateurs sont modélisés de façon très simple au sein du GV (la modélisation du GV complet est effectuée avec le code Culture2 au sein du LHC).

Description du sujet

Objectifs du stage :

On propose dans le cadre de ce stage d'étudier le fonctionnement des séparateurs de vapeur de chauffe de son marin à propulsion nucléaire. Le but est d'analyser la compréhension des différents phénomènes physiques qui interviennent sur toute la gamme de fonctionnement des séparateurs afin d'évaluer la modélisation actuelle et de proposer le cas échéant une modélisation plus pertinente.

Connaissances et qualités requises :

- Connaissances de base en thermo hydraulique mono et diphasique
- Curiosité intellectuelle, esprit d'analyse, bon relationnel (échanges avec les modélisateurs)

Déroulement du stage :

- Pour réaliser cette étude, le stage comprendra les étapes suivantes :
 - Etude bibliographique (sur la base de données expérimentales anciennes disponibles, à compléter avec une recherche documentaire à effectuer)
 - Modélisation CFD d'un séparateur de vapeur
 - Calculs en monophasique, évaluation des pertes de charge, comparaison avec données.
 - Déterminer les conditions aux limites diphasique en entrée de séparateur
 - Calculs diphasiques, si possible pour les différents régimes de fonctionnement (faible puissance, forte puissance et puissance intermédiaire) et comparaison avec les données issues de l'étude bibliographique
 - Selon l'avancée du stage, comparaison avec la modélisation Culture2 actuelle. Proposition d'amélioration éventuelle.

Résultats attendus :

- Une modélisation CFD d'un séparateur de vapeur
- Une description des phénomènes physiques intervenant dans le fonctionnement du séparateur à tous les régimes de puissance du GV
- Si possible une amélioration de la modélisation simplifiée actuelle avec le code Culture

Domaines de spécialité requis (à classer par ordre de priorité)

Mécanique des fluides et thermique Simulation numérique Informatique

Moyens mis en œuvre

Logiciel de CFD à définir (Nephtis, CFD, Star CCM+, ...) – Résultats expérimentaux (partiels), bibliographie

Formation souhaitée

1^{er} année Ecole d'Ingénieur ou Master II

Encadrement

Nom de l'ingénieur responsable : Eric VERLOO Tél. : 04 42 25 43 47

Bâtiment : 219 E-mail : eric.verlooo@cea.fr (+ David GUENADOU) (04 42 25 47 64)

Téléphone du secrétaire : 04 42 25 38 47 Fax : 04 42 25 45 75

Nom du chef de laboratoire : Etienne TEVISEN Tél. : 04 42 25 48 02

Stage 8



PROPOSITION DE STAGE 2012-2013

Centre : CEA-Cadarache
Dépt/Service/Labo : DTN/STRI/LHC

Pôle ou Direction : DEN

Titre du stage

Modélisation d'une maquette de générateur de vapeur de propulsion navale avec le code de calcul CATHARE 3 – Durée : 6 mois

Contexte du sujet :

Dans le cadre du renouvellement de la flotte française de sous-marins nucléaires d'attaque (SNA), le sous-marin Barracuda est en phase finale de définition. Le pôle militaire du CEA (DAM) intervient en ce qui concerne la chauffe nucléaire comme maître d'ouvrage délégué et différentes unités du CEA (SRI) participent à la conception notamment en ce qui concerne la thermo hydraulique. C'est dans ce cadre que le LHC effectue des études de fonctionnement du générateur de vapeur du Barracuda pour vérifier notamment le respect de certains critères de conception : des études de fonctionnement ont ainsi été réalisées en utilisant une modélisation avec le code Cathare 2.

Description du sujet

L'objectif du stage est de modifier à l'aide du code de calcul CATHARE 3 une maquette de GV dénommée 179 et de comparer les résultats de calcul avec les données expérimentales disponibles.

Une modélisation de la maquette 179 existe déjà avec le code Cathare 2. Il s'agit donc dans un premier temps d'adapter le jeu de données pour qu'il fonctionne avec le code Cathare 3 et de comparer les résultats obtenus avec les données expérimentales et les résultats de calculs précédemment obtenus avec Cathare 2.

Dans un second temps, il faudra apporter des modifications afin d'améliorer la modélisation physique. En particulier aboutir à une modélisation 3D plus proche de la réalité que ne permettant pas Cathare 2.

Connaissances et qualités requises :

- Connaissances de base en thermo hydraulique mono et diphasique
- Curiosité intellectuelle, esprit d'analyse, bon relationnel (échanges avec les modélisateurs)

Déroulement du stage :

- Appropriation du sujet, prise en main du code Cathare 2 (quelques calculs avec la modélisation actuelle Cathare 2)
- Prise en main du code Cathare 3 (utilisation de jeux de données existants, élaboration de jeux de données simplifiés) et des différences avec Cathare 2
- Passage de la modélisation 179 Cathare 2 à la modélisation Cathare 3
- Calculs des essais 179 avec la nouvelle modélisation Cathare 3. Comparaison avec la modélisation Cathare 2 et les résultats d'essais
- Améliorations de la modélisation avec Cathare 3

Résultats attendus :

- Cette étude doit permettre de disposer d'une modélisation 3D avec Cathare 3 du GV 179 permettant de reproduire au mieux les résultats expérimentaux obtenus sur la maquette. Cette modélisation servira ensuite (hors stage) de base pour développer la modélisation 3D du GV du Barracuda.

Domaines de spécialité requis (à classer par ordre de priorité)

mécanique des fluides et thermique

Moyens mis en œuvre

Logiciels : CATHARE, Excel + Résultats expérimentaux sur la maquette 179

Formation souhaitée

3^e année Ecole d'Ingénieur ou Master II

Encadrement

Nom de l'ingénieur responsable : Eric VERLOO Tél. : 04 42 25 43 47

Bâtiment : 219 E-mail : eric.verlooo@cea.fr Fax : 04 42 25 45 75

Téléphone du secrétaire : 04 42 25 38 47

Nom du chef de laboratoire : Etienne TEVISEN Tél. : 04 42 25 48 02

MERCI

Commissariat à l'énergie atomique et aux énergies alternatives
Centre de Saclay | 91191 Gif-sur-Yvette Cedex
T. +33 (0)4 42 25 78 09 | F. +33 (0)4 42 25 45 22
Etablissement public à caractère industriel et commercial
RCS Paris B 775 685 019

Direction de l'Energie Nucléaire
Département de Technologies Nucléaire
Service de Technologies des Réacteurs Industriels

PAGE 95