

## Parcours professionnel

Ingénieur mécanique

École **N**ationale d'Ingénieurs de **S**aint-**E**tienne.

6 février 2019

# Notes concernant les illustrations

- Les illustrations et photographies incluses dans cette présentation ont été soit :
  - ▶ Trouvées sur internet et sont librement accessibles.
  - ▶ Trouvées dans des brochures et des documents distribués par les entreprises.
  - ▶ Extraites de travaux en entreprise avec l'accord des employeurs<sup>1</sup>.
  - ▶ Extraites de travaux personnels.

---

1. La confidentialité a été respectée et les indications de natures techniques ont été supprimées.

# Parcours scolaire

Formation en école d'ingénieurs

Présentation de l'ENISE

Présentation du programme

Stage de 3<sup>ème</sup> année

SULLAIR Europe (Montbrison)

Stage de 4<sup>ème</sup> année

LTDS (ENISE)

Projet de fin d'étude

DIPI (ENISE)

# Parcours professionnel

ESI France (Lyon)

Bureau d'étude (Lyon)

DESTEL SA (Saint-Chamond)

Mission chez SIEMENS VAI (Montbrison)

ALYOTECH Technology (Lyon)

Mission chez AREVA NP (Chalon-sur-Saône)

Bureau d'étude (Lyon)

AXEAL Consultant (Lyon)

Mission chez ALSTOM Power Hydro (Belfort)

ASSYSTEM (Belfort)

Mission chez GENERAL ELECTRIC (Belfort)

# Parcours professionnel

SOM CALCUL (Lyon)

Mission chez AREVA NP (Lyon)

Bureau d'étude SOM CALCUL (Villeurbanne)

CRIT INTERIM (Aix-en-Provence)

Mission au CEA (Cadarache)

ALTEN (APTECH) (Lyon)

Mission chez BUREAU VERITAS (Brignais)

ALTRAN (Lyon)

Mission chez EDF (UNIE) (Lyon)

Partie 1  
Parcours scolaire

# Présentation de l'ENISE

## École Nationale d'Ingénieurs de Saint-Etienne

- 58 rue Jean Parot 42100 Saint-Étienne.
- Promotion 2000-2005.
- Création en 1961.
- Formation d'ingénieurs généralistes en mécanique.
- 5 années d'études avec cycle préparatoire intégré.

# Cycle préparatoire intégré (1<sup>ère</sup> et 2<sup>ème</sup> années)

- Cours de classes préparatoire.
  - ▶ Mathématiques.
  - ▶ Physique.
  - ▶ Mécanique.
  - ▶ Résistance des matériaux.
  - ▶ ...
  
- Cours spécialisés.
  - ▶ Fabrication.
  - ▶ Méthodes.
  - ▶ Métrologie.
  - ▶ Métallurgie.
  - ▶ Conception mécanique.
  - ▶ ...



# Cycle ingénieur (3<sup>ème</sup>, 4<sup>ème</sup> et 5<sup>ème</sup> années)

- Cours de niveau ingénieur.
  - ▶ Mécanique des milieux continus.
  - ▶ Mathématiques avancées.
  - ▶ Mécanique des fluides.
  - ▶ Économie, gestion.
  - ▶ ...
- Périodes de stages.
  - ▶ 2 stages en 3<sup>ème</sup> et 4<sup>ème</sup> année.
  - ▶ 1 projet de fin d'études en 5<sup>ème</sup> année.

# Stage de 3<sup>ème</sup> année

## SULLAIR Europe

- 3 rue Jardins 42600 Montbrison.
- Fabrication de compresseur portables pour le BTP.
- Fabrication de marteaux piqueurs et d'outils pneumatiques.
- Plusieurs lignes de fabrication sur site.

# Sujet du stage

- Réorganisation d'une ligne d'assemblage de compresseurs mobiles.
  - ▶ Passage de la ligne en flux tendu.
  - ▶ Prise en compte de la nouvelle gamme de compresseurs.



# Dimensionnement de la nouvelle ligne

- Application de la méthode Kanban.
  - ▶ Étude des délais d'approvisionnement.
  - ▶ Calcul du nombre de lots et des quantités.
- Dimensionnement de la nouvelle ligne.
  - ▶ Analyse de déroulement (Chronométrage des opérations).
  - ▶ Recherches des opérations critiques (Goulots d'étranglement).
  - ▶ Réaffectation des ressources humaines.
  - ▶ Équilibrage de la ligne.

# Conception de la nouvelle ligne

- Définition d'une nouvelle implantation des postes et des stockages.
  - ▶ Dessin de la nouvelle ligne sur CAO.
  - ▶ Prise en compte des zones accessibles aux palans.
  - ▶ Prise en compte des impératifs de sécurité.
  - ▶ Prise en compte des largeurs nécessaires aux véhicules de manutention.

# Bilan du stage

- Familiarisation avec la gestion de production.
- Implantation validée par les responsables de SULLAIR Europe.
- Changement des données en fin de stage.
- Reprise du projet de réorganisation par un autre stagiaire.

# Stage de 4<sup>ème</sup> année

## LTDS

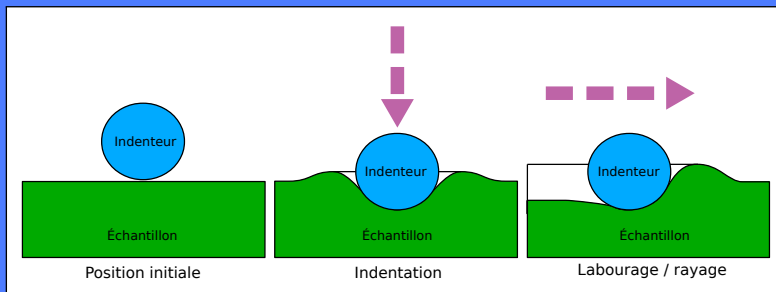
- Laboratoire au sein de l'ENISE.
- Laboratoire de **T**ribologie et de **D**ynamique des **S**ystèmes.
- **U**nités **M**ixte de **R**echerche (UMR 5513 / ENISE).
- Plusieurs sujets de thèses sur des problématiques de contact pendant l'usinage.

# Sujet du stage

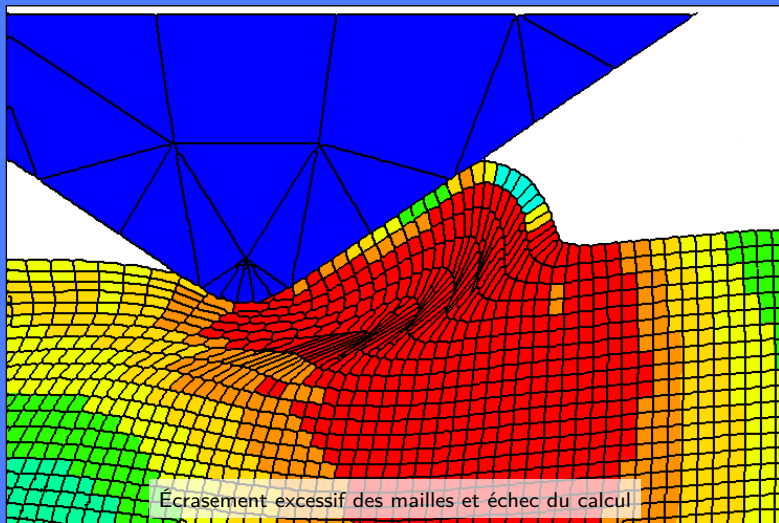
- Programmation d'un algorithme de remaillage pour une simulation de rayage.
  - ▶ Problème d'écrasement excessif des mailles pendant la simulation.
  - ▶ Problème de convergence des calculs.



# Déroulement d'une simulation de rayage



# Écrasement des mailles



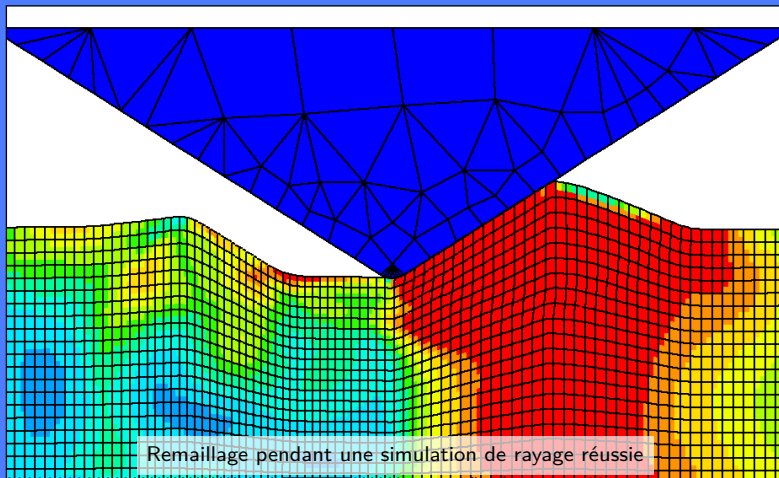
# Recherche de solutions

- Familiarisation avec le code de calcul **Systus** et avec le **SIL** (**S**ystus **I**nterface **L**anguage).
- Recherche d'une méthode de détection des défauts.
- Recherche d'une méthode de remaillage.

# Programmation et validation

- Codage du programme.
- Validation de la méthode sur des modèles 2D.
- Validation de la méthode sur des modèles 3D.
- Validation de la méthode avec prise en compte de l'adhérence.
- Rédaction de la notice d'utilisation du programme.

# Résultats obtenus



# Bilan du stage

- Première expérience dans la simulation numérique.
- Programme opérationnel et utilisé pour la suite des recherches.
- Possibilités d'effectuer des calculs d'une durée plus longue.

# Projet de fin d'étude

## DIPI

- Laboratoire au sein de l'ENISE.
- **D**iagnostic et **I**magerie des **P**rocédé **I**ndustriels.
- **É**quipe d'**A**ccueil (EA 3719).
- Laboratoire de recherche sur les systèmes de visions, et LASER.

# Problématique

- Utilisation de projecteurs de profils pour le contrôle de pièces planes.
- Inconvénients :
  - ▶ Déformations dues à l'optique.
  - ▶ Recalage manuel des contours.
  - ▶ Ne peuvent être utilisés que pour le contrôle.



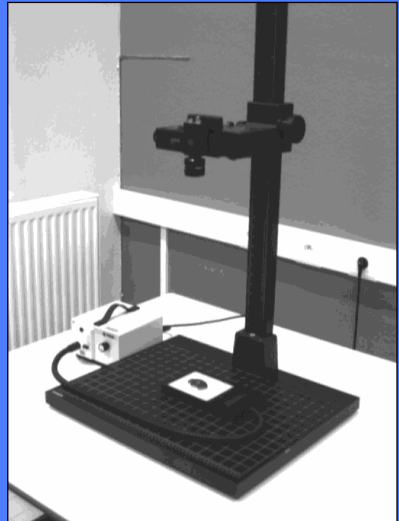


# Objectif

- Étude de la mise en œuvre d'un procédé de métrologie par vision numérique.
- Capacité de :
  - ▶ Corriger les défauts dus à optique.
  - ▶ Recaler automatiquement les contours.
  - ▶ Mesurer les défauts par rapport à un contour issu d'une CAO.

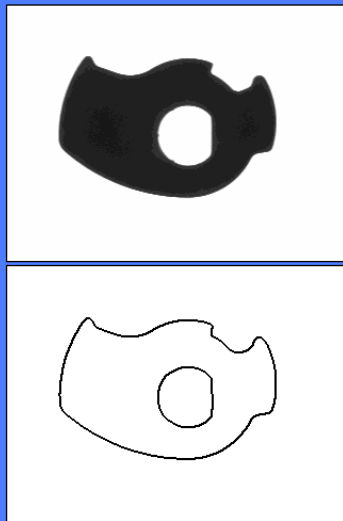
# Mise en place du banc d'essai

- Mise en place d'un banc de test.
- Choix des objectifs (Télécentriques).
- Choix d'un type d'éclairage (Rétro-éclairage).



# Recherche d'une méthode de détection des contours

- Recherche et validation d'une méthode de calibration du capteur.
- Comparaison des différentes méthodes de détection de contours.
- Choix d'une méthode (Canny).



# Recherche et validation de la méthode de mesure

- Recherche d'une méthode de superposition des contours.
- Validation de la méthode sur des pièces de formes différentes.
- Recherche d'une méthode de mesure des défauts.
- Validation de la méthode sur des défauts de formes et de tailles différentes.

# Bilan du projet et avenir du procédé

- Système de mesure réalisable.
- Nécessité de perfectionner le recalage des contours.
- Capacité de mesure actuelle de 0,5 à 0,7 mm avec capteur CCD 0,5 Mpixels.
- Possibilité de mesurer des défauts de 1 à 3  $\mu\text{m}$  avec un capteur de 80 à 100 Mpixels.
- Présentation du système au 12<sup>ème</sup> congrès international de métrologie à Lyon (Juin 2005).

# Bilan du projet et avenir du procédé

## UN CAPTEUR CCD DE 112 MILLIONS DE PIXELS !

Potsdam (Allemagne).

le 30 janvier. Voici le plus performant des capteurs CCD jamais construits; sa résolution atteint 112 millions de pixels! Les chercheurs de l'institut d'astrophysique de Potsdam ont vu les choses en grand, puisqu'il mesure près de 10 cm de côté, soit le double des meilleurs modèles actuels. Inutile cependant d'espérer le retrouver dans un appareil photo: il a été spécialement conçu pour le Large Binocular Telescope, en Arizona. Deux de ces capteurs vont en effet équiper le grand télescope aux deux miroirs d'ici à 2011, et devraient ainsi permettre de capter des champs magnétiques cosmiques, mais aussi d'observer des exoplanètes de la taille de la Terre. F.G.



## Partie 2

### Parcours professionnel

# Présentation

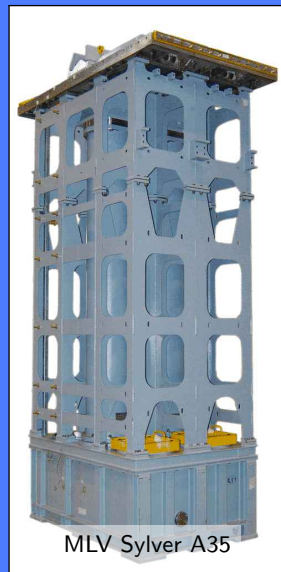
## ESI France

- 70 rue Robert 69006 Lyon.
- Filiale de ESI group.
- Éditeur de logiciels de simulations numérique :
  - ▶ Systus.
  - ▶ Pam crash.
  - ▶ Pam cast.
- Réalisation d'études par simulation numérique pour :
  - ▶ DCN (Naval, armement).
  - ▶ AREVA NP (Nucléaire).
  - ▶ COMEX (Nucléaire).



# Bureau d'étude DCN

- Bureau d'étude en charge des affaires pour **DCN**.
- Calculs de vérifications sur des **Modules de Lancement Verticaux (MLV)**.



# Déroulement des études sur les MLV

- Création et reprise de maillages avec **Systus** et **Visual-Mesh**.
- Vérification de la tenue au choc des MLV soumis à des chocs de grenadage (**Systus**).
- Étude harmonique (Modes propres).
- Étude de la réponse en oscillation forcée avec gestion du contact.
- Rédaction des notes de calcul.

# Différents modèles de MLV étudiés



# Autres études pour DCN

- Vérification de la tenue de brides de fixations.
  - ▶ Vérification de la tenue face à des chocs.
- Vérification de l'étanchéité de raccords de tuyauteries.
  - ▶ Vérification de la tenue en immersion.

# Présentation

## SIEMENS VAI

- 41 rue Feurs 42600 Savigneux.
- Implantation de lignes.
- Fabrication de machines spéciales pour la sidérurgie :
  - ▶ Laminoirs.
  - ▶ Cages de coulées.
  - ▶ Planeuses.
  - ▶ Cisailles volantes.
  - ▶ Presses hydrauliques.
  - ▶ ...

# Mission chez SIEMENS VAI (Montbrison)

- Suivi de fabrication de machines :
  - ▶ Laminoirs à correction de forme (**D**ynamic **S**hape **R**oll).
  - ▶ Planeuses.
  - ▶ Presses hydrauliques destinées à la fabrication de pneus d'engins de chantier.
  
- Suivi de fabrication de pièces et de rechanges :
  - ▶ Empoises.
  - ▶ Restauration de pièces.
  - ▶ Pièces de rechange.

# Exemple de pièces suivies



Empoises d'appui pour laminoir

# Tâches réalisées

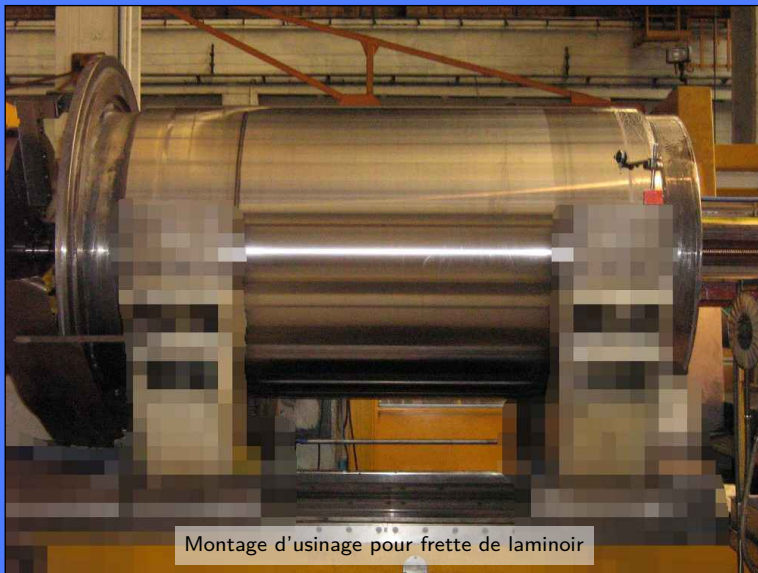
- Planification des opérations d'usinage et des traitements thermiques.
- Rédaction des gammes de fabrication.
- Gestion des nomenclatures.
- Gestion des anomalies en cours de fabrication.



# Conception d'outils nécessaires à la fabrication

- Conception d'outillages divers avec **Solidedge** et **Autocad**.
  - ▶ Outils de manutention et de réglage.
  - ▶ Outils de contrôle (Étalons, tampons...).
- Conception de montages d'usinage.
  - ▶ Montage pour le tournage de frettes de laminoir.
  - ▶ Montage pour fraisage complexe de l'arbre du laminoir.

# Exemple de montage d'usinage réalisé



Montage d'usinage pour frette de laminoir

# Exemple de montage d'usinage réalisé



Montage d'usinage pour frette de laminoir

# Présentation

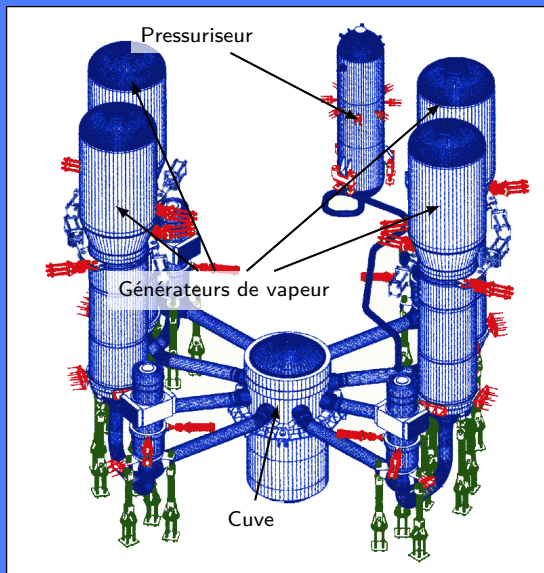
## ALYOTECH Technology

- 33 rue Georges Lévy 69200 Vénissieux.
- Société d'ingénierie.
- Bureau d'étude spécialisé en calcul par éléments finis.
- Assistance technique.

# Mission chez AREVA NP (Chalon-sur-Saône)

- Réalisation de calculs par éléments finis avec les logiciels **Systus** et **Sysnuke**.
- Vérification de la tenue de composants soumis à la pression.
- Calculs sur le projet **EPR Flamanville**.
- Analyse thermo-mécanique de sections du pressuriseur et des générateurs de vapeur.

# Composants d'un réacteur EPR



# Travaux sur le projet FA3 (EPR Flamanville)

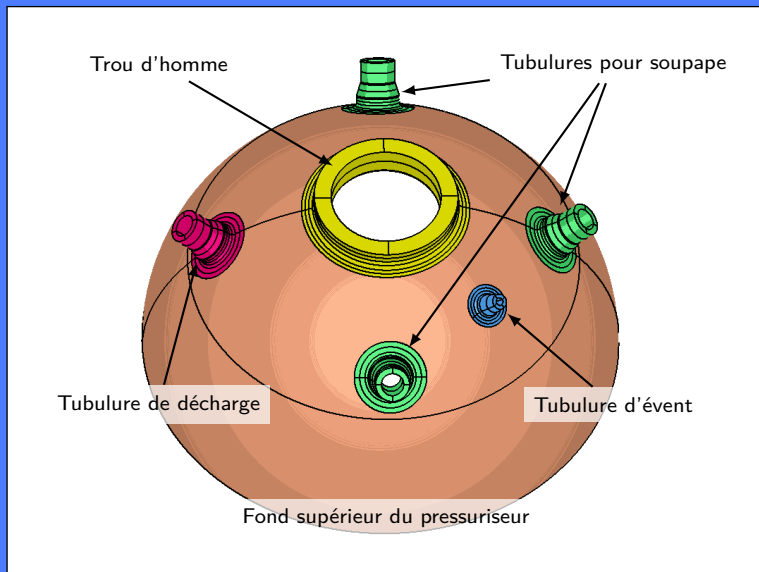
- Étude des contraintes dues :
  - ▶ à la pression.
  - ▶ à l'expansion thermique.
- Prise en compte des différentes évolutions de pression et de températures.
- Prise en compte des situation accidentelles.
- Vérification de la tenue en fatigue.

# Pressuriseur FA3

- Étude des tubulures d'échappement.
  - ▶ Tubulures pour soupapes (Fonctionnement normal).
  - ▶ Tubulure de décharge (Accident).
- Création de modèles axi-symétriques avec **Systemus**.
- Vérification de la conformité avec le code **RCC-M**.
- Rédaction d'un **Dossier d'Analyse du Comportement** pour chaque section (**DAC**).



# Tubulures d'échappement



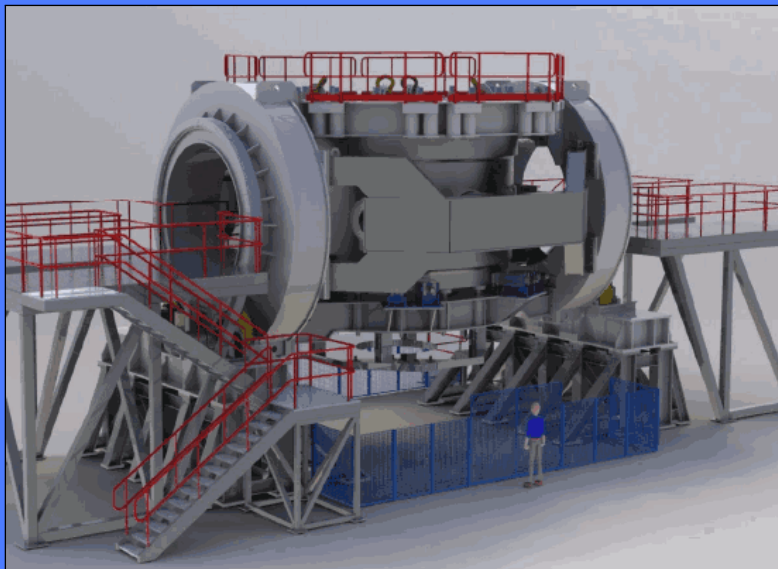
# Générateurs de vapeur FA3

- Étude du corps des générateurs.
- Étude de la fixation des accessoires internes.
- Étude du supportage.
- Création de modèles axi-symétriques et volumiques avec **Visual-Mesh**.
- Vérification de la conformité avec le code **RCC-M**.
- Rédaction d'un **Dossier d'Analyse du Comportement** pour chaque section (**DAC**).

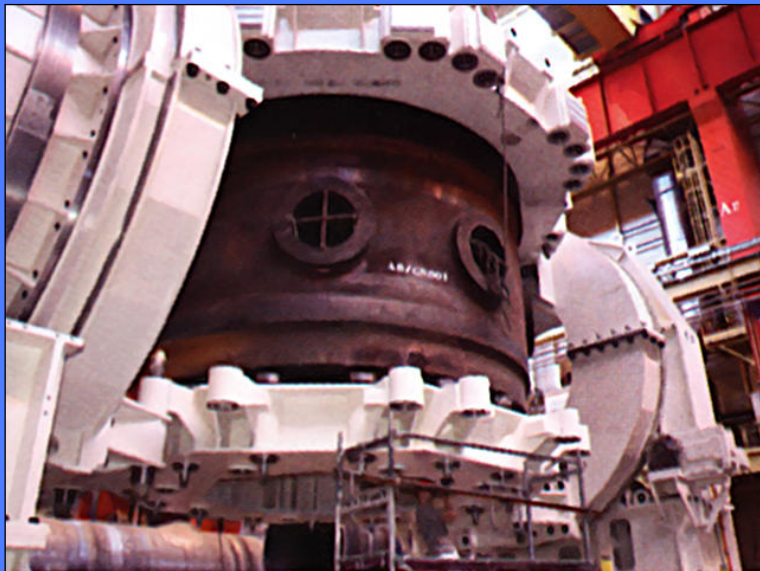
# Validation d'une machine spéciale pour NFM

- Étude d'une machine "**Cage d'écureuil**" destinée à souder les tubulures de branches sur l'anneau de la cuve du réacteur EPR.
- Réalisation d'une étude en **substructuring** avec **ANSYS** et **ANSYS Workbench**.
  - ▶ Premier calcul avec un maillage grossier pour obtenir les efforts entre les éléments.
  - ▶ Deuxième calcul avec un maillage fin avec les efforts obtenus précédemment.
- Analyse des contraintes dans différentes positions angulaires.
- Vérification de la tenue en fatigue.

# Machine "cage d'écureuil" (En projet)



# Machine "cage d'écureuil" (Machine actuelle)



# Vérification d'un conducteur électrique haute tension

- Étude d'un "**Busduct**". Conducteur électrique à haute tension.
- Enceinte de protection avec circulation de gaz.

# Vérification d'un conducteur électrique haute tension

- Étude de la tenue de la structure en cas de séisme.
- Analyse spectrale de la structure.
- Vérification des contraintes en accord avec la norme **CEI** (Commission **É**lectrotechnique **I**nternationale).

# Présentation

## AXEAL Consultant

- 11 rue des Aulnes 69410 Champagne-au-Mont-d'Or.
- Société d'ingénierie.
- Assistance technique.



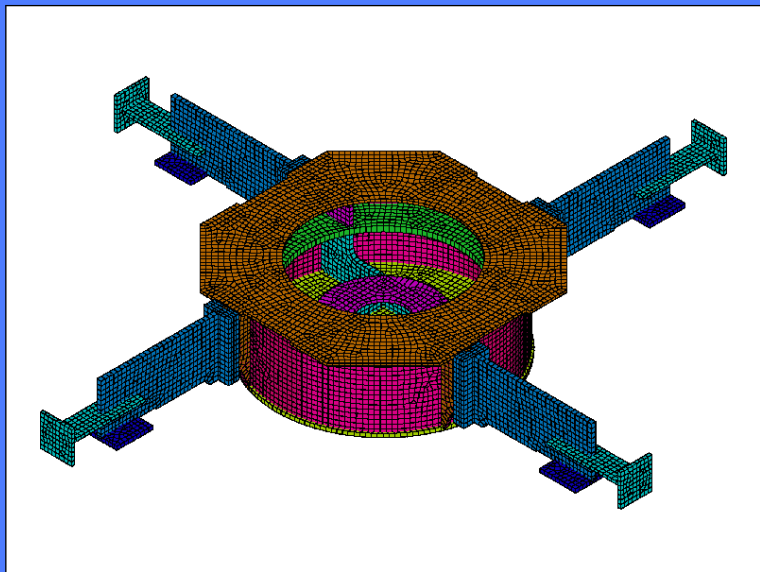
# Mission chez ALSTOM Power Hydro (Belfort)

- Ingénieur calcul au bureau d'étude calcul.
- Réalisation de calcul de dimensionnement sur des alternateurs électriques.
- Rédaction des notes de calculs clients et internes.

# Dimensionnement des croisillons des alternateurs

- Réalisation de modèles coques avec **ANSYS Classic**.
- Modèles paramétriques.
- Calculs statiques avec différents cas de chargements.
- Vérification de la rigidité des croisillons.
- Travail en collaboration avec les dessinateurs.

# Croisillon d'alternateur



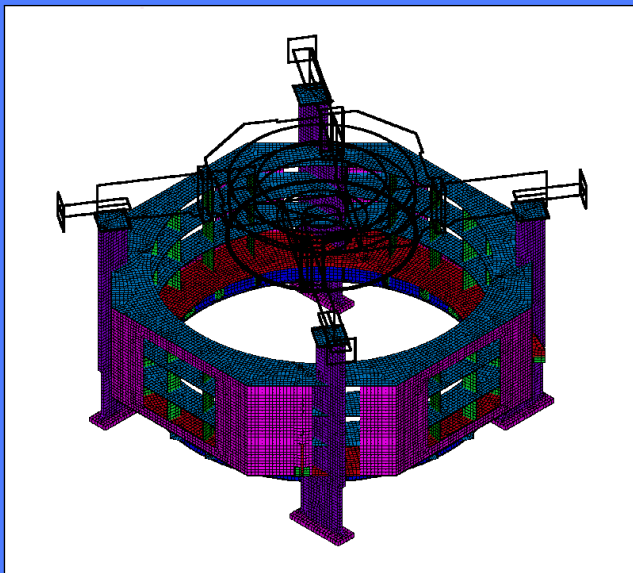
# Dimensionnement de la ligne d'arbre

- Recherche des vitesses critiques de la ligne d'arbre.
- Correction du chargement en fonction des résultats.

# Dimensionnement de la carcasse des alternateurs

- Réalisation de modèles coques avec **ANSYS Classic**.
- Étude des différents chargements.
- Étude de la rigidité radiale pour résister à la dilatation du circuit magnétique.

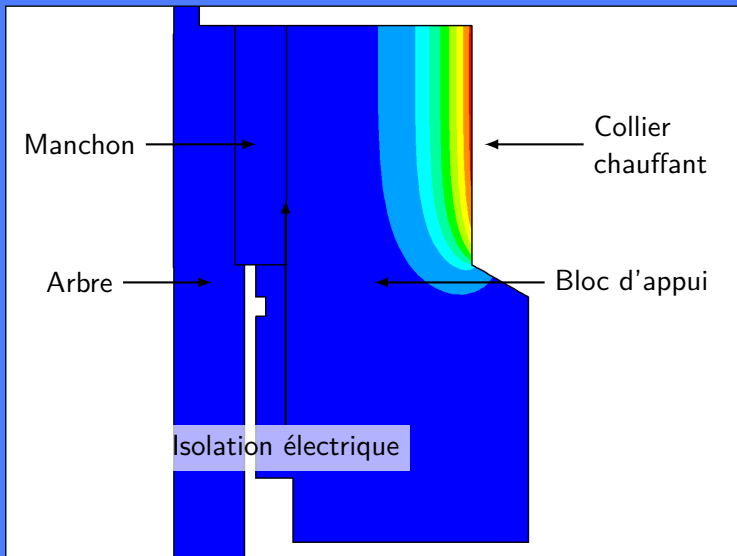
# Carcasse d'alternateur



# Dimensionnement de composants divers

- Dimensionnement analytique de systèmes de lubrification et de refroidissement.
- Dimensionnement d'assemblages frettés.
- Création d'outils de calcul avec **ANSYS** et un tableur.

# Étude du frettage de composants cylindriques

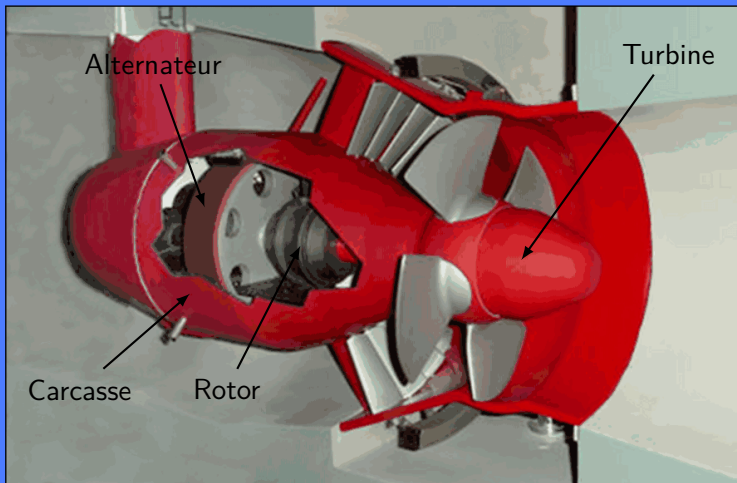




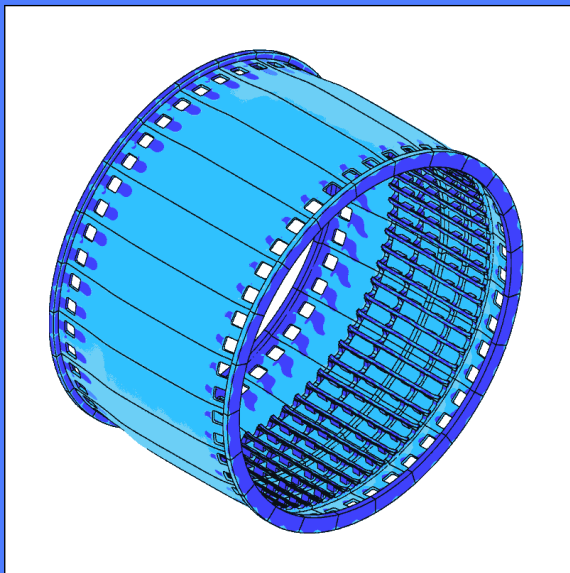
# Vérification de bulbes rénovés pour CNR

- Réalisation de modèles volumiques et coques avec **ANSYS Classic**.
- Calculs statiques avec différents cas de chargement.
- Vérification des bulbes en fonctionnement anormal (Perte de pressurisation...).

# Vue en coupe d'un groupe bulbe



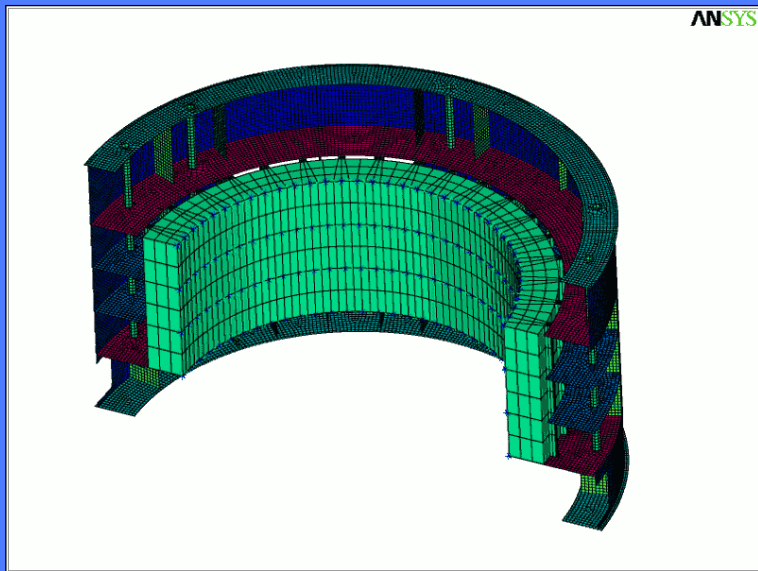
# Carcasse de bulbe rénové



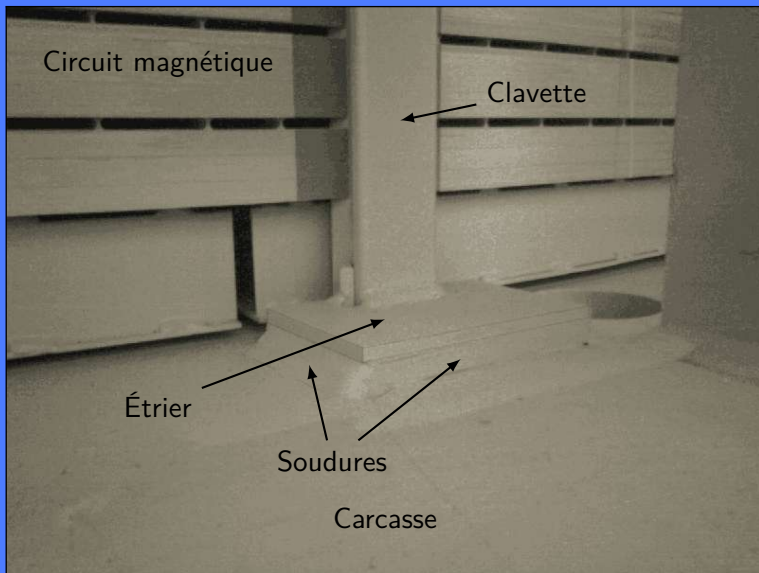
# Étude de l'usure d'un alternateur

- Alternateur de la centrale de **Guthega** (Australie).
- Réalisation d'un modèle mixte coque/volumes.
- Recherche des causes de la rupture de certaines soudures.
  - ▶ Recherche des modes de la structure pour identifier des modes critiques.
  - ▶ Étude des efforts transmis entre le circuit magnétique et la carcasse.
  - ▶ Analyse de la fatigue au niveau des soudures étriers de fixation.
- Rédaction du rapport associé.

# Carcasse de l'alternateur de la centrale de Guthega



# Étrier de fixation sur la carcasse



# Présentation

## ASSYSTEM

- 6 Avenue des Usines 90000 Belfort.
- Société d'ingénierie.
- Assistance technique.

# Mission chez GENERAL ELECTRIC (Belfort)

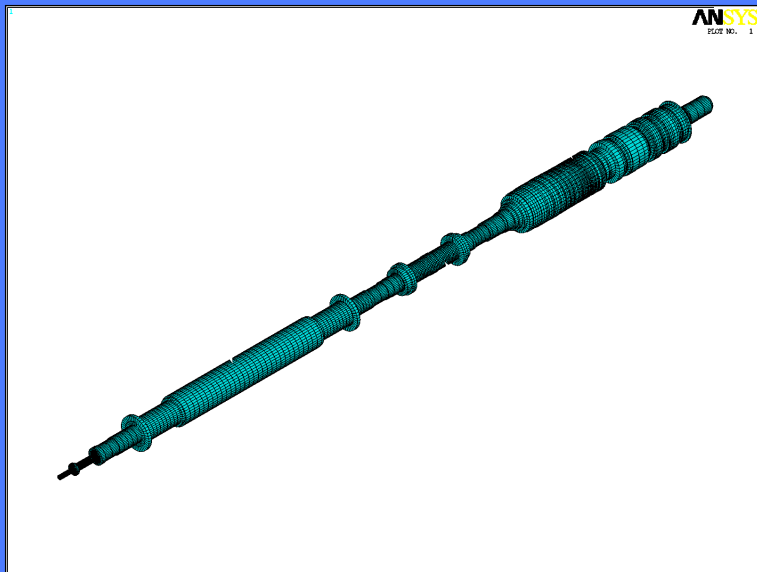
- Suivi d'affaires sur les lignes d'arbres de centrales thermiques.
- Gestion de documents dans **ENOVIA**.
- Assistance sur la réalisation de calculs dynamiques sur **ANSYS Classic**.
- Rédaction de notes de calculs.



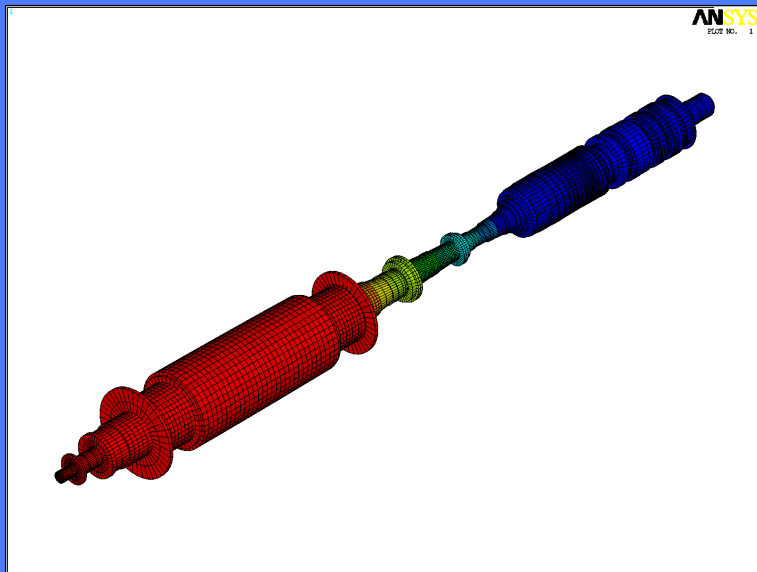
# Calculs sur une ligne d'arbre

- Création d'un modèle **ANSYS** pour un nouveau type d'alternateur.
- Assemblage des différents modèles qui composent la ligne d'arbre :
  - ▶ Turbine à gaz.
  - ▶ Accouplement.
  - ▶ Alternateur.
  - ▶ Paliers.
- Analyse modale de la ligne d'arbre complète.
- Analyse transitoire avec balourds (Situation accidentelle).

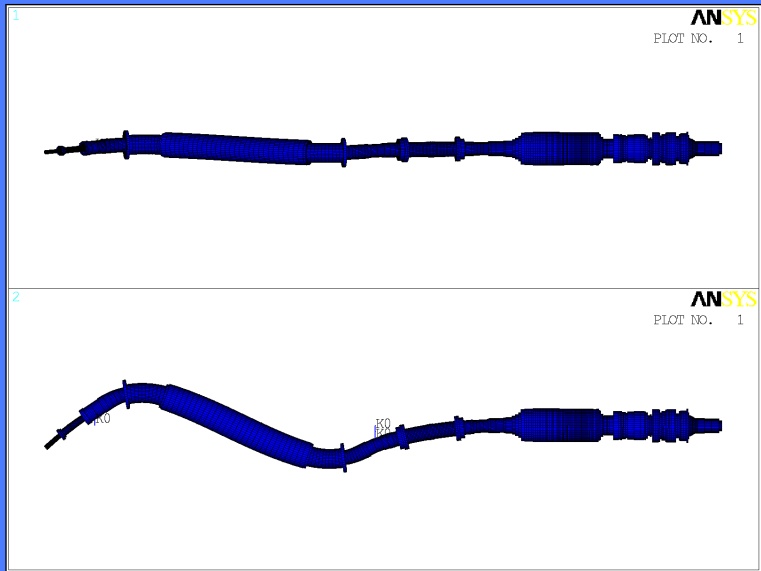
# Ligne d'arbre de centrale thermique



# Analyse des modes en torsion



# Analyse des modes en flexion



# Conversion d'un modèle SAMCEF vers ANSYS

- Récupération des données du modèle **SAMCEF** de la turbine complète (Rotor + stator).
- Transfert des données vers un fichier neutre.
- Vérification des données du fichier neutre.
- Création du modèle **ANSYS** en respectant les standards de **GENERAL ELECTRIC**.

# Validation du modèle ANSYS

- Passage d'une série de calculs sur les modèles **ANSYS** et **SAMCEF** :
  - ▶ Dépouillement des résultats
  - ▶ Vérification des écarts entre les modes propres en flexion des deux modèles.
  - ▶ Vérification des écarts entre les modes propres en torsion des deux modèles.
- Validation du modèle **ANSYS** selon les critères de **GENERAL ELECTRIC**.

## Partie 3

### Parcours professionnel

# Présentation

## SOM CALCUL

- 121 ancien chemin de Cassis 13009 Marseille.
- Société d'ingénierie.
- Assistance technique.



# Calcul sur un élément de la cuve d'un RNR

- Calcul de vérification d'une section de la cuve d'un **RNR**  
**R**éacteur à **N**eutron **R**apide.
- Création du maillage de la section avec **Visual-Mesh** :
  - ▶ Maillage volumique d'après la CAO.
  - ▶ Modèle de taille importante (530 000 mailles, 650 000 nœuds).

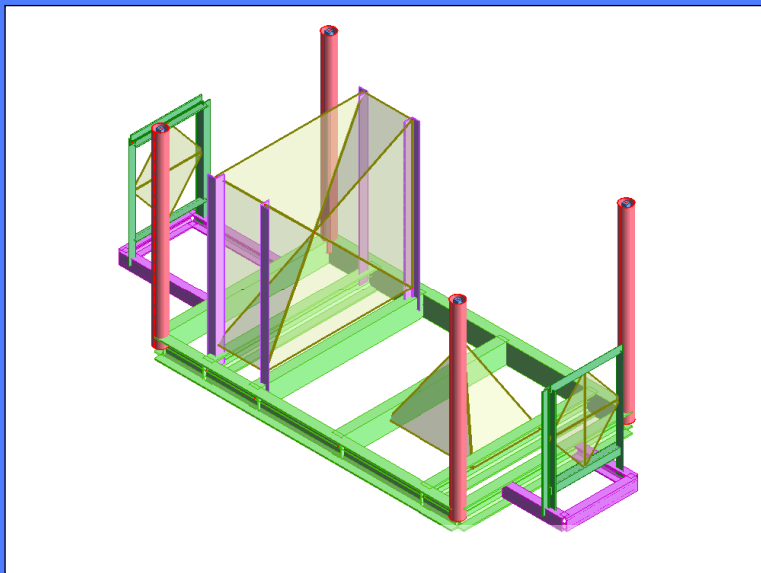
# Calcul sur un élément de la cuve d'un RNR

- Calcul thermo-mécanique avec **Systus** :
  - ▶ Application des températures issues d'un calcul fluide.
  - ▶ Analyse des contraintes dans 2 cas de chargements de combustible.
- Dépouillement avec les outils spécifiques d'**AREVA NP** :
- Analyse des résultats selon le code **RCC-M RX**.
- Rédaction de la note associée.

# Validation du supportage de gaines de ventilation

- Châssis de supportage de gaines de ventilation.
- Éléments situés dans le bâtiment des auxiliaires du réacteur **EPR Flamanville**.
- Étude pour le compte de **TUNZINI**.

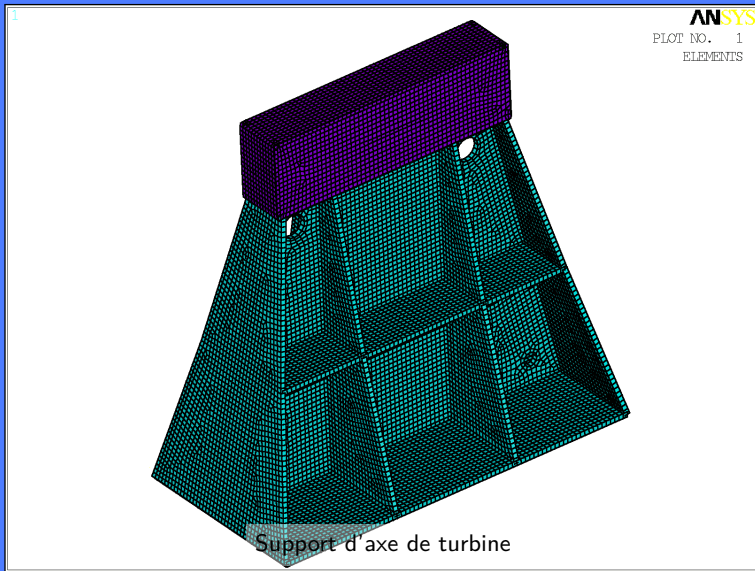
# Exemple de châssis vérifié



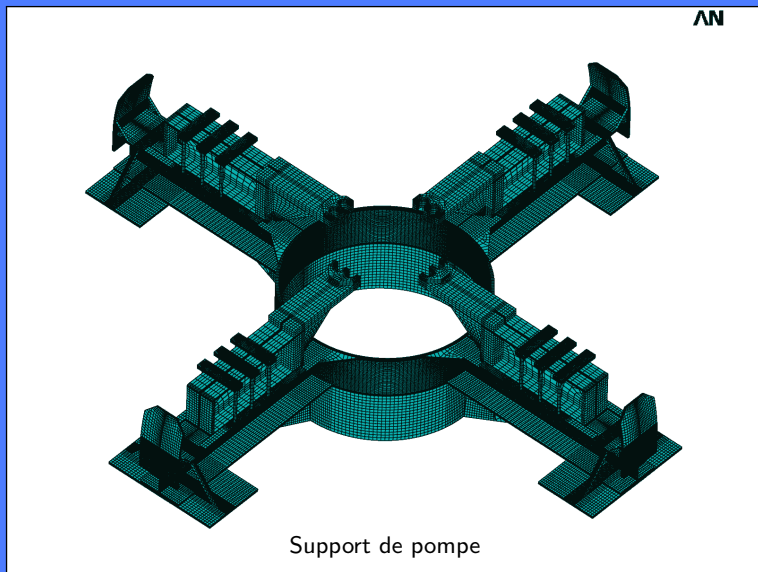
# Validation d'outillages pour EDF

- Validation dans le cadre des vérification post-Fukushima.
- Outillages utilisés sur le site de **CRUAS**.
- Recherche de la **CMU** (**C**harge **M**aximale d'**U**tilisation).
- Création des modèles et calculs en **APDL** avec **ANSYS Classic**.

# Outils validés



# Outils validés



# Présentation

## CEA (Cadarache)

- **LCIT** (Laboratoire de Conception et d'Innovations Technologiques)



# Étude d'un banc de test

- Banc de test destiné à fonctionner sous forte chaleur.
- Validation de la tenue d'un composant de réacteur nucléaire.

# Dimensionnement

- Recherche documentaire sur le matériau.
- Création du modèle avec ANSYS Workbench et ANSYS Classic (APDL).
- Calculs thermo-mécaniques élastiques et plastiques.
- Étude de plusieurs conceptions (épaisseurs, longueurs, fixations, ...).
- Analyse des contraintes et des déformations plastiques.
- Vérification selon les critères du RCC-MRx.

# Recherche

- Rédaction de la note de dimensionnement.
- Animation des réunions de conceptions.
  - ▶ Présentation des résultats aux services concernés.
  - ▶ Discussion des résultats obtenus.
  - ▶ Orientation des la suite de l'étude en fonction des résultats.

# Présentation

## BUREAU VERITAS

- 400 rue Barthélémy Thimonnier 69530 Brignais.
- Organisme Notifié.
- Fondé en 1828.
- Bureau d'étude spécialisé dans :
  - ▶ L'audit.
  - ▶ L'inspection.
  - ▶ La formation.
  - ▶ La certification.
  - ▶ L'évaluation de conformité.

# Évaluation de conformité d'équipements nucléaires

- Dans le cadre du projet FA3 (EPR Flamanville).
- Évaluation de la conformité d'équipements nucléaires.
  - ▶ Vis à vis du code RCC-M.
  - ▶ Vis à vis de la directive ESPN.
- Vérification de la documentation technique :
  - ▶ Notes de calcul.
  - ▶ Notes de fatigues.
  - ▶ Notices d'instruction.
  - ▶ Notes d'inspectabilité.
  - ▶ Notes DNRE.
  - ▶ Notes EVF.

# Évaluation de conformité d'équipements nucléaires

- Rédaction des rapports d'examens transmis à l'ASN (**A**utorité de **S**uret  **N**ucléaire).
- Suivi des révisions de ces rapports.
- Validation des réponses apportées par les fabricants.
- Visites d'inspection chez les fabricants.
- Conférences téléphoniques avec les différents intervenants.

# Robinetterie (Conception par formule)

- Vérification de notes de calcul avec conception par formules.
- Validation par contre-calculs des points suivant :
  - ▶ Séries de pressions.
  - ▶ Épaisseurs minimales.
  - ▶ Règles de tracés.
  - ▶ Pressions de service et d'épreuves.
  - ▶ Contraintes dans les différentes situations de fonctionnement.
  - ▶ Tenue à la fatigue.
  - ▶ Assemblages boulonnés.

# Robinetterie (Éléments finis)

- Validation de notes de fatigue par éléments finis.
- Validation des points suivant :
  - ▶ Qualité du maillage.
  - ▶ Hypothèses générales.
  - ▶ Conditions aux limites.
  - ▶ Coefficients de transfert thermique.
  - ▶ Localisations des sections d'analyses.
- Visites d'inspection chez FRAMATOME (Paris).



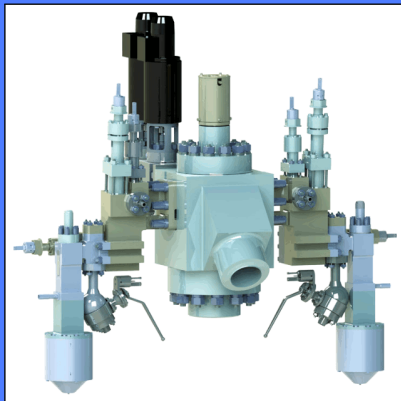
# Vannes VELAN

- Évaluation de conformité de vannes fabriquées par VELAN.
- Évaluation de vannes destinées aux circuits :
  - RIS Circuit d'injection de sécurité (en cas d'accident).
  - RCV Système de contrôle chimique et volumétrique.
  - AG Vannes accidents graves.



# Soupapes SEMPELL

- Évaluation des soupapes PSRV fabriquées par SEMPELL.
- Pressuriser **S**afety **R**elief **V**alve. Soupape d'échappement du pressuriseur.



# Développement sur ANSYS

- Études de traversées d'enceintes.
- Étude du remplacement d'un modèle volumique par un modèle axisymétrique harmonique.
- Création d'un scripte APDL pour créer les modèle et automatiser les calculs.
- Comparaison entre les éléments SOLID185, PLANE25 et SOLID272.
  - ▶ Contraintes.
  - ▶ Déplacements.
  - ▶ Temps de calcul.

# Nombre de dossiers traités

	Dossiers		Rapports	
	New	MAJ	New	MAJ
MFDCV - AREi440VL	0	7	0	19
MSRCV - VDAi210	1	2	2	4
MSSV - VVPi310	2	1	4	2
PSRV - RCP6222	2	2	4	36
RCP63p2VP	2	4	4	12
RCP63p3VP	1	3	2	9
RCP822iVP	2	2	4	4
RCV111iVP	2	5	4	11
RCV641iVP	2	5	4	13
RISi520VP	2	10	4	26
RISi540VP	1	7	2	15
RISi560VP	2	6	4	15

# Nombre de dossiers traités

	Dossiers		Rapports	
	New	MAJ	New	MAJ
DNRE	4	11	8	22
EVF	11	11	22	22
NdC	4	30	8	120
NI	2	0	4	0
NI <sub>insp</sub>	4	13	8	26
TOTAL	25	65	50	190

# Présentation

## EDF UNité d'Ingénierie d'Exploitation (UNIE)

- Division d'EDF spécialisée dans :
  - ▶ L'expertise sur site nucléaire.
  - ▶ L'exploitation des réacteurs nucléaires.
  - ▶ L'expertise dans les calculs neutroniques.

# Présentation de la mission

- Mise en oeuvre d'une solution de génération automatique de notes de calculs.
  - ▶ Création de trames de rapports standards.
  - ▶ Récupération de données issues des calculs neutroniques.
  - ▶ Intégration de ces données dans une trame de rapport standard.
  - ▶ Génération du rapport dans un format exploitable (PDF, ODT, LaTeX, ...).

# Comparatif des outils disponibles

## ■ Comparaison des logiciels :

**Pandoc** Logiciel de conversion de documents multi format.

**Sphinx** Programme de génération de documentation de Python.

## ■ Comparaison des fonctionnalités :

- ▶ Gestion des tableaux.
- ▶ Gestion des références internes.
- ▶ Qualité des documents générés.



# Comparatif des outils disponibles

- Comparaison des langages de marquage :
  - Markdown Langage de marquage polyvalent.
  - ReST Language de marquage dédié à Sphinx.
- Comparaison des fonctionnalités :
  - ▶ Gestion des tableaux.
  - ▶ Gestion des références internes.
  - ▶ Compatibilité.
  - ▶ Standardisation.

# Développement en Python

- Création de fonctions pour chercher les données des calculs.
- Validation de ces fonctions par des tests unitaires.
- Mise en forme du code suivant les recommandations d'EDF.
- Incorporation de ces fonctions dans le projet global.

# Bilan

- Manque de fonctionnalités des langages de marquages.
- Manque de standardisation de ces langages.
- Début d'un nouveau projet personnel :
  - ▶ Développement d'un prototype de langage de marquage.
  - ▶ Ajout de fonctionnalités manquantes.
  - ▶ Rupture avec les langages existant.
  - ▶ Développement avec Haskell.

Partie 4  
Renseignements complémentaires

# Calcul scientifique

- Matlab (Calcul scientifique).
- Scilab (Calcul scientifique).
- Maple (Calcul symbolique).
- Maxima (Calcul symbolique).

# Calcul par éléments finis

- ANSYS Classic.
- ANSYS Workbench.
- Systus.
- Sysnuke (Nucléaire).
- Visual-Mesh.
- Code ASTER.
- Salome.

# Normes et procédures

- Codes de construction :
  - ▶ RCC-M.
  - ▶ RCC-MRx.
  - ▶ Codeti.
  - ▶ EN13445.
  
- Réglementation :
  - ▶ DESP.
  - ▶ ESPN.

# Langages de programmation

- Programmation système et orientée objets (**POO**).
  - ▶ C.
  - ▶ C++.
- Programmation fonctionnelle.
  - ▶ Haskell.
- Bibliothèques graphiques.
  - ▶ GTK+.
  - ▶ Cairo.
  - ▶ wxWidgets.
- Scriptes.
  - ▶ BASH (**B**ourne **A**gain **S**Hell).
  - ▶ Perl.
  - ▶ Python.



## Langages de programmation

```

1623 SELTOL,0.001
1624 CSYS,11
1625 NSEL,S,LOC,Z,1.8450
1626 NROTAT,ALL
1627
1628 *DO,CPTA_ANG,22.30,180-22.30,15
1629   SELTOL,0.001
1630   CSYS,11
1631   NSEL,S,LOC,Z,1.8450
1632   CLOCAL,999,2,5.120/2,CPTA_ANG,1.8450
1633   CSYS,999
1634   NSEL,R,LOC,X,0,0.056/2
1635   D,ALL,UZ,0
1636   D,ALL,UY,0
1637   CSYS,11
1638   NSEL,S,LOC,Z,1.8450
1639   CLOCAL,999,2,5.120/2,CPTA_ANG-3.45,1.8450
1640   CSYS,999
1641   NSEL,R,LOC,X,0,0.056/2
1642   D,ALL,UZ,0
1643   D,ALL,UY,0
1644   CSYS,11
1645   NSEL,S,LOC,Z,1.8450
1646   CLOCAL,999,2,5.120/2,CPTA_ANG+3.45,1.8450
1647   CSYS,999
1648   NSEL,R,LOC,X,0,0.056/2
1649   D,ALL,UZ,0
1650   D,ALL,UY,0
1651 *ENDDO
1652
1653 *DO,CPTA_ANG,22.30+180,360-22.30,15
1654   SELTOL,0.001
1655   CSYS,11
1656   NSEL,S,LOC,Z,1.8450
1657   CLOCAL,999,2,5.120/2,CPTA_ANG,1.8450
1658   CSYS,999

```

Exemple de code APDL

# Programmation

- Programmes de vérification.
  - ▶ Vérification de la boulonnerie de structures mécano-soudées.
  - ▶ Vérification des contraintes dans des profilés mécaniques.
  - ▶ Vérification de formules de conceptions.
- Autres projets en cours de développement.

# Programme de vérification de la boulonnerie

- Haskell.
- GTK+.
- Cairo.

RCCM VMT Boulons

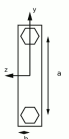
Fichier Calcul Exporter

Calcul RCC-M (Enveloppe) Calcul RCC-M (Cas mixt)

Boulons 4 | Boulons 5 | Boulons 6 | Boulons 7 | Boulons 8 | Boulons 9 | Boulons 10 | Boulons 11

Famille de Boulons : 5  
 Taille : M14  
 Qualité : 10.9

Section résistante (Ar) : 115.0 mm<sup>2</sup>  
 Limite élastique (Re) : 900 MPa  
 Limite de rupture (Rm) : 1000 MPa  
 Classe RCC-M : A  
 Facteur r : 1.000  
 Coefficient de frottement : 0.20  
 Couple de serrage max: 238.0 N.m  
 Précontrainte max: 64277.0 N



Torseur enveloppe  
 Rx : 1426.0 N    My : 1406.0 N.m  
 Ry : 1470.0 N    Mx : 1506.0 N.m  
 Rz : 1174.0 N    Mz : 1303.0 N.m

Efforts aux boulons  
 Ft : 38843.0 N    Fcy : 14647.0 N    Fcz : 735.0 N

	Contrainte	Critère	Ratio	Validation
Traction :	337.8 MPa	500.0 MPa	0.676	OUI
Cisaillement :	127.5 MPa	208.3 MPa	0.612	OUI
Combinaison :	X	X	0.831	OUI
Précontrainte :	55.9 MPa	81.0 MPa	0.690	OUI

RCCM VMT Boulons / JSKLR pour Luc / dev

RCCM VMT Boulons

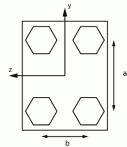
Fichier Calcul Exporter

Calcul RCC-M (Enveloppe) Calcul RCC-M (Cas mixt)

Boulons 6 | Boulons 7 | Boulons 8 | Boulons 9 | Boulons 10 | Boulons 11 | Boulons 12 | Boulons 13 | Boulons 14 | Boulons 15

Famille de Boulons : 15  
 Taille : M16  
 Qualité : 10.9

Section résistante (Ar) : 157.0 mm<sup>2</sup>  
 Limite élastique (Re) : 900 MPa  
 Limite de rupture (Rm) : 1000 MPa  
 Classe RCC-M : A  
 Facteur r : 1.000  
 Coefficient de frottement : 0.20  
 Couple de serrage max: 341.0 N.m  
 Précontrainte max: 88611.0 N



Torseur enveloppe  
 Rx : 1408.0 N    My : 1310.0 N.m  
 Ry : 1476.0 N    Mx : 1320.0 N.m  
 Rz : 1450.0 N    Mz : 1288.0 N.m

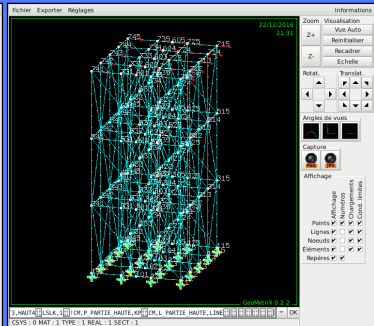
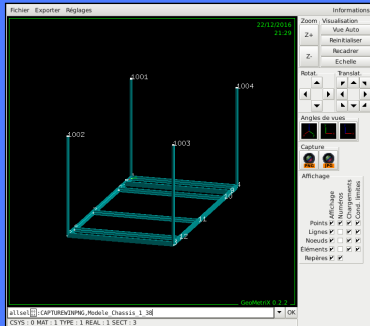
Efforts aux boulons  
 Ft : 35085.3 N    Fcy : 9445.7 N    Fcz : 9452.2 N

	Contrainte	Critère	Ratio	Validation
Traction :	223.5 MPa	500.0 MPa	0.447	OUI
Cisaillement :	85.1 MPa	208.3 MPa	0.409	OUI
Combinaison :	X	X	0.367	OUI
Précontrainte :	56.4 MPa	81.0 MPa	0.697	OUI

RCCM VMT Boulons / JSKLR pour Luc / dev

# Programme de maillage

- Création de modèles poutres/tuyaux.
- Langage de programmation interactif.
- Exportation des modèles vers d'autres codes (ANSYS).



# Lexique de termes techniques (Anglais / Français)

- Rédaction avec  $\text{\LaTeX}$ .
- Deux classement des mots :
  - ▶ Par thème.
  - ▶ Alphabétique.
- Différents thèmes :
  - ▶ Fabrication.
  - ▶ Conception.
  - ▶ Contrôle.
  - ▶ .....
- Bilingue.

## Lexique de termes techniques (Anglais / Français)

PRESENCE PUISSANCE GRADIENT  
 PROTIENSOURCERENDECOIG  
 ASSOCIATION  
 AVANCEE WEPRECIPITATION  
 ORITIVITIS  
 WINDMILL  
 HESITATION  
 ANTI  
 LEXIQUE DE TERMES  
 techniques et scientifiques  
 (Français / Anglais)  
 Version 12 (Classement par thème)  
 Jean-Luc JOULIN  
 28 janvier 2017

ALUMINE BRUNELLE BURNE  
 OLE  
 MONTAGNE  
 ELECTROLYTE  
 ONTARIO  
 AALITIE  
 OME  
 ALLETOACOUSITIE  
 TA  
 NOBENODIUM  
 HAVON  
 S  
 A  
 TANTICE  
 ALBESOL  
 G

## Lexique de termes techniques et scientifiques

**acoustic well** : puits à ondes  
**acoustic well and edge** : puits à ondes et bords latéraux ; latéralisation par bords latéraux d'onde  
**acoustic wave** : vague acoustique de onde  
**plate heating** : grille aux fils/plaque aux fils ; grille de chauffage  
**arraying** : chemise de refroidissement ; trou ; trou de refroidissement  
**acoustic heating** : chauffage à ondes acoustiques  
**self-aligning bearing** : roulement auto-alignant  
**ohmic** : laide de réflecteur  
**optical heating** : système optique

## Ressorts

**axial spring** : ressort axiale  
**helical spring** : ressort spiral  
**helical/wire** : ressort hélicoïdal  
**axial/wire spring** : ressort en barre à tige  
**coil** : spire ; barre à ressort  
**spring** : ressort hélicoïdal ; ressort ; ressort  
**compression spring** : ressort à compression  
**extension spring** : ressort de traction

## Fonctionnement

**backhaul** : rem arrière  
**backhaul** : transport ; communication de recul ; communication en arrière  
**backhaul** : chemin  
**diather** : (thermo) ; transport ; diffusion

Jean-Luc JOULIN

**gas spring** : ressort à gaz  
**helium spring** : ressort spiral  
**helical spring** : ressort hélicoïdal (sans barre)  
**leaf spring** : ressort à lames  
**wire mesh** : grille  
**wire mesh** : grille  
**spring** : ressort ; barre à ressort  
**spring bar** : barre de traction  
**compression spring** : ressort à compression  
**helical/wire** : ressort hélicoïdal  
**extension spring** : ressort de traction

**backhaul** : (communication) ; rem arrière  
**backhaul** : transport ; (optique) ; communication de recul ; diffusion ; (optique) ; communication en arrière  
**backhaul** : chemin ; (optique) ; diffusion

14

CC BY-NC-SA

PRESENCE PUISSANCE GRADIENT  
 PROTIENSOURCERENDECOIG  
 ASSOCIATION  
 AVANCEE WEPRECIPITATION  
 ORITIVITIS  
 WINDMILL  
 HESITATION  
 ANTI  
 GLOSSARY OF TECHNICAL AND  
 Scientific Terms  
 (French / English)  
 Version 12 (Thematic sorting)  
 Jean-Luc JOULIN  
 January 28, 2017

ALUMINE BRUNELLE BURNE  
 OLE  
 MONTAGNE  
 ELECTROLYTE  
 ONTARIO  
 AALITIE  
 OME  
 ALLETOACOUSITIE  
 TA  
 NOBENODIUM  
 HAVON  
 S  
 A  
 TANTICE  
 ALBESOL  
 G

## Glossary of Technical and Scientific Terms

**acoustic well** : puits à ondes  
**acoustic well and edge** : puits à ondes et bords latéraux ; latéralisation par bords latéraux d'onde  
**acoustic wave** : vague acoustique de onde  
**plate heating** : grille aux fils/plaque aux fils ; grille de chauffage  
**arraying** : chemise de refroidissement ; trou ; trou de refroidissement  
**acoustic heating** : chauffage à ondes acoustiques  
**self-aligning bearing** : roulement auto-alignant  
**ohmic** : laide de réflecteur  
**optical heating** : système optique

## Springs

**axial spring** : ressort axiale  
**helical spring** : ressort spiral  
**helical/wire** : ressort hélicoïdal  
**axial/wire spring** : ressort en barre à tige  
**coil** : spire ; barre à ressort  
**spring** : ressort hélicoïdal ; ressort ; ressort  
**compression spring** : ressort à compression  
**extension spring** : ressort de traction

## Functioning

**backhaul** : rem arrière  
**backhaul** : transport ; (optique) ; communication de recul ; diffusion ; (optique) ; communication en arrière  
**backhaul** : chemin  
**diather** : (thermo) ; transport ; diffusion

Jean-Luc JOULIN

**gas spring** : ressort à gaz  
**helium spring** : ressort spiral  
**helical spring** : ressort hélicoïdal (sans barre)  
**leaf spring** : ressort à lames  
**wire mesh** : grille  
**wire mesh** : grille  
**spring** : ressort ; barre à ressort  
**spring bar** : barre de traction  
**compression spring** : ressort à compression  
**helical/wire** : ressort hélicoïdal  
**extension spring** : ressort de traction

**backhaul** : (communication) ; rem arrière  
**backhaul** : transport ; (optique) ; communication de recul ; diffusion ; (optique) ; communication en arrière  
**backhaul** : chemin ; (optique) ; diffusion

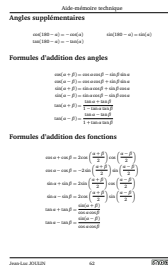
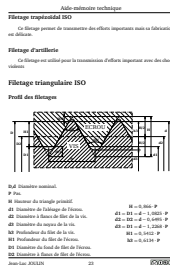
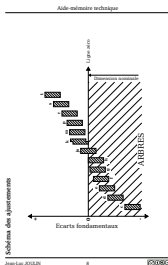
14

CC BY-NC-SA

# Aide-mémoire technique

- Rédaction avec  $\LaTeX$ .
- Rappels sur :
  - ▶ Ajustments.
  - ▶ Filetages.
  - ▶ Physique.
  - ▶ Résistance des matériaux
  - ▶ ...
- Formules :
  - ▶ Algèbre.
  - ▶ Trigonométrie.
  - ▶ ...

## Aide-mémoire technique





## Présentations

Haskell ▶ Syntaxe du langage ▶ Les listes ▶ ○○○○○○○○○●○○○○○○○

## Zipper des listes

$$\text{zip} :: [a] \rightarrow [b] \rightarrow [(a,b)]$$

Assemble deux listes dans une liste de doublets. Existe pour 3, 4, 5, 6, listes.

```
Prelude> zip ["Jean", "Pierre", "Paul"] [10, 20, 14]
[("Jean", 10), ("Pierre", 20), ("Paul", 14)]
```

$$\text{zipWith} :: (a \rightarrow b \rightarrow c) \rightarrow [a] \rightarrow [b] \rightarrow [c]$$

Assemble deux listes dans une liste créée avec la fonction passée en argument. Existe pour 3, 4, 5, 6, listes.

```
Prelude> zipWith (\a b->5*a+b) [1, 2, 3] [2, 4, 1]
[7, 14, 16]
```

