

## TITRE : EQUIPE DE REDUCTION DE MODELES ET D'OPTIMISATION

### KEYWORDS :

SYSTEMX, OPTMISATION NUMERIQUE, REDUCTION MODELE, REDUCTION DIMENSIONNALITE, POD, PGD, ELEMENTS FINIS, CAVE, CAO, DYNAMIQUE RAPIDE, AERODYNAMIQUE, CFD, THERMIQUE, ELECTROMAGNETISME, MDS, MANIFOLD LEARNING.



Outils de conception  
et de simulation

### CONTEXTE de l'IRT SYSTEMX

L'IRT SystemX est un institut de R&D thématique interdisciplinaire rassemblant les compétences de l'industrie et de la recherche publique dans une logique de co-investissement public-privé : Alstom, Bull, Campus Paris-Saclay, INRIA, Institut Mines Telecom, Kalray, OVH, Renault, Sherpa, Systematic Paris-Region, etc. Les IRT s'inscrivent dans le cadre du Programme Investissements d'Avenir.

#### Notre ambition et nos objectifs :

- Développer et expérimenter de nouveaux concepts de produits, services et systèmes par l'assemblage et l'intégration de briques technologiques ;
- Répondre aux défis technologiques « Ingénierie Système » posés par les industriels ;
- Créer un « creuset d'interaction » entre acteurs de la recherche publique et industrielle et constituer une masse critique de compétences et de moyens techniques co-localisés ;
- Soutenir et accompagner la croissance des PME et ETI des filières concernées ;
- Contribuer au développement des compétences nécessaires par une ingénierie de formation adaptée ;
- Ouverture des ressources de SystemX aux étudiants (laboratoires et plateformes) ;

#### **L'IRT SystemX met en place les projets CRÉE : Coopération Recherche Étudiants Entreprise**

Un projet **CRÉE** comprend 4 à 5 stages pour 4 à 5 étudiants, qui devront travailler ensemble en équipe Système pour répondre à une problématique industrielle. Ils travaillent en proximité avec des Projets de recherche opérationnels, avec du personnel académique et industriel.

Les sujets sont définis par les industriels pour les industriels. Un sujet pourra être par exemple une étude de faisabilité ou bien, un benchmark en lien avec l'un des projets de R&D. Une équipe de 4 à 5 étudiants d'horizons différents est constituée pour travailler, en coopération, sur le sujet de l'industriel : par exemple un élève issu d'une école généraliste pour la vision d'ensemble du projet, un élève orienté « marketing », avec un élève ingénieur pour se charger de la spécification technique du sujet et un élève en IUT pour la réalisation d'une maquette ou d'un prototype.

Le challenge pour l'IRT sera de créer, une dizaine d'équipes par an, de 4 à 5 élèves par équipe, qui collaboreront pendant plusieurs mois tous ensemble, accueillis dans nos locaux, encadrés par les industriels et par nos équipes, en cohérence avec les principes de l'IRT.

## CONTEXTE DU PROJET ET DES SUJETS DE STAGES : un défi industriel à relever



Outils de conception  
et de simulation

Vous intégrerez une équipe de 6 étudiants pour réaliser l'objectif commun suivant :

### Démonstrateur d'optimisation interactive

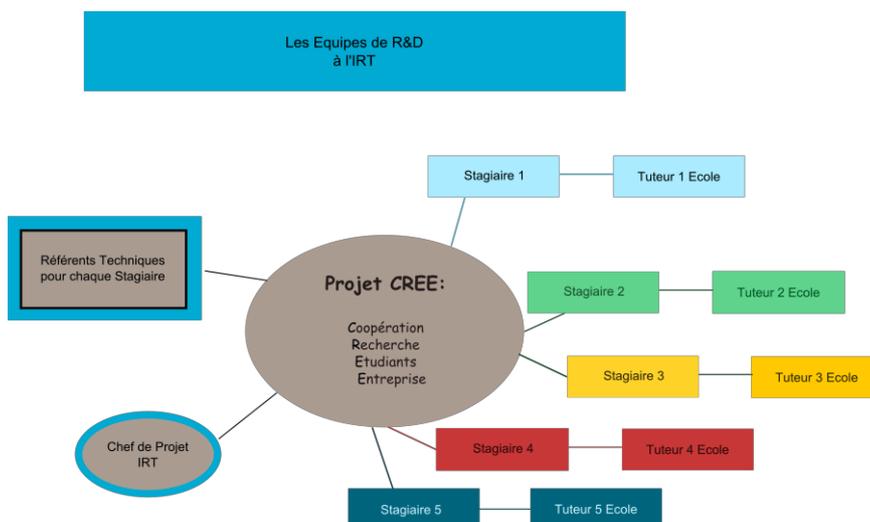
Le projet ROM doit traiter quatre cas de conception par calcul représentatifs des besoins des partenaires industriels (EADS, SAFRAN et RENAULT). Ces problèmes de conception sont différents mais leur résolution fait appel à des outils communs. Les six stages proposés comprennent la mise au point d'outils : optimisation, réduction de modèle, modélisation statistique, visualisation 3D des résultats... et l'utilisation des outils développés par les autres stagiaires.

Quatre des six stages comprennent le traitement d'un cas-test (en plus du développement d'outil), les deux autres sont dédiés aux outils seuls.

Vous travaillerez aussi en collaboration avec le projet de recherche SYSTEMX intitulé **ROM** :

**CENAERO, DISTENE, EADS, ESI, INRIA, SUPELEC, SUPMECA, SAFRAN, RENAULT, UVSQ** sont les acteurs de ce projet.

**L'équipe dispose d'une expérience considérable et diversifiée dans le domaine de l'optimisation numérique, la réduction de modèles, l'apprentissage automatique, la visualisation 3D.**



### Les sujets de stages de ce projet composé d'étudiants se déclinent en :

- Optimisation d'aubage à calage variable (**Stage 1, cas-test SAFRAN**)
- Optimisation d'une fonction de régulation thermique (**Stage 2, cas-test EADS**)
- Compromis masse / prestations d'une caisse de véhicule (**Stage 3, cas-test RENAULT**)
- Optimisation d'une chaîne de traction électrique (**Stage 4, cas-test RENAULT**)
- Visualisation interactive de résultats de simulation (**Stage 5, brique technologique ESI**)
- Optimisation et réduction de dimensionnalité (**Stage 6, brique technologique**)

## STAGE 1 : Optimisation d'aubage à calage variable (cas-test SAFRAN)



Outils de conception  
et de simulation

Au sein de SYSTEMX, environnement interdisciplinaire et multiculturel (Alstom, Bull, Campus Paris-Saclay, INRIA, Institut Mines Telecom, Kalray, OVH, Renault, Sherpa, Systematic Paris-Region...), vous serez partie prenante d'une équipe projet composée d'étudiants. Vous travaillerez aussi en collaboration avec le projet de recherche intitulé ROM (**CENAERO, DISTENE, EADS, ESI, INRIA, SUPELEC, SUPMECA, SAFRAN, RENAULT, UVSQ**). : réduction de modèle et optimisation multi-physiques, dont l'équipe dispose d'une expérience considérable et diversifiée dans le domaine de la réduction de modèle, l'optimisation multi-physique, la qualité de modèle et le traitement de données.

L'objectif du stage consiste à explorer les approches de réduction de modèle adaptées au cas de systèmes mécaniques et cinématiques. Les modèles réduits envisagés auront pour objectifs de faciliter et réduire les phases d'optimisation mais aussi d'accroître le réalisme du modèle système au regard du contrôle commande. Une exploitation de ces modèles intégrés dans des chaînes d'optimisation devra être abordée au cours du stage afin d'évaluer des stratégies d'optimisation à 2 niveaux de fidélité (avec et sans réduction) ou avec enrichissement itératif du modèle réduit.

### Vos missions seront les suivantes :

- S'approprier la démarche et les méthodologies actuelles (réduction, optimisation...);
- Développer et mettre à disposition du projet ROM un outil prototype de réduction de modèle ;
- Appliquer l'outil sur un système mécanique de calage d'aubage de moteur aéronautique ;
- Evaluer la qualité de la réduction (construction du modèle réduit, choix du type de modélisation, adéquation en fonction des cycles de conception, qualité en référence aux standards NASA) ;
- Intégrer l'outil prototypé dans une plateforme d'optimisation et étudier les apports vis-à-vis d'une approche standard sans réduction ;
- Exploiter la brique « visualisation 3D » (voir stage N°5) pour la présentation des résultats.

Ce travail sera réalisé en relation avec des doctorants, d'autres stagiaires, des membres des Groupes de Travail « Réduction, Optimisation et Qualité des modèles ».

Le profil recherché : BAC +5, dans le domaine des mathématiques appliquées à la modélisation mécanique, pour un stage de 6 mois environ sur le site IRT SYSTEMX à Palaiseau.

### Vos Compétences sont :

- Les mathématiques appliquées, modélisation mécanique
- Programmation
- Connaissance du domaine aéronautique

### Vos aptitudes personnelles sont :

- Bon relationnel, aptitude à travailler de façon collaborative en équipe pluridisciplinaire
- Esprit de synthèse et d'initiative, autonomie.

Référence : CREE\_2013\_ROM2-013-06-2911-01

Pour postuler : [stages@irt-systemx.fr](mailto:stages@irt-systemx.fr)

## STAGE 2 : Optimisation d'une fonction de régulation thermique (cas-test EADS)



Outils de conception  
et de simulation

Au sein de SYSTEMX, environnement interdisciplinaire et multiculturel (Alstom, Bull, Campus Paris-Saclay, INRIA, Institut Mines Telecom, Kalray, OVH, Renault, Sherpa, Systematic Paris-Region...), vous serez partie prenante d'une équipe projet composée d'étudiants. Vous travaillerez aussi en collaboration avec le projet de recherche intitulé ROM (**CENAERO, DISTENE, EADS, ESI, INRIA, SUPELEC, SUPMECA, SAFRAN, RENAULT, UVSQ**): réduction de modèle et optimisation multi-physiques, dont l'équipe dispose d'une expérience considérable et diversifiée dans le domaine de la réduction de modèle, l'optimisation multi-physique, la qualité de modèle et le traitement de données.

L'objectif du stage consiste à explorer les approches de réduction de modèle multi-physiques (thermique, aéraulique). Les modèles réduits envisagés auront pour objectifs de faciliter et réduire les phases d'optimisation mais aussi d'accroître le réalisme du modèle système au regard du contrôle commande.

### Vos missions seront les suivantes :

- S'approprier la démarche et les méthodologies actuelles (réduction, optimisation...);
- Développer et mettre à disposition du projet ROM un outil prototype de réduction de modèle ;
- Appliquer l'outil sur un cas de dimensionnement EADS (aérothermie) ;
- Evaluer la qualité de la réduction (construction du modèle réduit, choix du type de modélisation, adéquation en fonction des cycles de conception, qualité en référence aux standards NASA) ;
- Intégrer l'outil prototypé dans une plateforme d'optimisation et exploiter la brique « Visualisation 3D » pour la présentation des résultats.

Ce travail sera réalisé en relation avec des doctorants, d'autres stagiaires, des membres des Groupes de Travail « Réduction, Optimisation et Qualité des modèles».

Le profil recherché : BAC +5, dans le domaine des mathématiques appliquées à la modélisation en mécanique des fluides, pour un stage de 6 mois environ sur le site IRT SYSTEMX à Palaiseau.

### Vos Compétences sont :

- Mathématiques appliquées, la modélisation
- Programmation
- Connaissance du domaine aéronautique

### Vos aptitudes personnelles sont :

- Bon relationnel, aptitude à travailler de façon collaborative en équipe pluridisciplinaire
- Esprit de synthèse et d'initiative, autonomie.

Référence : CREE\_2013\_ROM2-013-06-2911-02

Pour postuler : [stages@irt-systemx.fr](mailto:stages@irt-systemx.fr)

## STAGE 3 : Compromis masse/prestations d'une caisse de véhicule (Stage3, cas-test RENAULT)



Outils de conception  
et de simulation

Au sein de SYSTEMX, environnement interdisciplinaire et multiculturel (Alstom, Bull, Campus Paris-Saclay, INRIA, Institut Mines Telecom, Kalray, OVH, Renault, Sherpa, Systematic Paris-Region...), vous serez partie prenante d'une équipe projet composée d'étudiants. Vous travaillerez aussi en collaboration avec le projet de recherche intitulé ROM (**CENAERO, DISTENE, EADS, ESI, INRIA, SUPELEC, SUPMECA, SAFRAN, RENAULT, UVSQ**) : réduction de modèle et optimisation multi-physiques, dont l'équipe dispose d'une expérience considérable et diversifiée dans le domaine de la réduction de modèle, l'optimisation multi-physique, la qualité de modèle et le traitement de données.

### Vos missions seront les suivantes :

- Assembler des briques technologiques de calcul (les différentes simulations, l'optimisation, la réduction de modèle, le data mining...) pour traiter le cas-test du dimensionnement d'une caisse de véhicule et proposer de nouveaux compromis entre la masse de la caisse et les prestations (crash, vibratoire, torsion, raideur...);
- Développer des briques technologiques pour le cas-test puis les fournir aux autres membres de l'équipe pour intégration dans leur propre cas-test. La première brique consiste à exploiter tous les résultats disponibles en fin de calcul crash, NVH... par des techniques statistiques (Multi Dimensional Scaling, régression fonctionnelle, comparaison de courbes...). La deuxième porte sur le choix multi-critères ;
- Exploiter la brique technologique « Visualisation 3D » pour accélérer l'analyse d'un résultat de calcul (crash en particulier) puis la comparaison des résultats de deux calculs (pour classer les différentes solutions techniques par ordre de préférence)

Le profil recherché : BAC +5, dans le domaine de la simulation numérique, pour un stage de 6 mois environ sur le site IRT SYSTEMX à Palaiseau.

### Vos Compétences sont :

- Simulation numérique, maîtrise des outils de calcul, en particulier dynamique rapide
- Programmation en MATLAB, PYTHON, R ou C pour intégrer les briques technologiques

### Vos aptitudes personnelles sont :

- L'envie d'apprendre plusieurs techniques et outils pour les intégrer dans un ensemble ;
- Bon relationnel ;
- Avoir envie de travailler en collaboration

Référence : CREE\_2013\_ROM2-013-06-2911-03

Pour postuler : [stages@irt-systemx.fr](mailto:stages@irt-systemx.fr)

## STAGE 4 : Optimisation d'une chaîne de traction électrique (cas-test RENAULT)



Outils de conception  
et de simulation

Au sein de SYSTEMX, environnement interdisciplinaire et multiculturel (Alstom, Bull, Campus Paris-Saclay, INRIA, Institut Mines Telecom, Kalray, OVH, Renault, Sherpa, Systematic Paris-Region...), vous serez partie prenante d'une équipe projet composée d'étudiants. Vous travaillerez aussi en collaboration avec le projet de recherche intitulé ROM (*CENAERO, DISTENE, EADS, ESI, INRIA, SUPELEC, SUPMECA, SAFRAN, RENAULT, UVSQ*): réduction de modèle et optimisation multi-physiques, dont l'équipe dispose d'une expérience considérable et diversifiée dans le domaine de la réduction de modèle, l'optimisation multi-physique, la qualité de modèle et le traitement de données et la visualisation 3D.

L'objectif du stage est d'optimiser les performances d'une chaîne de traction électrique (source d'énergie – convertisseur – machine) du point de vue énergétique et comportement dynamique. Pour cela, les travaux s'articuleront autour de deux axes :

- A partir d'une machine électrique existante, mener une étude comparative des différentes techniques de réduction de modèle pour l'électromagnétisme
  - Réduction de modèle sur une structure géométrique figée dans un premier temps
  - Réduction de modèle sur une géométrie paramétrée dans un second temps
- Intégrer le modèle réduit dans la simulation système de la commande de la chaîne de traction électrique, proposer une méthodologie de conception de la machine et de sa commande d'après les objectifs de performance du système complet « chaîne de traction électrique »

### Vos missions seront les suivantes :

- S'approprier les méthodologies de réduction existantes, appliquer les plus pertinentes au cas de l'électromagnétisme quasi statique sur machine électrique, élaborer une synthèse ;
- Assembler un modèle système d'une chaîne de traction électrique incluant un modèle réduit de machine électrique et les lois de contrôle-commande ;
- Intégrer l'ensemble dans une optimisation pour répondre aux exigences du système complet ;
- Evaluer la qualité de la réduction (construction du modèle réduit, choix du type de modélisation, adéquation en fonction des cycles de conception, qualité en référence aux standards NASA) ;
- Exploiter la brique technologique « Visualisation 3D » pour la prise de décision multi- objectifs.

**Le profil recherché** : BAC +5, dans le domaine de la simulation numérique appliquée aux machines électriques (électromagnétisme quasi statique) et à leur contrôle commande, pour un stage de 6 mois environ sur le site IRT SYSTEMX à Palaiseau.

### Vos Compétences sont :

- Bonne connaissance des machines tournantes électriques (conception et commande) ;
- Simulation numérique par éléments finis, avoir pratiqué un logiciel de calcul en électromagnétisme ;
- Connaissances générales en optimisation et/ou plans d'expériences ;
- Programmation en MATLAB, SCILAB, PYTHON, R ou C pour intégrer les briques technologiques.

### Vos aptitudes personnelles sont :

- L'envie d'apprendre plusieurs techniques et outils pour les intégrer dans un ensemble ;
- Bon relationnel ;
- Avoir envie de travailler en collaboration

Référence : CREE\_2013\_ROM2-013-06-2911-04

Pour postuler : [stages@irt-systemx.fr](mailto:stages@irt-systemx.fr)

## STAGE 5 : Visualisation interactive de résultats de simulation (ESI)



Outils de conception  
et de simulation

Au sein de SYSTEMX, environnement interdisciplinaire et multiculturel (Alstom, Bull, Campus Paris-Saclay, INRIA, Institut Mines Telecom, Kalray, OVH, Renault, Sherpa, Systematic Paris-Region...), vous serez partie prenante d'une équipe projet composée d'étudiants. Vous travaillerez aussi en collaboration avec le projet de recherche intitulé **ROM (CENAERO, DISTENE, EADS, ESI, INRIA, SUPELEC, SUPMECA, SAFRAN, RENAULT, UVSQ)**. L'équipe dispose d'une expérience considérable et diversifiée dans le domaine de l'optimisation numérique, la réduction de modèles, l'apprentissage automatique, la visualisation 3D.

### Vos missions seront les suivantes :

- Evaluer différentes méthodes de « data mining » et visualisation graphique de résultats d'optimisation multi-objectifs permettant de faciliter le choix du meilleur compromis entre différentes solutions ;
- Collecter / synthétiser les besoins des différents cas-tests du projet ROM (Optimisation d'une fonction de régulation thermique, Compromis masse / prestations d'une caisse de véhicule, Optimisation d'une chaîne de traction électrique) en terme de visualisation de résultats de calcul et d'optimisation (comment naviguer dans un ensemble de solutions facilement, comment comparer visuellement des solutions) ;
- Développer des scénarios d'utilisation d'un outil de visualisation 3D en mode immersif et collaboratif à partir des cas tests sélectionnés et permettant la prise de décision ;
- Développer des fonctions génériques d'utilisation de l'outil de visualisation 3D choisi par l'IRT et les fournir aux autres membres de l'équipe, faciliter leur intégration.

**Le profil recherché** : BAC +5, dans le domaine de la simulation numérique et le traitement graphique, pour un stage de 6 mois environ sur le site IRT SYSTEMX à Palaiseau.

### Vos Compétences sont :

- Mathématiques appliquées, simulation numérique et techniques de visualisation, connaissance des outils de calcul et de CAO ;
- Programmation en MATLAB, PYTHON, R ou C pour développer et intégrer les briques technologiques nécessaires.

### Vos aptitudes personnelles sont :

- L'envie d'apprendre plusieurs techniques et outils pour les intégrer dans un ensemble ;
- Bon relationnel, aptitude à travailler de façon collaborative en équipe pluridisciplinaire ;
- Esprit de synthèse et d'initiative, autonomie.

Référence : [CREE\\_2013\\_ROM2-013-06-2911-05](#)

Pour postuler : [stages@irt-systemx.fr](mailto:stages@irt-systemx.fr)

## STAGE 6 : Optimisation et réduction de dimensionnalité



Outils de conception  
et de simulation

Au sein de SYSTEMX, environnement interdisciplinaire et multiculturel (Alstom, Bull, Campus Paris-Saclay, INRIA, Institut Mines Telecom, Kalray, OVH, Renault, Sherpa, Systematic Paris-Region...), vous serez partie prenante d'une équipe projet composée d'étudiants. Vous travaillerez aussi en collaboration avec le projet de recherche intitulé **ROM (CENAERO, DISTENE, EADS, ESI, INRIA, SUPELEC, SUPMECA, SAFRAN, RENAULT, UVSQ)**. L'équipe dispose d'une **expérience considérable et diversifiée dans le domaine de l'optimisation numérique, la réduction de modèles, l'apprentissage automatique, la visualisation 3D.**

### Vos missions seront les suivantes :

- Développer la brique technologique « optimisation par monte-carlo séquentiel » et la fournir aux autres membres de l'équipe pour intégration dans les cas-tests. Le but de cet outil est de programmer des calculs pas à pas dans une étude d'optimisation pour en réduire le nombre total (les calculs sont lourds : crash, NVH, CFD) ;
- Développer la brique technologique « réduction de dimensionnalité » et la fournir aux autres membres de l'équipe. Le but de cet outil est de réduire le nombre de variables d'un problème d'optimisation. Un problème d'optimisation de forme utilisant une CAO paramétrée et contenant beaucoup de contraintes sur la forme est souvent de dimension réelle inférieure au nombre de variables de la CAO. L'outil doit construire de nouvelles variables représentant l'espace réellement admissible. La réduction du nombre de variables et la suppression des contraintes facilite l'optimisation.

Le profil recherché : BAC +5, dans le domaine des mathématiques appliquées, pour un stage de 6 mois environ sur le site IRT SYSTEMX à Palaiseau.

### Vos Compétences sont :

- Mathématiques appliquées, optimisation et statistique (manifold learning) ;
- Programmation en MATLAB, PYTHON, R ou C.

### Vos aptitudes personnelles sont :

- L'envie d'apprendre plusieurs techniques et outils pour les intégrer dans un ensemble ;
- Bon relationnel ;
- Avoir envie de travailler en collaboration

Référence : CREE\_2013\_ROM2-013-06-2911-06

Pour postuler : [stages@irt-systemx.fr](mailto:stages@irt-systemx.fr)