

# CATALOGUE DES FORMATIONS



**PHIMECA**

L'ingénierie responsable

**MÉCANIQUE**

**INCERTITUDES & DATA SCIENCES**

**MODÉLISATION MULTI-PHYSIQUE**

**2026**

MIS À JOUR LE 06/02/2026



# SOMMAIRE

UN MOT SUR L'ENTREPRISE  
OFFRE DE FORMATION  
GRILLE TARIFAIRES  
MODULES DE FORMATION  
MÉCANIQUE  
INCERTITUDES & DATA SCIENCES  
MODÉLISATION MULTI-PHYSIQUE  
CONTACT

# UN MOT SUR L'ENTREPRISE



**Née à Clermont-Ferrand en 2001, Phimeca** est une société d'ingénierie également implantée à Paris, Chambéry et Lyon. Phimeca s'appuie sur son expertise en modélisation physique et data sciences pour aider ses clients à concevoir, dimensionner, exploiter et maintenir leurs systèmes et structures de façon robuste et fiable.

## PHIMECA ET LA FORMATION

Phimeca est de longue date un acteur engagé dans la formation continue aussi bien que dans la formation initiale des ingénieurs et docteurs de demain. Vous retrouverez dans nos parcours de formation l'ensemble des compétences clés que Phimeca met en œuvre dans ses études : calculs mécaniques, modélisation physique, statistiques et probabilités, data sciences, fiabilité...

Rendre ses savoirs accessibles au plus grand nombre et réellement utilisés est une de nos motivations !

## RAISON D'ÊTRE ET MISSIONS

En cohérence avec ses valeurs historiques de collaboration, d'innovation et d'engagement sociétal, Phimeca s'est donnée pour raison d'être :

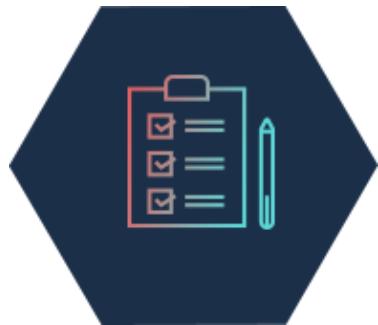
**"Construire ensemble, par une ingénierie innovante, une industrie respectueuse de l'homme et de son environnement"**

Cette raison d'être est précisée au travers des quatre axes de mission inscrits dans nos statuts :

- Innover avec nos clients pour la préservation de l'environnement, par la résilience et la durabilité des structures et systèmes ;
- Affirmer l'apport de l'ingénieur à la société, dans un esprit d'ouverture et de partage ;
- S'impliquer dans le développement de nos territoires, être plein acteur de nos écosystèmes ;
- Favoriser l'épanouissement personnel et la diversité, au sein d'une entreprise coopérative.

## ETUDES

Savoir-faire historique de Phimeca, l'engagement de résultats sur nos domaines d'expertise en ingénierie robuste garantit aux acteurs de l'industrie un accompagnement à forte valeur ajoutée et une meilleure maîtrise de leur budget et de leur calendrier dans les phases de développement des projets.



## ASSISTANCE TECHNIQUE

Particulièrement adaptée aux travaux confidentiels, urgents ou complexes nécessitant des interactions et une réactivité très forte, nos experts-conseil interviennent directement dans vos locaux et en collaboration avec vos équipes afin de vous apporter le soutien dont vous avez besoin.



## FORMATIONS

Dans le domaine du traitement des incertitudes ou du calcul par éléments finis, nous vous proposons de suivre nos parcours de formation sur catalogue ou d'élaborer ensemble des formations sur mesure.



## DÉVELOPPEMENT LOGICIELS

Via des logiciels de notre catalogue ou le développement d'outils métiers spécifiques, nous apportons des solutions informatiques à vos problématiques, afin de vous faire gagner en efficacité.

En savoir plus : [www.phimeca.com](http://www.phimeca.com)

# OFFRE DE FORMATION

## À QUI S'ADRESSE NOS FORMATIONS ?

Nos formations s'adressent en particulier à des personnes intéressées par la modélisation physique de produits et de structures, ainsi que par des problématiques de fiabilité, de robustesse et de dimensionnement. Par exemple : ingénieurs (bureau d'étude, R&D), techniciens, chercheurs.

## NOTRE ÉQUIPE DE FORMATEURS

Les formations sont animées par des docteurs et ingénieurs, experts des sujets traités. L'équipe est coordonnée par le responsable des formations.

### En savoir plus :

<https://www.phimeca.com/les-phimecanicien-ne-s/>



L'équipe dispose d'un référent handicap, interlocuteur privilégié pour proposer les adaptations nécessaires pour l'accessibilité de nos formations aux personnes en situation de handicap.

## ADAPTABILITÉ ET AMÉLIORATION CONTINUE

Les formations (lieux, dates, contenus,...) que nous vous proposons sont adaptées, dans la mesure du possible, pour vous fournir une prestation accessible et répondant à vos objectifs.

Des enquêtes de satisfactions sont réalisées à l'issue de chaque session pour nous assurer que vous avez atteint vos objectifs et pour améliorer nos offres.



La certification qualité a été délivrée au titre des catégories d'actions suivantes :  
**ACTIONS DE FORMATION**

---

Les formations que nous proposons couvrent les domaines d'expertise de Phimeca : la **Mécanique**, les **Incertitudes et Data Science**, la **Programmation** et la **Modélisation multi-physique**. Certaines formations constituent ensemble un parcours particulier.

## CONTRÔLER L'INCERTITUDE DE VOS DONNÉES ET SIMULATIONS

**MS + MP1 + MP2**

Apprenez à modéliser l'incertain grâce aux fondamentaux de la statistique et des probabilités (formation MS).

Analysez l'impact des incertitudes sur les performances d'un produit par la démarche de propagation des incertitudes dans des modèles numériques (formation MP1).

Identifiez les sources d'incertitudes les plus influentes par une analyse de sensibilité pour garantir la pertinence de vos modèles (formation MP2).

## ÉVALUER LA FIABILITÉ D'UN SYSTÈME

**MS + MP3**

Initiez-vous ou approfondissez vos connaissances en statistique (formation MS) et mettez en œuvre ses concepts dans une démarche de dimensionnement ou de justification. Les méthodes de fiabilité (formation MP3) vous permettent de démontrer la validité d'une stratégie pour faire face à des scénarios de défaillance en calculant leur probabilité d'occurrence.

## PRÉDIRE LES PERFORMANCES DE VOS PRODUITS

**MM + ML**

Maîtrisez les fondamentaux de l'approximation de comportements complexes pour prédire plus rapidement les performances de vos produits par simulations numériques (formation MM).

Découvrez les méthodes d'analyse de données et de Machine Learning (formation ML).

---

## MODALITÉS GÉNÉRALES

A la suite de votre demande d'inscription sur le site **Phimeca**, vous serez contacté par le responsable des formations ou un formateur afin de mieux comprendre vos besoins, vos enjeux et vos objectifs.

Ce temps d'échange permettra au formateur, au travers d'un questionnaire, de revoir vos attentes, d'évaluer votre adéquation aux pré-requis, et d'établir la convention de formation.

Le contenu et les modalités de mise en œuvre pourront être adaptés de façon à mieux répondre à vos attentes.

Une fois votre inscription validée par une convention de formation, une convocation vous donnera tous les détails sur le déroulement de la session (programme, accessibilité, ...).

A la suite de la session, les supports de la formation vous seront transmis.

Les formations ont lieu en présentiel ou en distanciel, et sont limitées à 6 participants par session\*. Sauf adaptation particulière, nos formations se déroulent sur des journées de 7h.

Nos formations peuvent être financées via votre compte CPF sur demande. Le cas échéant, un devis personnalisé sera édité.

## ÉVALUATION DES COMPÉTENCES ACQUISES

Au cours de la formation, le formateur / la formatrice évaluera l'acquisition de connaissances et/ou de compétences par divers exercices adaptés (QCM, exercices théoriques, manipulation sur machine, etc.), afin de favoriser l'atteinte de vos objectifs.

*\*Phimeca se réserve le droit d'annuler ou de reporter une session si le nombre de stagiaires minimum (deux) n'est pas atteint.*

## NOS MOYENS DE FORMATION

Dans le cas des formations en présentiel, les formations ont lieu dans l'une de nos agences, à Paris ou à Cournon d'Auvergne. Le lieu peut être adapté suivant le nombre de participants, les méthodes pédagogiques mises en œuvre, ainsi que pour répondre à des besoins d'accessibilité particuliers.

La plupart de nos formations peuvent être réalisées en distanciel, via un logiciel de visio-conférence.

Toutes nos formations sont basées sur l'interactivité entre les participants. Elles comportent aussi des exercices et études de cas pour mettre en pratique et évaluer l'acquisition des méthodes étudiées.

100% de nos 12 stagiaires satisfaits par nos formations en 2025

100% de nos 11 stagiaires satisfaits par nos formations en 2024.



NEW

## TARIFS SPÉCIAUX

Lors de l'inscription d'un stagiaire à l'une de nos formations, nous proposons une réduction sur une seconde inscription d'un collaborateur de la même société à la même session.

Phimeca propose une réduction en cas d'inscription d'un stagiaire à une deuxième session de formation sur la même année.

Vous souhaitez inscrire un groupe complet à une session de formation ? Contactez-nous pour obtenir un devis personnalisé.

**Pour toute offre sur-mesure, n'hésitez pas à nous contacter ([formations@phimeca.com](mailto:formations@phimeca.com)).**

**Les tarifs sont disponibles dans le tableau de la page suivante.**

# FORMATION À L'UNITÉ

Code	Industriel	NEW 2ème inscription*	Chercheur	Etudiant	Durée
<b>AVD</b>	800,00€	720,00€	700,00€	500,00€	1 jour
<b>ECP</b>	800,00€	720,00€	700,00€	500,00€	1 jour
<b>FAT</b>	1 500,00€	1 350,00€	1 275,00€	750,00€	2 jours
<b>GCM</b>	1 000,00€	900,00€	800,00€	300,00€	0,5 jour
<b>LL1</b>	1 500,00€	1 350,00€	1 275,00€	600,00€	2 jours
<b>LL2</b>	1 500,00€	1 350,00€	1 275,00€	600,00€	2 jours
<b>MB</b>	600,00€	540,00€	510,00€	300,00€	1 jour
<b>MDR</b>	1 500,00€	1 350,00€	1 275,00€	750,00€	2 jours
<b>MEF</b>	1 500,00€	1 350,00€	1 275,00€	750,00€	2 jours
<b>ML</b>	1 500,00€	1 350,00€	1 275,00€	750,00€	2 jours
<b>MM</b>	1 500,00€	1 350,00€	1 275,00€	750,00€	2 jours
<b>MP1</b>	850,00€	770,00€	723,00€	425,00€	1 jour
<b>MP2</b>	850,00€	770,00€	723,00€	425,00€	1 jour
<b>MP3</b>	1 500,00€	1 350,00€	1 275,00€	750,00€	2 jours
<b>MS</b>	1 500,00€	1 350,00€	1 275,00€	750,00€	2 jours
<b>MV1</b>	1 900,00€	1 750,00€	1 750,00€	1 750,00€	3 jours
<b>MV2</b>	1 900,00€	1 750,00€	1 750,00€	1 750,00€	3 jours
<b>OM1</b>	850,00€	770,00€	725,00€	425,00€	1 jour
<b>OM2</b>	1 900,00€	1 750,00€	1 600,00€	950,00€	3 jours
<b>OPF</b>	1 500,00€	1 350,00€	1 275,00€	750,00€	2 jours
<b>OPM</b>	1 500,00€	1 350,00€	1 275,00€	750,00€	2 jours
<b>PP</b>	1 200,00€	1 100,00€	1 000,00€	750,00€	2 jours

*En cas de formation en présentiel, le déjeuner est compris dans le prix.*

*\*Voir les modalités des tarifs spéciaux page 8.*

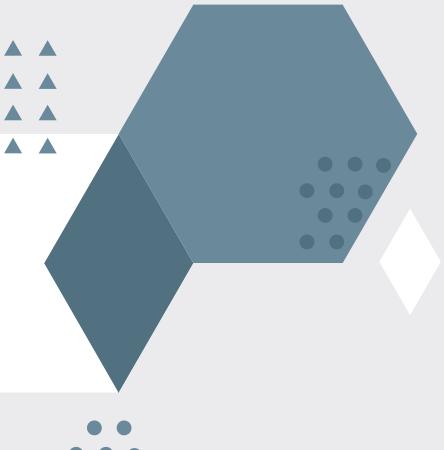
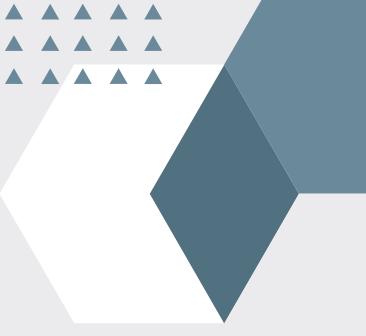
---

# MODULES DE FORMATION

## SOMMAIRE DES MODULES

---

<b>MODULE MÉCANIQUE</b>	<b>11</b>
FAT : INITIATION À LA FATIGUE MÉCANIQUE	12
LL1 : PLATEFORME SALOME	13
LL2 : SIMULATIONS AVEC CODE_ASTER	14
MB : CALCULS ANALYTIQUES DE BOULONNERIE SELON L'EUROCODE 3	15
MEF : INITIATION AU CALCUL MÉCANIQUE PAR EF	16
MV1 : OPTIMISATION DES ESSAIS VIBRATOIRES PAR LA MODÉLISATION	17
MV2 : CALCULS ÉLÉMENTS FINIS ET ESSAIS EN VIBRATION	18
<b>MODULE INCERTITUDES</b>	<b>19</b>
AVD : ANALYSE ET VALORISATION DE LA DONNÉE	20
ECP : EXPLORER LES CAPACITÉS DE PERSALYS	21
MDR : RÉDUCTION DE DIMENSION	22
ML : MACHINE LEARNING AVEC PYTHON	23
MM : INITIATION À LA RÉDUCTION DE MODÈLE	24
MP1 : APPRENDRE À PROPAGER LES INCERTITUDES	25
MP2 : HIÉRARCHISER LES INCERTITUDES	26
MP3 : ÉVALUER LA FIABILITÉ D'UN MODÈLE	27
MS : FONDAMENTAUX DE STATISTIQUES ET PROBABILITÉS	28
OPM : OPTIMISATION DES SYSTÈMES EN INGÉNIERIE	29
PP : INITIATION À LA PROGRAMMATION PYTHON	30
<b>MODULE MULTI-PHYSIQUE</b>	<b>31</b>
GCM : GÉRER LA COMPLEXITÉ PAR LA MODÉLISATION	32
OM1 : DÉCOUVERTE DE MODELICA (DYMOLA/OPENMODELICA)	33
OM2 : MODÉLISATION SYSTÈME 0D/1D, MODELICA (DYMOLA/OPENMODELICA)	34
OPF : INITIATION À LA MANIPULATION DE FMUS AVEC PYTHON	35



# MODULES DE FORMATION MÉCANIQUE

# FORMATION FAT

## INITIATION À LA FATIGUE MÉCANIQUE

### OBJECTIFS

- Maîtriser les outils et concepts de base pour évaluer la tenue en fatigue ;
- Appréhender l'uniaxialité et la multiaxialité des contraintes pour l'analyse de tenue en fatigue ;
- S'ouvrir à la vision probabiliste de l'évaluation de la tenue mécanique en fatigue.

### FORMATION EN 2 JOURS

- Session 1 : 16 au 17 septembre ;
- Lieu : Paris\*.

### PRÉ-REQUIS

- Connaissances de base en éléments finis ;
- Connaissances de base en python ou équivalent ;
- Connaissances en mathématiques et diagonalisation de matrice.

### PUBLIC

- Ingénieur de formation mécanique ;
- 3-5 participants par intervenant

### PROGRAMME

- **Introduction : Le phénomène de fatigue**
  - Définitions
  - Vol 243 d' Aloha Airlines (1988)
  - Plate-forme Alexander L. Kielland
  - Amorçage et propagation
  - Faciès de rupture
- **Rappels de base**
  - Terminologie et hypothèse
  - Cycles de contrainte particuliers
  - Les chargements
- **Outils indispensables aux analyses en fatigue**
  - Extraction des cycles
  - Diagrammes de Haigh
  - Courbe de Wöhler
  - Utilisation conjointe du diagramme de Haigh et de la courbe de Wöhler
  - Endommagement
  - Propagation de fissures
- **Cas de la fatigue uniaxiale déterministe**
  - Notion d'état de contrainte uniaxial
  - Identification sur un modèle EF industriel
  - Méthodologie d'évaluation de la durée de vie à partir des résultats EF
- **Cas de la fatigue multiaxiale déterministe**
  - Classification des critères de fatigue multiaxiaux
  - Principe de fonctionnement des critères de fatigue multiaxiaux
  - Niveau de sécurité vis-à-vis de l'amorçage
  - Critère de Crossland
  - Critère de Dang Van
- **Apport de la vision probabiliste**
  - Philosophie déterministe / probabiliste
  - Origine de l'aléa et modélisation
  - Evaluation de la probabilité de défaillance pour un nombre de cycles

### INSCRIPTION

*Les dates et lieux peuvent être aménagés en fonction des besoins des participants, sous réserve de l'accord du formateur. Des frais de déplacement supplémentaires pourront être facturés.*

NEW

# FORMATION LL1

## PLATEFORME SALOME

### OBJECTIFS

- Savoir réaliser les étapes de pré et post-traitement d'un calcul utilisant la méthode des éléments finis ;
- Savoir piloter les étapes de pré-traitement en python.

### FORMATION EN 2 JOURS

- Session 1 : 21 au 22 mai ;
- Session 2 : 5 au 6 novembre ;
- Lieu : Paris\*.

### PRÉ-REQUIS

- Connaissances de la mise en œuvre d'études utilisant la méthode des éléments finis ;
- Connaissances en python.

### PUBLIC

- Ingénieur utilisant la méthode des éléments finis.

### PROGRAMME

- **Introduction**
  - Présentation générale de la plateforme ;
- **Modules de pré-traitement**
  - Module de géométrie GEOM (réparation, création, partitionnement...) :
    - Présentation du module ;
    - Travaux pratiques.
  - Module de CAO SHAPER (sketch, paramétrisation...) :
    - Présentation du module ;
    - Travaux pratiques.
  - Module de maillage MESH (raffinement local, maillage hexaédrique...) :
    - Présentation de module ;
    - Travaux pratiques.
  - Module de post-traitement :
    - Module Paravis
      - Présentation du module ;
      - Travaux pratiques.

### INSCRIPTION

*Les dates et lieux peuvent être aménagés en fonction des besoins des participants, sous réserve de l'accord du formateur. Des frais de déplacement supplémentaires pourront être facturés.*

NEW

# FORMATION LL2

## SIMULATIONS AVEC CODEASTER

### OBJECTIFS

- Savoir réaliser des simulations mécaniques (thermomécanique, analyse modale, ...) avec code\_aster ;
- Savoir piloter les étapes de pré-traitement en python.

### FORMATION EN 2 JOURS

- Session 1 : 9 au 10 juin ;
- Session 2 : 12 au 13 novembre ;
- Lieu : Paris\*.

### PRÉ-REQUIS

- Connaissance de la méthode des éléments finis ;
- Connaissance de la plateforme SALOME ;
- Connaissances en python.

### PUBLIC

- Ingénieur utilisant la méthode des éléments finis.

### PROGRAMME

- **Introduction**
  - Présentation générale de code\_aster.
- **Module AsterStudy dans la plateforme salome\_meca**
  - Déroulement d'une étude simple dans salome\_meca (AsterStudy) avec travaux pratiques ;
  - Analyse thermomécanique avec travaux pratiques.
- **code\_aster**
  - Comment manipuler code\_aster notamment en python ?
  - Travaux pratiques
    - Analyse modale ;
    - Analyse paramétrique via Persalys.

### INSCRIPTION

*Les dates et lieux peuvent être aménagés en fonction des besoins des participants, sous réserve de l'accord du formateur. Des frais de déplacement supplémentaires pourront être facturés.*

# FORMATION MB

## CALCULS ANALYTIQUES DE BOULONNERIE SELON L'EUROCODE 3

### OBJECTIFS

- Identifier les critères de vérification selon les Eurocodes 3 ;
- Mettre en œuvre une modélisation adaptée ;
- Utiliser un outil de vérification développé par Phimeca.

### FORMATION EN 1 JOUR

- Session 1 : 8 décembre ;
- Lieu : Cournon d'Auvergne\*.

### PRÉ-REQUIS

- Connaissances de base en mathématiques et mécanique ;
- Utilisation basique de Microsoft Excel.

### PUBLIC

- Concepteur, dessinateur industriel, ingénieur ou technicien de bureau d'études.

### PROGRAMME

- **Théorie**
  - Les critères de vérification des assemblages boulonnés non-précontraints selon les Eurocodes 3 (traction, cisaillement, traction/cisaillement combiné, pression diamétrale, poinçonnement) ;
  - Modélisation par éléments finis préconisée pour la vérification des assemblages boulonnés (choix des degrés de liberté, des éléments (ressort, rigide)) ;
  - Présentation d'un outil de calcul automatisé sous Excel développé par Phimeca.
- **Travaux pratiques**
  - Exemples d'applications (cas industriels) ;
  - Réalisation de calculs analytiques ;
  - Prise en main de l'outil de calcul sur un cas réel.
- **Outil de calcul, développé par Phimeca, fourni aux participants en fin de formation (compris dans le tarif de la formation).**

### INSCRIPTION

*Les dates et lieux peuvent être aménagés en fonction des besoins des participants, sous réserve de l'accord du formateur. Des frais de déplacement supplémentaires pourront être facturés.*

# FORMATION MEF

## INITIATION AU CALCUL MÉCANIQUE PAR ÉLÉMENTS FINIS

### OBJECTIFS

- Comprendre les bases du calcul par éléments finis : enjeux, concepts fondamentaux, types d'analyses, interprétation des résultats ;
- Savoir définir une spécification de calcul mécanique par éléments finis.

### FORMATION EN 2 JOURS

- Session 1 : 1 au 2 octobre ;
- Lieu : Cournon d'Auvergne\*.

### PRÉ-REQUIS

- Connaissances de base en mécanique.

### PUBLIC

- Ingénieur, responsable de projet industriel, acheteur.

### PROGRAMME

- **Résistance des matériaux**
  - Modélisation d'un problème mécanique ;
  - Contraintes/déformations ;
  - Loi de comportement matériau.
- **Etapes principales d'un calcul par éléments finis (statique)**
  - Modélisation, simplification ;
  - Définition du maillage, des matériaux, des conditions aux limites et des chargements, des contacts/liaisons ;
  - Résolution, résultats, post-traitements.
- **Présentation d'autres types d'analyses, de leurs objectifs et de leur complexité**
  - Non linéarité ;
  - Thermique/thermomécanique ;
  - Vibratoire ;
  - Sismique ;
  - Dynamique rapide ;
  - Mécanique des fluides.
- **Démonstrations**
  - Exemples de modélisation ;
  - Mise en place d'un calcul statique par éléments finis.

### INSCRIPTION

*Les dates et lieux peuvent être aménagés en fonction des besoins des participants, sous réserve de l'accord du formateur. Des frais de déplacement supplémentaires pourront être facturés.*

# FORMATION MV1

## OPTIMISATION DES ESSAIS VIBRATOIRES PAR LA MODÉLISATION

### OBJECTIFS

- Savoir définir un programme d'essais vibratoires ;
- Savoir interpréter les spécifications d'essais imposées par un client ;
- Connaitre les différentes méthodes d'essais vibratoires (avantages, inconvénients, complémentarités) ;
- Connaitre les bénéfices d'une démarche calcul dans un cycle de développement produit (en amont et aval des essais).

### FORMATION EN 3 JOURS

- Session 1 : 8 au 10 septembre ;
- Lieu : Vienne\*.

### PRÉ-REQUIS

- Connaissances de base en mathématiques et mécanique.

### PUBLIC

- Ingénieur d'essai, ingénieur de bureau d'étude, technicien, responsable de projet industriel.

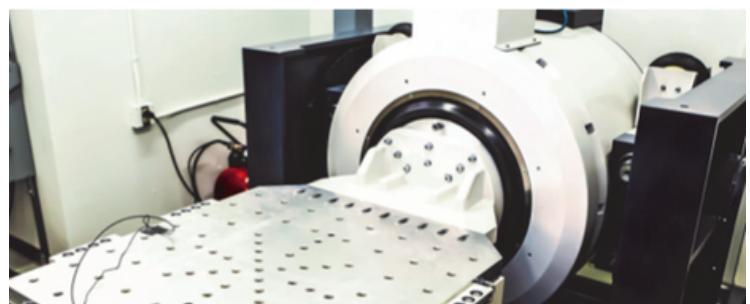
### PROGRAMME

#### • Théorie

- Quelques rappels (traitement du signal, choix du capteur, analyseur FFT, caractéristiques des pots vibrants...) ;
- Les principaux tests : sinus, aléatoires, chocs... ;
- Les stratégies de pilotage ;
- Les grandes lignes d'une modélisation par éléments finis ;
- La définition de spécifications d'essais vibratoires et le dimensionnement des pièces d'interface ;
- La comparaison entre des résultats expérimentaux et numériques et le recalage d'un modèle de calcul.

#### • Travaux pratiques

- Exemples d'applications (cas industriels) ;
- Expériences sur pots vibrants.



En partenariat avec



### INSCRIPTION

*Les dates et lieux peuvent être aménagés en fonction des besoins des participants, sous réserve de l'accord du formateur. Des frais de déplacement supplémentaires pourront être facturés.*

# FORMATION MV2

## CALCULS ÉLÉMENTS FINIS ET ESSAIS EN VIBRATIONS

### OBJECTIFS

- Connaitre les différents phénomènes vibratoires subis par les structures ;
- Comprendre les simulations numériques en dynamique vibratoire ;
- Être sensibilisé aux essais physiques de mécanique vibratoire ;
- Savoir mener des étapes de recalage essais - simulations pour tirer profit de la complémentarité des deux approches.

### FORMATION EN 3 JOURS

- Session 1 : 24 au 26 novembre ;
- Lieu : Cournon d'Auvergne, Paris\*.

### PRÉ-REQUIS

- Connaissances de base en mathématiques et mécanique.

### PUBLIC

- Ingénieur d'essai, ingénieur de bureau d'étude, technicien, responsable de projet industriel.

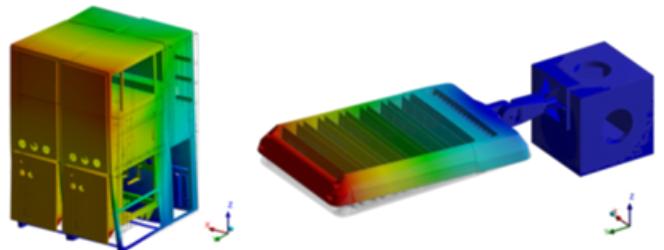
### PROGRAMME

#### • Théorie

- Quelques rappels sur la méthodologie éléments finis (maillage, résolution, post-traitement, conditions aux limites...),
- Les différents phénomènes vibratoires en dynamique des structures (chocs sinus, DSP, séisme, endurance et fatigue vibratoire),
- Mise en œuvre d'une analyse vibratoire par éléments finis,
- Présentation des différents moyens d'essai,
- Mise en place d'un essai en vibration : préparation des essais, dimensionnement d'un essai, validation d'un outillage d'interface,
- Corrélation entre résultats numériques et essais (grandeur physiques d'intérêt, analyse de sensibilité, recalage d'un modèle éléments finis).

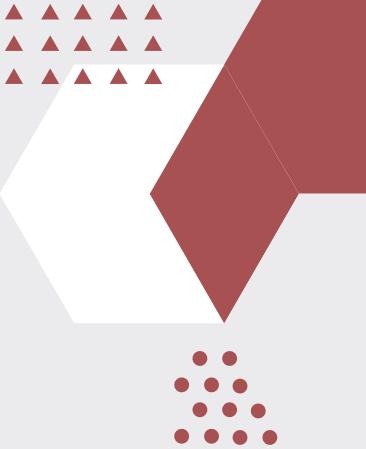
#### • Travaux pratiques

- Exemples d'applications (cas industriels),
- Expériences sur pots vibrants.

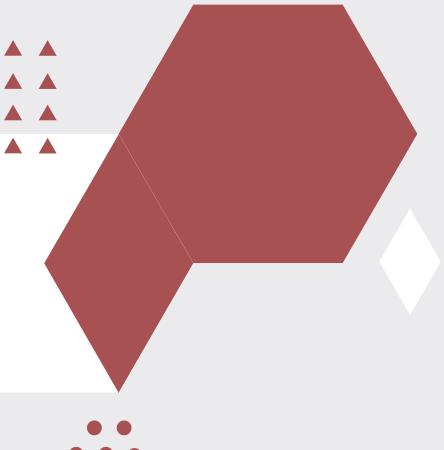


### INSCRIPTION

*Les dates et lieux peuvent être aménagés en fonction des besoins des participants, sous réserve de l'accord du formateur. Des frais de déplacement supplémentaires pourront être facturés.*



# **MODULES DE FORMATION INCERTITUDES & DATA SCIENCES**



# FORMATION AVD

## ANALYSE ET VALORISATION DE LA DONNÉE

### OBJECTIFS

- Savoir préparer un jeu de données ;
- Savoir valoriser les informations présentes dans un jeu de donnée.

### FORMATION EN 1 JOUR

- **Session 1** : 5 mars ;
- **Lieu** : Cournon d'Auvergne, Lyon, Paris\*.

### PRÉ-REQUIS

- Connaissances de base en programmation Python ;
- Connaissances de base en statistiques.

### PUBLIC

- Ingénieur.

### PROGRAMME

- Rappels de notions de base en statistique ;
- Mise en forme d'une base de données ;
- Analyse descriptive et visualisation des données ;
- Analyse des corrélations entre les données
- Détection et filtrage de données aberrantes ;
- Traitement des données manquantes ;
- Travaux pratiques avec Python.

### INSCRIPTION

*Les dates et lieux peuvent être aménagés en fonction des besoins des participants, sous réserve de l'accord du formateur. Des frais de déplacement supplémentaires pourront être facturés.*

# FORMATION ECP

## EXPLORER LES CAPACITÉS DE PERSALYS

MODÉLISATION, OPTIMISATION, TRAITEMENT DE DONNÉES ET D'INCERTITUDES

### OBJECTIFS

- Prendre en main le logiciel et ses fonctionnalités ;
- Mettre en place une étude et savoir analyser les résultats.

### FORMATION EN 1 JOUR

- Session 1 : 4 juin ;
- Lieu : Cournon d'Auvergne, Paris\* ;
- Présentiel ou visioconférence.

### PRÉ-REQUIS

- Connaissances de base en mathématiques.

### PUBLIC

- Chercheur, concepteur, étudiant, ingénieur.

### PROGRAMME

Cette formation est conçue comme une démarche exploratrice de Persalys et entièrement modulable, elle s'adapte à votre contexte et vos objectifs. Nous pouvons également élaborer un programme sur mesure, proposé sur devis.

#### Fonctionnalités de base

- Introduction
- Construction d'un modèle symbolique
- Construction d'un modèle Python
- Construction d'un modèle probabiliste
- Modèle de données
- Construction d'un plan d'expériences
- Travaux pratiques

#### Fonctionnalités avancées au choix

- Modèle de champs
- Modèle de couplage
- Modèle FMI
- Criblage/Morris
- Optimisation mono/multi-objectifs
- Calage
- Analyses probabilistes
- Analyses de données
- Analyse de sensibilité
- Méta-modélisation
- TP selon options choisies.

### INSCRIPTION

Les dates et lieux peuvent être aménagés en fonction des besoins des participants, sous réserve de l'accord du formateur. Des frais de déplacement supplémentaires pourront être facturés.

# FORMATION MDR

## RÉDUCTION DE DIMENSION

### OBJECTIFS

### FORMATION EN 2 JOURS

- S'approprier un cadre théorique pour la réduction de dimension simple, supervisée et non linéaire ;
- Comprendre les algorithmes de l'analyse en composantes principales, de la régression inverse par tranches et des modèles auto-associatifs.

- Session 1 : 5 au 6 octobre ;
- Lieu : Paris\*.

### PRÉ-REQUIS

### PUBLIC

- Bonnes connaissances en algèbre.
- Ingénieur, chercheur.

### PROGRAMME

- **Étape 1 [Matinée 1] : Motiver la démarche et poser le cadre**
  - Distinguer la dimension « linéaire » de la dimension topologique.
- **Étape 2 [Matinée 1] : S'approprier les outils fondamentaux**
  - Recherche de direction optimale ou préservant une propriété,
  - Décomposition aux valeurs singulières (SVD, pour "singular value decomposition"),
  - Métriques et voisins.
- **Étape 3 [Matinée et après-midi 1] : Maîtriser la réduction de dimension linéaire simple**
  - Analyse en composante principales (\*proper orthogonal decomposition\*, décomposition de Karuhnen-Loève...),
  - Différents points de vue : statistique, algébrique, analytique, géométrique, topologique,
  - Limites de la réduction de dimension linéaire simple.
- **Étape 4 [Après-midi 1 et Matinée 2] : Comprendre la supervision de la réduction de dimension**
  - Compression de donnée et régression : des finalités (et des moyens) différents,
  - Régression inverse par tranche (SIR, pour \*sliced inverse regression\*) et Projection préservant une topologie (TIP, pour \*Topology Invariant Projection\*).
- **Étape 5 [Matiné 2] : Introduire la non-linéarité par des fonctions de rattrapage**
  - Réduction « auto-supervisée » : état de l'art et limites connues des modèle auto-associatif (AAM).
- **Étape 6 [Après-midi 2] : Introduire la non-linéarité par le «tranchage»**
  - Un tranchage supervisé : les arbres et forêt aléatoires.
- **Étape 7 [Après-midi 2] : Situer la réduction de dimension par rapport aux réseaux de neurones**
  - Parallèle avec les auto-encodeurs.

### INSCRIPTION

*Les dates et lieux peuvent être aménagés en fonction des besoins des participants, sous réserve de l'accord du formateur. Des frais de déplacement supplémentaires pourront être facturés.*

# FORMATION ML

## MACHINE LEARNING AVEC PYTHON

### OBJECTIFS

- Savoir préparer un jeu de données ;
- Connaître, comprendre et utiliser les différentes familles de modèles prédictifs ;
- Savoir évaluer la performance d'un modèle prédictif.

### FORMATION EN 2 JOURS

- Session 1 : 2 ou 3 décembre ;
- Lieu : Paris, Cournon d'Auvergne\*.

### PRÉ-REQUIS

- Connaissances de base en mathématiques et probabilités ;
- Connaissance de Python souhaitable.

### PUBLIC

- Ingénieur R&D, ingénieur de bureau d'études, ingénieur en sûreté de fonctionnement.

### PROGRAMME

- Rappels sur le nettoyage et la préparation d'un jeu de données
- Modèles de régression et de classification
- Étapes de construction d'un modèle prédictif
- Évaluation de la performance de modèles prédictifs
- Présentation de quelques modèles classiques en Machine Learning :
  - Régressions linéaire Lasso et Ridges
  - Régression logistique
  - K plus proches voisins
  - Arbres de décisions
  - Réseaux de neurones
- Travaux pratiques avec Python

### INSCRIPTION

*Les dates et lieux peuvent être aménagés en fonction des besoins des participants, sous réserve de l'accord du formateur. Des frais de déplacement supplémentaires pourront être facturés.*

# FORMATION MM

## INITIATION À LA RÉDUCTION DE MODÈLE

### OBJECTIFS

- Connaître les différents types de métamodèles ;
- Savoir construire et exploiter un métamodèle par régression linéaire ;
- Connaître les principaux plans d'expériences et méthodes de validation ;
- Savoir construire et exploiter autres types de métamodèle (Krigage/polynômes du chaos).

### FORMATION EN 2 JOURS

- Session 1 : 19 au 20 novembre ;
- Lieu : Paris, Cournon d'Auvergne\*.

### PRÉ-REQUIS

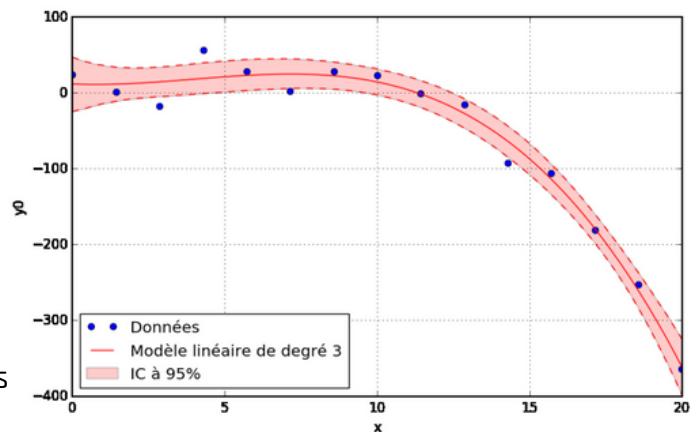
- Connaissances de base en mathématiques ;
- Connaissance de Python souhaitable.

### PUBLIC

- Ingénieur R&D, ingénieur de bureau d'études.

### PROGRAMME

- Introduction à la réduction de modèle
- Plan d'expériences
- Choix du modèle
- Validation d'un métamodèle
- Modèle de régression linéaire
- Modèles de Krigage et/ou de polynômes du chaos
- Travaux pratiques



### INSCRIPTION

\*Les dates et lieux peuvent être aménagés en fonction des besoins des participants, sous réserve de l'accord du formateur. Des frais de déplacement supplémentaires pourront éventuellement être envisagés.

# FORMATION MP1

## APPRENDRE À PROPAGER LES INCERTITUDES

### OBJECTIFS

- Connaître les étapes principales de la propagation d'incertitudes ;
- Savoir planifier et réaliser une propagation d'incertitudes ;
- Savoir analyser les résultats.

### FORMATION EN 1 JOUR

- Session 1 : 24 septembre ;
- Lieu : Paris\*.

### PRÉ-REQUIS

- Bonnes connaissances en théorie des probabilités ;
- Connaissance de Python souhaitable.

### PUBLIC

- Ingénieur R&D, ingénieur de bureau d'études, ingénieur en sûreté de fonctionnement.

### PROGRAMME

- **Modélisation de l'incertitude**
  - Analyse de données et modélisation par des lois paramétriques ;
  - Échantillonnage ;
  - Articulation avec le modèle physique.
- **Mise en place d'une propagation d'incertitudes**
  - Quelles étapes ?
  - Qui impliquer ?
  - Quelles ressources ?
- **Analyse de tendance centrale**
  - Formulation et loi asymptotiques des estimateurs ;
  - Validation et tests statistiques.
- **Travaux pratiques sur Python ou Persalys (ou démonstration en cas de contrainte technique).**

### INSCRIPTION

*Les dates et lieux peuvent être aménagés en fonction des besoins des participants, sous réserve de l'accord du formateur. Des frais de déplacement supplémentaires pourront être facturés.*

# FORMATION MP2

## HIÉRARCHISER LES INCERTITUDES

### OBJECTIFS

- Réaliser une hiérarchisation des incertitudes ;
- Savoir interpréter les résultats d'une analyse de sensibilité.

### FORMATION EN 1 JOUR

- Session 1 : 8 octobre ;
- Lieu : Paris\*.

### PRÉ-REQUIS

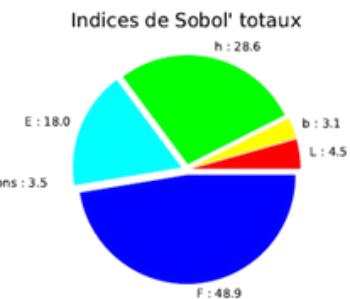
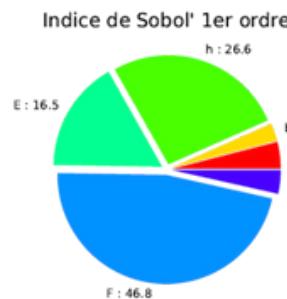
- Connaissances en théorie des probabilités ;
- Langage Python (facultatif).

### PUBLIC

- Ingénieur.

### PROGRAMME

- **La méthodologie « Incertitudes »**
  - Rappel sur les différentes étapes.
- **Méthode de criblage**
  - Méthode de Morris.
- **Indices locaux**
  - Développement de Taylor.
- **Indices globaux**
  - Indices basés sur la corrélation,
  - Analyse de la variance : indices de Sobol,
  - Post-traitement du chaos polynomial.
- **Travaux pratiques**



### INSCRIPTION

*Les dates et lieux peuvent être aménagés en fonction des besoins des participants, sous réserve de l'accord du formateur. Des frais de déplacement supplémentaires pourront être facturés.*

# FORMATION MP3

## ÉVALUER LA FIABILITÉ D'UN SYSTÈME

### OBJECTIFS

- Savoir poser un problème de fiabilité des structures ;
- Savoir mettre en œuvre les algorithmes de résolution.

### FORMATION EN 2 JOURS

- Session 1 : 10 au 11 décembre ;
- Lieu : Cournon d'Auvergne, Paris\*.

### PRÉ-REQUIS

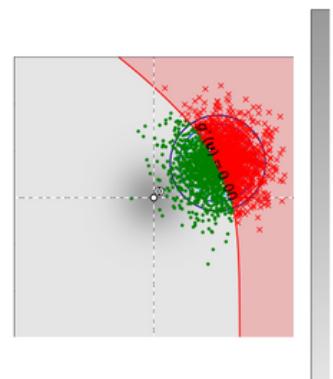
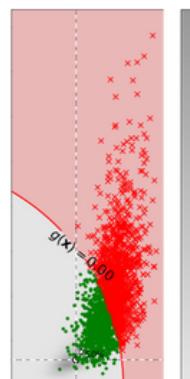
- Connaissances en théorie des probabilités ;
- Langage Python (facultatif).

### PUBLIC

- Ingénieur.

### PROGRAMME

- **Formalisme de la fiabilité des structures**
- **Méthodes de calcul des probabilités de défaillance**
  - Simulation de Monte Carlo ;
  - Méthodes FORM/SORM ;
  - Simulation conditionnelle, directionnelle, tirage d'importance, Subset simulation.
- **Interprétation des résultats**
  - Probabilité de défaillance, indices de fiabilité ;
  - Analyse de sensibilité, facteurs d'importance, facteurs d'omission ;
  - Coefficients partiels de sécurité.
- **Travaux pratiques avec Python**



### INSCRIPTION

*Les dates et lieux peuvent être aménagés en fonction des besoins des participants, sous réserve de l'accord du formateur. Des frais de déplacement supplémentaires pourront être facturés.*

# FORMATION MS

## FONDAMENTAUX DE STATISTIQUES ET DE PROBABILITÉS

### OBJECTIFS

### FORMATION EN 2 JOURS

- Comprendre les motivations de l'approche probabiliste ;
- Savoir construire un modèle probabiliste ;
- Pouvoir porter un regard critique sur les résultats d'une analyse statistique.

### PRÉ-REQUIS

### PUBLIC

- Connaissances de base en mathématiques : notion de probabilité, calcul intégral, espérance...

- Ingénieur R&D, ingénieur de bureau d'études, ingénieur en sûreté de fonctionnement.

### PROGRAMME

- **Pourquoi utiliser le hasard en modélisation ?**
  - Concepts fondamentaux de la statistique et des probabilités ;
  - Variable aléatoire et loi de probabilité ;
  - Lois uniforme et gaussienne ;
  - Espérance et variance ;
  - Fonction de répartition et densité.
- **Couple de variables aléatoires, conditionnement et régression**
  - Interactions entre variables aléatoires ;
  - Probabilités conditionnelles ;
  - Prédire à l'aide de données : le modèle linéaire.
- **Construire un modèle et décider à l'aide d'un échantillon**
  - Modéliser l'incertain par des variables aléatoires ;
  - Inférer des paramètres à l'aide d'un échantillon ;
  - Tester quantitativement des hypothèses et prendre des décisions.
- **Exercices d'application**

### INSCRIPTION

*Les dates et lieux peuvent être aménagés en fonction des besoins des participants, sous réserve de l'accord du formateur. Des frais de déplacement supplémentaires pourront être facturés.*

# FORMATION OPM

## OPTIMISATION DES SYSTÈMES EN INGÉNIERIE

### OBJECTIFS

### FORMATION EN 2 JOURS

- Savoir comment définir et formuler un problème d'optimisation cohérent avec le besoin industriel ;
  - Connaître les principes de base de l'optimisation ;
  - Choisir parmi les méthodes d'optimisation, celle qui est la plus adéquate à son problème ;
  - Expérimenter des mises en œuvre sur des cas concrets.
- Session 1 : 15 au 16 octobre ;
  - Lieu : Paris, Cournon d'Auvergne\*.

### PRÉ-REQUIS

### PUBLIC

- Connaissances de base en mathématiques ;
  - Langage Python (facultatif).
- Ingénieur, Chercheur, Étudiant, Concepteur

### PROGRAMME

- Introduction ;
- Définition et formulation d'un problème d'optimisation (1h00) ;
- Les algorithmes d'optimisation ;
- Optimisation pour calibrer un modèle ;
- Optimisation inverse (Inversion de modèle) ;
- Optimisation à variable mixte ;
- Optimisation pour « concevoir d'un produit » ;
- Optimisation avec métamodèle ;
- Optimisation sous incertitudes.

### INSCRIPTION

*Les dates et lieux peuvent être aménagés en fonction des besoins des participants, sous réserve de l'accord du formateur. Des frais de déplacement supplémentaires pourront être facturés.*

# FORMATION PP

## INITIATION À LA PROGRAMMATION AVEC PYTHON

### OBJECTIFS

### FORMATION EN 2 JOURS

- Acquérir les bases de la programmation avec python ;
- Acquérir les notions essentielles de la programmation orientée objet ;
- Mettre en œuvre et se familiariser avec différents/certains modules python ;
- Mettre en pratique les notions acquises.

- Session 1 : 23 au 24 avril ;
- Lieu : Cournon d'Auvergne\*.

### PRÉ-REQUIS

### PUBLIC

- Connaissances en algorithmique.
- Tout profil.

### PROGRAMME

- Généralités et bonnes pratiques
- Types, variables et conteneurs
- Structures itératives et conditionnelles
- Manipulation des fichiers .txt
- Les fonctions
  - Les paramètres et les variables d'une fonction
  - Documenter une fonction avec des 'DocStrings'
  - Travaux pratiques
- Les classes et la programmation orientée objets (POO)
  - Pourquoi les classes?
  - Implémenter une classe
    - Attributs et méthodes
    - Documenter une classe
    - L'héritage
    - Les méthodes spéciales
  - Travaux pratiques: mise en place d'une classe
- Manipulation de quelques modules Python
  - Numpy
  - Pandas et visualisation (seaborn +matplotlib)
  - Travaux pratiques

### INSCRIPTION

*Les dates et lieux peuvent être aménagés en fonction des besoins des participants, sous réserve de l'accord du formateur. Des frais de déplacement supplémentaires pourront être facturés.*



# **MODULES DE FORMATION MODÉLISATION MULTI-PHYSIQUE DES SYSTÈMES COMPLEXES**

# FORMATION GCM

## GÉRER LA COMPLEXITÉ PAR LA MODÉLISATION

### LE JUMEAU NUMÉRIQUE AU CŒUR DE L'INNOVATION

#### OBJECTIFS

#### FORMATION EN ½ JOUR

- En quoi la compétitivité de mon organisation émane de la complexité ? Qu'est-ce que la modélisation multi-physique ? En quoi permet-elle de gérer la complexité ?
- Quels sont les ingrédients d'un jumeau numérique ? Que peut-on raisonnablement en attendre ?
- Par où commencer ? Quelles ressources mobiliser pour déployer la modélisation physique et le jumeau numérique dans mon organisation ? Qui recruter ?

#### PRÉ-REQUIS

#### PUBLIC

- Aucun.

- Managers gérant une équipe ou une organisation concevant ou exploitant des systèmes complexes.

#### PROGRAMME

La simulation et la modélisation ouvrent la voie vers un processus de conception dynamique, itératif et interactif, et joue un rôle critique dans la création de connaissance au sein d'une organisation.

Nous identifierons au travers de l'exemple de la filière nucléaire française les facteurs clefs de succès et les opportunités offertes par la modélisation multi-physique.

Ce faisant, nous démystifierons le concept de « jumeau numérique » qui constitue dès aujourd'hui, au-delà du buzz et des effets d'annonce, un axe de développement stratégique pour les industries de la complexité.

L'atelier se compose de 5 parties :

1. Votre compétitivité émane pour beaucoup de la complexité ;
2. La modélisation multi-physique est essentielle à la gestion de la complexité ;
3. Modelica, un outil ad hoc : opportunité d'aller vite et loin ;
4. Donnons du sens au jumeau numérique avec la modélisation et la science des données ;
5. Comment gérer la modélisation ?

#### INSCRIPTION

*Les dates et lieux peuvent être aménagés en fonction des besoins des participants, sous réserve de l'accord du formateur. Des frais de déplacement supplémentaires pourront être facturés.*

# FORMATION OM1

## DÉCOUVERTE DE MODELICA (DYMOLA / OPENMODELICA)

### OBJECTIFS

### FORMATION EN 1 JOUR

- Comprendre les fondamentaux d'une modélisation multi-phérique dynamique en langage Modelica ;
- Connaitre l'interface des outils Dymola ou OpenModelica et lancer quelques simulations ;
- Découvrir les fonctionnalités annexes : capitalisation des connaissances, bibliothèques existantes, co-simulation FMI/FMU...

- Session 1 : 2 juin ;
- Lieu : Visioconférence\*.

### PRÉ-REQUIS

### PUBLIC

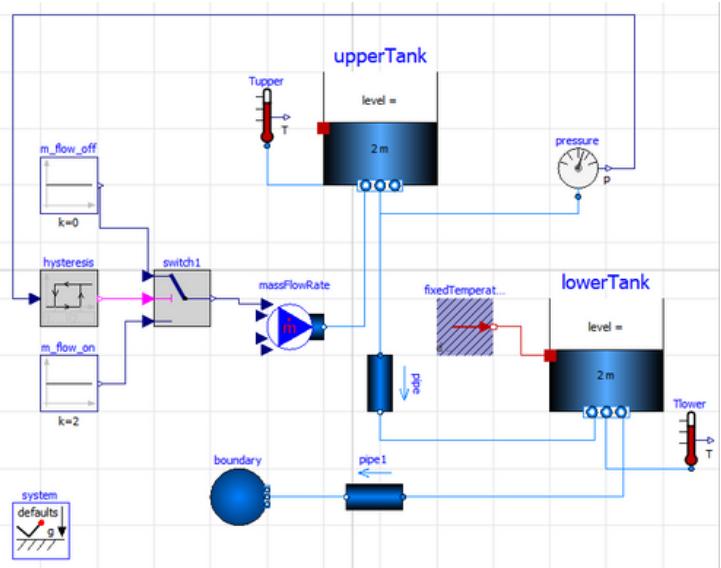
- Ordinateur avec OpenModelica (open source) ou Dymola.

- Ingénieur, concepteur, responsable de projet industriel.

### PROGRAMME

- **Qu'est ce que Modelica ?**
  - un langage de modélisation ;
  - une bibliothèque multiphysique open source ;
  - une communauté.
- **Comment développer sa bibliothèque**
  - découverte d'OpenModelica ou Dymola par la simulation de cas d'exemples tirés de bibliothèques existantes ;
  - présentation des bonnes pratiques pour architecturer sa bibliothèque et documenter les modèles afin de faciliter le travail collaboratif et la reprise d'un code pour une tierce personne

- à la lumière de nos précédents projets, discussion ouverte sur vos besoins de modélisation et les avantages (et limites) d'utiliser Modelica.



### INSCRIPTION

Les dates et lieux peuvent être aménagés en fonction des besoins des participants, sous réserve de l'accord du formateur. Des frais de déplacement supplémentaires pourront être facturés.

# FORMATION OM2

## MODÉLISATION SYSTÈME (0D/1D) MODELICA

### OBJECTIFS

### FORMATION EN 3 JOURS

- Comprendre les fondamentaux d'une modélisation multi-physique dynamique en langage Modelica ;
- Prendre en main les fonctions avancée d'un outil Modelica : Dymola ou OpenModelica ;
- Savoir développer de nouveaux modèles et connaître les fonctionnalités annexes : bibliothèques existantes, co-simulation FMI/FMU...
- Session 1 : 28 au 30 septembre ;
- Lieu : Visioconférence\*.

### PRÉ-REQUIS

### PUBLIC

- Connaissances de base des lois physiques (loi d'ohm, bilan d'énergie, loi fondamentale de la mécanique,...) ;
- Ordinateur avec OpenModelica ou Dymola.
- Ingénieur, concepteur, responsable de projet industriel.

### PROGRAMME

- Modelica
  - un langage de modélisation ;
  - des bibliothèques existantes ;
  - la communauté de développement.
- Modéliser
  - prise en main d'OpenModelica ou Dymola ;
  - développement de modèles à complexité croissante ;
  - réalisation de scénarios de simulation par lecture de tableaux de données ;
  - connaissance de la terminologie Modelica ;
  - mise en application à partir d'exercices pratiques sur des thématiques variées : thermique, électrique, mécanique, régulation.
- Co-simulation et capitalisation des connaissances
  - découverte de quelques interactions avec des outils externes (calibration, optimisation, etc) et de la co-simulation via le standard FMI ;
  - comment architecturer sa bibliothèque et documenter les modèles pour faciliter le travail collaboratif et la reprise d'un code pour une tierce personne ;
- La formation se termine par une demi-journée d'atelier de modélisation durant laquelle les différents intervenants développeront ensemble un modèle complet à partir d'une feuille blanche. Nous fixons l'objectif de modélisation et nous répartissons les tâches pour construire collaborativement le système visé (circuit fluide, voiture électrique, système HVAC, etc.).



### INSCRIPTION

*Les dates et lieux peuvent être aménagés en fonction des besoins des participants, sous réserve de l'accord du formateur. Des frais de déplacement supplémentaires pourront être facturés.*

# FORMATION OPF

## INITIATION À LA MANIPULATION DE FMUS AVEC PYTHON

### OBJECTIFS

- Comprendre ce qu'est la norme FMI ;
- Savoir manipuler des FMUs avec une bibliothèque python.

### FORMATION EN 2 JOURS

- Session 1 : 12 au 13 octobre ;
- Lieu : Paris ou visioconférence\*.

### PRÉ-REQUIS

- Connaissance de python.

### PUBLIC

- Ingénieur.

### PROGRAMME

#### Comment manipuler des FMUs avec Python ?

La norme FMI (Functional Mockup Interface) permet d'échanger des modèles provenant de différents logiciels en s'affranchissant de la barrière des formats propres à chaque outil. Cette formation vise à parcourir les principes de la norme FMI et à donner des bases pour manipuler des FMUs avec Python, notamment changer des paramètres, lancer une simulation, ou encore tracer les variables d'intérêt.

#### Programme global

- La norme FMI
  - historique,
  - philosophie,
  - types de FMUs,
  - outils compatibles.
- Manipuler un FMU avec Python
  - présentation de FMPy,
  - manipulation de l'interface,
  - manipulation par un script Python.



Functional  
Mock-Up  
Interface

### INSCRIPTION

*Les dates et lieux peuvent être aménagés en fonction des besoins des participants, sous réserve de l'accord du formateur. Des frais de déplacement supplémentaires pourront être facturés.*

# NOUS CONTACTER

## PHIMECA Clermont-Ferrand



Centre d'affaires du Zénith  
34, rue de Sarliève  
F-63800, Cournon-d'Auvergne



+(0)33 4 73 28 93 66



## PHIMECA Paris

18/20, boulevard de Reuilly  
F-75012 Paris



+(0)33 1 58 51 18 02



## PHIMECA Pays-de-Savoie



395 , Avenue des Massettes  
Immeuble Le Galien  
73190 - CHALLES-LES-EAUX

+(0)33 6 07 55 15 63

## Equipe Formation



Contactez-nous par e-mail :  
formations@phimeca.com



[www.phimeca.com/acc陪agnement/](http://www.phimeca.com/acc陪agnement/)  
[formations/](http://www.phimeca.com/acc陪agnement/formations/)