

# Formations 2024



Contact : +33 1 44 77 89 00

[formation@artelys.com](mailto:formation@artelys.com)

[www.artelys.com/fr/formations/](http://www.artelys.com/fr/formations/)



**Le partage de nos compétences est un élément fondateur de notre société.**

**À Artelys, nous nous engageons à délivrer des formations d'excellence.**

Depuis plus de 20 ans, la croissance de nos activités s'est accompagnée d'une attention particulière à notre offre de formation. Ce mode de partage des connaissances les plus avancées et les plus récentes permet à nos clients, partenaires et collaborateurs d'acquérir et de renforcer leurs compétences dans nos domaines d'expertise, centrés sur l'optimisation mathématique quantitative.

Notre proposition s'articule autour de trois thèmes principaux :

- Optimisation mathématique et Data Science
- Optimisation technico-économique des systèmes énergétiques
- Composants numériques et outils d'optimisation

Le thème Optimisation mathématique et Data Science est conçu comme s'il était un cycle diplômant de niveau Master.

Ces formations s'appuient sur les compétences et l'expérience acquises par les consultants et les chercheurs d'Artelys dans la réalisation de modèles d'analyse et la mise en œuvre de solutions opérationnelles en entreprise. Elles sont pragmatiques et tournées vers la pratique, sans pour autant esquiver les difficultés techniques fondamentales.

Nous espérons avoir le plaisir de vous accueillir dans nos formations, avec un nouveau programme et une ambition renforcée qui sauront répondre à vos attentes.



La société Artelys est spécialisée dans la modélisation technico-économique de systèmes, en particulier énergétiques. Elle développe les outils informatiques associés se basant sur les technologies numériques les plus appropriées et sur une utilisation intensive de méthodes quantitatives combinant Data Science et optimisation mathématique, adaptées au contexte métier de ses clients.

Artelys est un organisme de formation enregistré par le ministère de l'Éducation Nationale (Organisme formateur n°11754066975). Les consultants d'Artelys, qui assurent régulièrement des sessions de formation aux techniques de l'optimisation mathématique, de la Data Science et de gestion technico-économique des systèmes énergétiques, disposent d'une solide expérience pédagogique.

### FORMATIONS INTER-ENTREPRISES

- Combiner théorie et pratique
- Décrypter les sujets technologiques de pointe
- Vous accompagnez dans votre évolution professionnelle

### FORMATIONS INTRA-ENTREPRISE OU SUR-MESURE

- Les programmes des formations adaptés à vos besoins
- Toutes les formations du catalogue programmées aux dates de votre choix
- L'organisation des formations dans vos locaux



Nos formations inter-entreprises se déroulent dans nos locaux, au 81 rue Saint-Lazare, 75009 Paris. Ils sont situés à 5 minutes à pied de la gare Saint-Lazare et à 2 minutes de la station Trinité d'Estienne d'Orves (ligne de métro 12).

Suivant le contexte sanitaire, nous nous réservons le choix de proposer ces formations à distance.

## 5 RAISONS DE NOUS CHOISIR

- ✓ Artelys est un **acteur européen leader** en optimisation mathématique et Data Science, en optimisation technico-économique des systèmes énergétiques et outils informatiques pour l'aide à la décision.
- ✓ Artelys a **plus de 20 ans d'expérience** dans l'organisation et la réalisation de formations professionnelles.
- ✓ Un **engagement fort** de l'entreprise sur la qualité des formations délivrées et l'adéquation avec les attentes des participants.
- ✓ Des **tarifs compétitifs** : nos tarifs inter-entreprise sont dégressifs dès le 3<sup>ème</sup> participant de la même société (50% de réduction du 3<sup>ème</sup> au 10<sup>ème</sup>). Nos tarifs intra-entreprises sont fixes jusqu'à 10 participants par session.
- ✓ Une attention particulière est portée au **confort des participants** : café/thé mis à disposition pendant les formations, et prise en charge de la pause déjeuner.

Inscriptions et programmes détaillés sur :

<https://www.artelys.com/fr/formations/>

# CALENDRIER DES FORMATIONS PAR DATE

DATES	INTITULE DE LA FORMATION	INTER-ENTREPRISE PRIX € HT PAR PERSONNE <sup>1</sup>	INTRA-ENTREPRISE PRIX € HT PAR SESSION <sup>2</sup>	PAGE
06/03/24 07/03/24	<a href="#">Introduction à l'analyse technico-économique des systèmes et marchés électriques</a>	1 800	12 000	<u>20</u>
13/03/24 14/03/24	<a href="#">Modèles de prévision avec R</a>	1800	9000	<u>14</u>
20/03/24 21/03/24	<a href="#">Introduction à l'optimisation mathématique et à la programmation linéaire</a>	1 800	9 000	<u>7</u>
27/03/24 28/03/24	<a href="#">Introduction au fonctionnement des réseaux de transport d'électricité</a>	1 800	9 000	<u>21</u>
22/05/24	<a href="#">Introduction aux technologies du cloud avec Docker, Kubernetes et Serverless</a>	1 000	5 000	<u>16</u>
05/06/24 06/06/24 07/06/24	<a href="#">Programmer avec Python : Outils pour la Data Science</a>	2 600	13 000	<u>15</u>
12/06/24 13/06/24	<a href="#">Calcul haute performance et parallélisation</a>	1 800	9 000	<u>18</u>
19/06/24 20/06/24	<a href="#">Optimisation combinatoire I : Programmation linéaire en nombres entiers</a>	1 800	9 000	<u>9</u>
25/09/24 26/09/24	<a href="#">Optimisation combinatoire II : Programmation par contrainte et recherche locale</a>	1 800	9 000	<u>10</u>
20/11/24 21/11/24	<a href="#">Optimisation combinatoire III : Relaxation et hybridation</a>	1 800	90 00	<u>11</u>
03/04/24 04/04/24 ET 02/10/24 03/10/24	<a href="#">Optimisation non-linéaire</a>	1 800	9 000	<u>12</u>

<sup>1</sup> 50% de réduction du 3<sup>ème</sup> au 10<sup>ème</sup> inscrit de la même entreprise.

<sup>2</sup> Jusqu'à 10 personnes en Île-de-France ou bien en visio-conférence.










## FORMATIONS EN OPTIMISATION MATHÉMATIQUE ET DATA SCIENCE

---

La Recherche Opérationnelle constitue l'un des grands domaines d'application des techniques d'optimisation mathématique et de l'informatique dans l'industrie. Elle repose principalement sur l'analyse de données et la recherche de solutions optimales pour résoudre les problèmes de prise de décision complexes. Ce domaine tient un rôle clé dans le maintien de la compétitivité industrielle et a connu de grandes avancées ces dernières années. L'ensemble des formations proposées ici en optimisation mathématique et Data Science permettent d'acquérir et/ou de mettre à jour la maîtrise des outils théoriques et pratiques de pointe dans ce domaine. Ces formations sont consacrées à l'apprentissage des techniques d'analyse statistique et de traitement de données, de modélisation et de résolution de problèmes complexes d'optimisation mathématique (combinatoire, linéaire, non linéaire et stochastique) et à la conception et mise en œuvre pratique des technologies et outils informatiques adaptés.

Face à la nécessité de rationaliser l'usage des ressources dans des systèmes économiques de plus en plus complexes, la programmation linéaire constitue un outil extrêmement puissant. Les récents progrès des solveurs de programmation linéaire permettent aux ingénieurs et aux économistes de mettre en œuvre rapidement ces techniques sur un grand nombre de problèmes opérationnels ou stratégiques. Néanmoins, le succès d'une telle démarche repose, avant tout, sur les choix de modélisation du problème à traiter. Cette formation vous permettra donc d'appréhender les principes régissant les algorithmes d'optimisation linéaire dans le but d'adopter une modélisation efficiente pour votre problème.








 <b>Dates</b> : 20/03/2024 - 21/03/2024	<div style="background-color: #f47920; color: white; padding: 5px; text-align: center;"><b>Programme détaillé</b></div> <p><b>Introduction à la programmation linéaire</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Introduction : historique, mise en place.</li> <li>- Terminologie de la programmation linéaire : définitions, formulation d'un programme linéaire et illustrations graphiques, reformulations classiques.</li> <li>- Notion de convexité.</li> </ul> <p><b>Algorithme du simplexe</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Méthode du simplexe : principe, forme dictionnaire, forme tableau, non dégénérescence et cyclage, base initiale. Mise en œuvre sur des exemples simples.</li> <li>- Traitement de problèmes de planification par programmation linéaire. Illustration de l'impact de la modélisation sur les résultats du solveur.</li> </ul> <p><b>Dualité</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Dualité : construction du programme dual, résultats fondamentaux (contraintes d'égalité et multiplicateurs de Lagrange, contraintes d'inégalité et lemme de Farkas, conditions de KKT, dualité faible).</li> <li>- Interprétation économique des variables duales. Utilisation des variables duales dans le traitement de problèmes de transport et de gestion de stocks.</li> <li>- Post-optimalité et analyse de sensibilité.</li> <li>- Variantes du simplexe : forme révisée, simplexe dual.</li> </ul> <p><b>Méthodes de points intérieurs</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Méthodes de points intérieurs : qualités des approches non linéaires, algorithme de Karmarkar, algorithme primal-dual intérieur, algorithme affine, complexité et convergence polynomiale.</li> </ul> <p><b>Utilisation d'un solveur</b></p>
 <b>Durée</b> : 2 jours	
 <b>Prix inter</b> : 1 800 € HT/personne <b>Prix intra</b> : 9 000 € HT/session	
 <b>Objectifs</b> Être en mesure de modéliser un problème de décision à l'aide de la programmation linéaire et d'en interpréter les résultats.	
 <b>Public cible</b> Ingénieurs, économistes, scientifiques et développeurs intéressés par la modélisation de problèmes de décision et la mise en œuvre d'algorithmes d'optimisation.	
 <b>Intervenants</b> Des consultants d'Artelys experts en modélisation et résolution de problèmes d'optimisation industriels de grandes tailles dans les secteurs de l'énergie, du transport et de la logistique.	
 <b>Prérequis</b> Connaissances de base en algèbre linéaire (espaces vectoriels et applications linéaires,	

calcul matriciel, notions de géométrie affine).

- Bien utiliser son solveur de programmation linéaire : astuces et bonnes pratiques (illustration avec FICO Xpress).










Du caractère discret inhérent à bon nombre de problèmes de décision naît l'explosion combinatoire. Lorsqu'il n'est pas possible de contourner ce phénomène (en relâchant, notamment, les contraintes d'intégrité), la Programmation Linéaire en Nombres Entiers (PLNE) permet de se confronter à de nombreux problèmes d'Optimisation Combinatoire tels qu'on en rencontre dans les domaines de la logistique, de la gestion de la production ou lors de l'élaboration d'emplois du temps.

 <b>Dates</b> : 19/06/2024 - 20/06/2024	<div style="background-color: #f4a460; padding: 5px; text-align: center;"><b>Programme détaillé</b></div> <p><b>Programmation linéaire en nombres entiers (PLNE)</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>- Rappels de programmation linéaire.</li><li>- Formulations : Qu'est-ce qu'un programme en nombres entiers ? Formulation d'un programme en nombres entiers. L'explosion combinatoire. Formulations PLNE. Formulations alternatives.</li><li>- Optimalité, relaxations et bornes : optimalité et relaxation, relaxations linéaires, relaxations combinatoires, relaxation lagrangienne, dualité, bornes primales.</li><li>- Techniques de modélisation et illustrations.</li><li>- Résolution de programmes linéaires en nombres entiers par Branch-and-Bound.</li><li>- Principes des méthodes de coupes et de Branch- and-Cut. Traitement d'exemples numériques.</li></ul> <p><b>Mise en œuvre</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>- Présentation, modélisation et résolution d'un problème de voyageur de commerce avec le solveur FICO Xpress.</li><li>- Présentation, modélisation et résolution d'un problème industriel avec FICO Xpress.</li><li>- Confrontation d'une formulation naïve du problème et d'une formulation intégrant des coupes.</li></ul> <p><b>Introduction aux méthodes de décomposition</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>- Introduction aux méthodes de décomposition : illustration de l'intérêt de la génération de colonnes.</li><li>- Principes et intérêt pratique des techniques de génération de colonnes.</li><li>- Présentation d'une application industrielle.</li></ul>
 <b>Durée</b> : 2 jours	
 <b>Prix inter</b> : 1 800 € HT/personne <b>Prix intra</b> : 9 000 € HT/session	
 <b>Objectifs</b> Appréhender le caractère discret d'un problème de décision à l'aide de la Programmation Linéaire en Nombres Entiers (PLNE).	
 <b>Public cible</b> Ingénieurs, scientifiques et développeurs intéressés par la modélisation de problèmes de décision et la mise en œuvre d'algorithmes d'optimisation.	
 <b>Intervenants</b> Des consultants d'Artelys experts en modélisation et résolution de problèmes d'optimisation industriels de grandes tailles dans les secteurs de l'énergie, du transport et de la logistique.	
 <b>Prérequis</b> Programme de la formation « Introduction à l'optimisation mathématique et programmation linéaire ».	

# Optimisation combinatoire II : Programmation par contrainte et recherche locale








Lorsque la Programmation Linéaire en Nombre Entier (PLNE) s'avère inapte à traiter un problème d'optimisation combinatoire, il peut s'avérer judicieux d'utiliser les attributs de ce problème pour le surmonter. La programmation par contraintes et la recherche locale reposent sur cette idée maîtresse pour offrir un cadre formel pour la résolution de problèmes combinatoires réputés difficiles.

 <b>Dates</b> : 25/09/2024 - 26/09/2024	<b>Programme détaillé</b> <b>Programmation par contraintes</b> <ul style="list-style-type: none"><li>- Programmation par contraintes : principes et utilisation.</li><li>- Présentation d'un solveur de programmation par contraintes : Xpress-Kalis.</li></ul> <b>Application de la programmation par contrainte</b> <ul style="list-style-type: none"><li>- Planification de personnel d'une salle de théâtre.</li><li>- Résolution d'un problème d'allocation de scènes de film.</li><li>- Résolution d'un problème d'affectation de fréquences.</li><li>- Paramétrage de l'énumération – Stratégies de branchement – Spécification de stratégies de recherche ad hoc par l'utilisateur.</li></ul> <b>Recherche locale</b> <ul style="list-style-type: none"><li>- Intuition (n-reines) - Voisinage (<i>car-sequencing</i>, carré magique) - Optimisation (<i>warehouse location</i>) - 2-opt, k-opt</li><li>- Optimalité vs. Faisabilité (coloration de graphes) - Voisinages complexes (<i>sport scheduling</i>) - Echapper aux minima locaux, connectivité.</li><li>- Formalisation, heuristiques – Introduction aux métaheuristiques : recherche à voisinage variable (VNS), recuit simulé, recherche taboue.</li></ul> <b>Problèmes d'ordonnancement et de gestion de ressources</b> <ul style="list-style-type: none"><li>- Introduction aux problématiques d'ordonnancement.</li><li>- Ordonnancement disjonctif – application à la construction d'un stade.</li><li>- Ordonnancement disjonctif multi-machines – problème de <i>job-shop</i>.</li><li>- Ordonnancement cumulatif – ressources non renouvelables.</li></ul>
 <b>Durée</b> : 2 jours	
 <b>Prix inter</b> : 1 800 € HT/personne <b>Prix intra</b> : 9 000 € HT/session	
 <b>Objectifs</b> Traiter des problèmes d'optimisation combinatoire difficiles à l'aide de la programmation par contraintes et de recherches locales.	
 <b>Public cible</b> Ingénieurs, scientifiques et développeurs intéressés par la modélisation de problèmes de décision et la mise en œuvre d'algorithmes d'optimisation.	
 <b>Intervenants</b> Des consultants d'Artelys experts en modélisation et résolution de problèmes d'optimisation industriels de grandes tailles dans les secteurs de l'énergie, du transport et de la logistique.	
 <b>Prérequis</b> Programme des formations : <ul style="list-style-type: none"><li>- « Introduction à l'optimisation mathématique et programmation linéaire »</li><li>- « Optimisation combinatoire I : programmation linéaire en nombres entiers »</li></ul>	

# Optimisation combinatoire III : Relaxation et hybridation








Outre ses attributs, la structure du problème peut être utilisée pour le surmonter. On cherche alors à résoudre plusieurs petits problèmes de manière coordonnée plutôt qu'un problème de grande taille soumis au phénomène d'explosion combinatoire : c'est le principe de la **décomposition**.

Il est parfois judicieux de combiner les techniques d'Optimisation Combinatoire (PLNE, PPC, recherche locale) pour surmonter un problème particulièrement difficile à résoudre, on parle alors d'**hybridation**.

 <b>Dates</b> : 20/11/2024 - 21/11/2024	<div style="background-color: #f4a460; padding: 5px; text-align: center;"><b>Programme détaillé</b></div> <p><b>Techniques d'hybridation</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>- Hybridation programmation linéaire / programmation par contraintes. Modélisation mixte, arbres de recherche communs, dialogues de schémas de branchement. Utilisation des coûts réduits.</li><li>- Hybridation programmation par contraintes / recherche locale. Description de voisinages sous forme de voisinages sous contraintes. Exploration de voisinages sous contraintes.</li></ul> <p><b>Techniques de décomposition</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>- Principe des méthodes de décomposition par les prix et les quantités. Types d'échanges d'information. Traitement d'exemples élémentaires.</li><li>- Lagrangien. Dualité. Définition et interprétation économique de la fonction duale. Saut de dualité. Cas convexe et non convexe.</li><li>- Décomposition par les prix : algorithmes de coordination et optimisation non différentiable.</li><li>- Méthode de Benders : principes et mise en œuvre.</li></ul> <p><b>Applications</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>- Optimisation conjointe d'actifs gaz et électriques : présentation, Benders et décomposition par les prix.</li><li>- Exemple d'hybridation de programmation par contraintes et de recherche locale : planification d'emplois du temps, affectation de fréquences.</li><li>- Décomposition et hybridation pour la planification de maintenance.</li></ul>
 <b>Durée</b> : 2 jours	
 <b>Prix inter</b> : 1 800 € HT/personne <b>Prix intra</b> : 9 000 € HT/ session	
 <b>Objectifs</b>  Maîtriser les principes des méthodes d'hybridation et de décomposition pour surmonter les problèmes difficiles et de grande taille.	
 <b>Public cible</b>  Ingénieurs, scientifiques et développeurs intéressés par la modélisation de problèmes de décision et la mise en œuvre d'algorithmes d'optimisation.	
 <b>Intervenants</b>  Des consultants d'Artelys experts en modélisation et résolution de problèmes d'optimisation industriels de grandes tailles dans les secteurs de l'énergie, du transport et de la logistique.	
 <b>Prérequis</b>  Programme des formations : <ul style="list-style-type: none"><li>- « Introduction à l'optimisation mathématique et programmation linéaire »</li><li>- « Optimisation combinatoire I : programmation linéaire en nombres entiers »</li><li>- « Optimisation combinatoire II : programmation par contraintes et recherche locale »</li></ul>	








# Optimisation non-linéaire

L'optimisation non-linéaire est au cœur de nombreux systèmes, dans des domaines variés tels que l'énergie, l'économie, la finance, l'apprentissage automatique ou encore le contrôle prédictif de modèles. Cette formation permettra aux participants de comprendre et pratiquer les bases et subtilités de l'optimisation non-linéaire et de modéliser et résoudre efficacement des problèmes.

 <b>Dates</b> : 2 sessions : 02/10/2024 - 03/10/2024 03/04/2024 - 04/04/2024	<div style="background-color: #e67e22; color: white; padding: 5px; text-align: center;"><b>Programme détaillé</b></div> <p><b>Programmation non-linéaire</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>- Introduction et présentation de la formation.</li><li>- Énoncé du problème et conditions d'optimalité.</li><li>- Méthode de Newton pour une optimisation sans contrainte. Techniques de globalisation.</li><li>- Méthodes du point intérieur et d'activation des contraintes pour l'optimisation avec contraintes.</li></ul> <p><b>Résolution de problèmes non-linéaires avec un langage de programmation – partie 1</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>- Présentation, modélisation et résolution d'un problème non-linéaire avec Artelys Knitro et Python™.</li><li>- Impacts des dérivées exactes versus des dérivées approchées. Méthodes de quasi-Newton.</li><li>- Utiliser Artelys Knitro avec une interface R/Matlab® : application au problème non-linéaire des moindres carrés.</li></ul> <p><b>Résolution de problèmes non-linéaires avec un langage de modélisation - partie 2</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>- Utilisation d'Artelys Knitro avec AMPL : syntaxe de modélisation, différenciation automatique et exemples.</li><li>- Bonnes pratiques en modélisation non-linéaire.</li><li>- Paramétrage avancé d'Artelys Knitro.</li><li>- Optimisation globale en utilisant le <i>multi-start</i> parallèle.</li></ul> <p><b>Résolution de modèles non-linéaires spécifiques</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>- Méthodes de programmation non-linéaire en nombres entiers mixtes. Exemple pratique.</li><li>- Programmation mathématique avec contraintes d'équilibre. Application à des problèmes d'économie et de théorie des jeux.</li></ul>
 <b>Durée</b> : 2 jours	
 <b>Prix inter</b> : 1 800 € HT/ personne <b>Prix intra</b> : 9 000 € HT/session	
 <b>Objectifs</b> <p>Cette formation vous fournira une introduction au sujet d'optimisation non-linéaire et vous enseignera comment appliquer les techniques de modélisation non-linéaire au secteur industriel.</p>	
 <b>Public cible</b> <p>Scientifiques et développeurs intéressés par la modélisation et la résolution de programmes non-linéaires.</p>	
 <b>Intervenants</b> <p>Consultants professionnels et développeurs de logiciels d'Artelys ayant des années d'expérience dans la résolution de problèmes d'optimisation non-linéaires à grande échelle.</p>	
 <b>Prérequis</b> <p>Connaissances de base en recherche opérationnelle et en programmation.</p>	








# Optimisation stochastique et programmation dynamique : application à la gestion de stock énergétique

Les décisions à prendre au cours du temps pour gérer des stocks ou des actifs financiers dépendent fortement les unes des autres. On recherche souvent un équilibre entre des gains immédiats et des espérances de gains futurs. Ce cours montre comment la programmation dynamique permet de modéliser ce type de problèmes dans leur globalité.

 <b>Dates</b> : 09/10/2024 - 10/10/2024	<div style="background-color: #e67e22; color: white; padding: 5px; text-align: center;"><b>Programme détaillé</b></div> <p><b>La programmation dynamique déterministe</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>- Introduction, présentation du cours.</li><li>- Programmation dynamique déterministe : principes. Equation de transition, état, valeurs de Bellman. Problèmes de plus court chemin. Traitement d'un exemple de gestion de démarrages d'unités de production. Problèmes de gestion de stocks.</li><li>- Valeurs de Bellman et variables duales. Interprétation économique des valeurs de Bellman. Application au cas de la gestion de stocks. Lien avec les variables duales.</li></ul> <p><b>La programmation dynamique stochastique</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>- Du déterministe au stochastique. Modélisation d'un problème d'optimisation stochastique dynamique. Contraintes de non-anticipativité. Programmation dynamique sur chroniques arborescentes. Application à la valorisation d'options.</li><li>- Programmation dynamique stochastique. Définition de l'état et structure des aléas. Exemples de modélisation. Interprétation économique des valeurs de Bellman. Valorisation de contrats à terme.</li></ul> <p><b>La programmation dynamique stochastique (suite)</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>- Gestion de stocks et programmation dynamique : quelques exemples. Modélisations et effets sur les fonctions de Bellman.</li><li>- Grands problèmes dynamiques. Limites de la programmation dynamique pour le traitement de problèmes de grande taille.</li><li>- Méthodes de décomposition : programmation dynamique duale, décomposition par scénarios, méthode des chroniques arborescentes.</li><li>- Traitements de grands problèmes dynamiques : application à la gestion annuelle de la production d'électricité. Modélisation de gestion dynamique de systèmes interconnectés dans le domaine de l'énergie. Résolution par décomposition. Résolution par programmation dynamique duale.</li><li>- Apprentissage par renforcement.</li><li>- Techniques d'échantillonnage et de généralisation.</li><li>- Schémas d'apprentissage et d'optimisation dynamique.</li></ul> <p><b>Synthèse de la formation</b></p>
 <b>Durée</b> : 2 jours	
 <b>Prix inter</b> : 1 800 € HT/personne <b>Prix intra</b> : 9 000 € HT/session	
 <b>Objectifs</b> Ce cours s'intéresse à la modélisation des problèmes d'optimisation stochastique et à leur traitement par des techniques de programmation dynamique ou des techniques dérivées de ces dernières.	
 <b>Public cible</b> Ceux qui souhaitent se familiariser avec l'optimisation stochastique à travers la programmation dynamique.	
 <b>Intervenants</b> Des consultants expérimentés d'Artelys qui ont une expérience approfondie de la résolution de problèmes industriels et de l'enseignement en universités et grandes écoles.	
 <b>Prérequis</b> Connaissances de base en optimisation.	








# Modèles de prévision avec R

En vente de biens ou de services, la prévision de la demande est un enjeu majeur pour la planification opérationnelle (de la production, des stocks, des équipes) et pour le dimensionnement des installations à long terme. Cette formation permet de prendre en main le logiciel R et présente l'utilisation qui peut en être faite dans le cadre métier de la prévision de la demande.








 <b>Dates</b> : 13/03/2024 - 14/03/2024	<b>Programme détaillé</b> <b>Prise en main du logiciel R</b> <ul style="list-style-type: none"><li>- Principales caractéristiques et avantages.</li><li>- Description de la syntaxe et des mots clefs les plus utiles.</li><li>- Bonnes pratiques de programmation en R.</li><li>- Installation du logiciel et de l'environnement de travail.</li></ul> <b>Eclairer les données et la problématique</b> <ul style="list-style-type: none"><li>- Prise en main des données en visualisant les chroniques.</li><li>- De la donnée brute à la donnée exploitable (méthodes de prétraitement des données).</li><li>- Identification des caractéristiques structurantes des données (indicateurs numériques et graphiques, saisonnalités, facteurs explicatifs).</li><li>- Définition de la problématique, des enjeux et des critères de qualité des prévisions.</li></ul> <b>Construire une modélisation pertinente de la demande</b> <ul style="list-style-type: none"><li>- Quels modèles envisager au vu des caractéristiques des données ? Présentation de plusieurs modèles classiques : modèles autorégressifs ((S)AR(I)MA(X), modèles linéaires.</li><li>- Mise en œuvre des différents modèles avec le logiciel R.</li><li>- Comment choisir un bon modèle : analyse de la qualité des résultats de prévision (performance d'ajustement, généralisation).</li></ul> <b>Pour aller plus loin</b> <ul style="list-style-type: none"><li>- D'autres types de modèles envisageables (modèles fréquentiels).</li><li>- Comment réaliser des graphiques pertinents (package ggplot).</li><li>- Pérenniser son travail sous R.</li></ul>
 <b>Durée</b> : 2 jours	
 <b>Prix inter</b> : 1 800 € HT/personne <b>Prix intra</b> : 9 000 € HT/session	
 <b>Objectifs</b> <ul style="list-style-type: none"><li>- <b>Monter en compétences sur le logiciel R</b>, de la prise en main jusqu'au déploiement de modules de prévision.</li><li>- <b>Acquérir une méthodologie éprouvée</b> d'analyse de données et de mise au point d'un modèle de prévision de la demande.</li><li>- <b>Se sensibiliser aux techniques statistiques pour la prévision</b> : connaître les principales gammes de modèles, leurs avantages et inconvénients, ainsi que le lien avec l'expertise métier.</li></ul>	
 <b>Public cible</b> <p>Cette formation s'adresse à des personnes amenées à travailler avec un ensemble de données (ex : <i>business analyst</i> ou <i>data scientist</i>) et qui souhaitent monter en compétence sur un outil leur permettant de faire des analyses poussées.</p>	
 <b>Intervenants</b> <p>Les intervenants sont des consultants Artelys ayant une solide connaissance des problématiques métiers liés à la gestion de la demande et une forte expérience du logiciel R.</p>	
 <b>Prérequis</b> <p>Connaissances de base en probabilités et statistiques.</p>	

# Programmer avec Python: Outils pour la Data Science

La Data Science est une discipline issue de la convergence des mathématiques, des statistiques et de l'informatique, qui permet d'exploiter au mieux l'information contenue dans les données. Le langage Python™ met à disposition du Data Scientist tous les outils nécessaires pour faire de la programmation scientifique. La formation met un accent particulier sur la qualité du code.



 <b>Dates :</b> 05/06/2024 - 06/06/2024 - 07/06/2024	<h2 style="background-color: #f4a460; padding: 5px;">Programme détaillé</h2> <h3>Programmation efficace avec Python</h3> <ul style="list-style-type: none"><li>- Présentation du langage, premier script en Python.</li><li>- Présentation des environnements de développement (Anaconda).</li><li>- Jupyter notebook : un environnement efficace pour la présentation et la reproductibilité de résultats scientifiques.</li></ul> <h3>Les bases de la programmation avec Python</h3> <ul style="list-style-type: none"><li>- Les structures de données de Python (listes, tuples, dictionnaires).</li><li>- Parcours et génération de listes (itertools, itérateurs, générateurs et les comprehension list).</li><li>- Les bonnes pratiques (utilisation des exceptions, vérification du typage, etc.).</li></ul> <h3>Organisation et amélioration du code</h3> <ul style="list-style-type: none"><li>- Commentaires et propreté (Docstring, Linters, Pep8, etc.).</li><li>- Modularité et réutilisabilité du code (import de fichiers, POO et polymorphisme).</li><li>- Algorithmes et complexité.</li></ul> <h3>Distribution, isolation et gestion de paquets</h3> <h4>Introduction à la programmation scientifique</h4> <ul style="list-style-type: none"><li>- Vocabulaire de la programmation scientifique et analyse statistique.</li><li>- Principaux algorithmes de machine learning (analyse supervisée, analyse non supervisée, classification et régression).</li><li>- Le stack scientifique : Numpy, Scipy, Scikit-learn, Pandas, Sympy, matplotlib.</li></ul> <h3>Statistiques descriptives et structures de données</h3> <ul style="list-style-type: none"><li>- Gestion de données avec pandas : import, <i>dataframes</i>, <i>slicing</i>, <i>mapping</i>, (lecture, formats, gestion de dates).</li><li>- Visualisation avec Matplotlib.</li></ul> <h3>Modélisation statistique avec Scikit-learn</h3> <ul style="list-style-type: none"><li>- Présentation, modélisation linéaire et prévision, classification avec Scikit-learn.</li></ul> <h3>Calcul scientifique avec Numpy</h3> <ul style="list-style-type: none"><li>- Présentation, structure de données, <i>indexing</i>, <i>slicing</i>, <i>iterating</i>.</li></ul> <h3>Calcul scientifique avec Scipy</h3> <ul style="list-style-type: none"><li>- Présentation, algèbre linéaire, application.</li></ul>
 <b>Durée :</b> 3 jours	
 <b>Prix inter :</b> 2 600 € HT/personne <b>Prix intra :</b> 13 000 € HT/session	
 <b>Objectifs</b> <ul style="list-style-type: none"><li>- <b>Comprendre</b> les problématiques de la programmation scientifique.</li><li>- <b>Enrichir</b> sa boîte à outils pour la Data Science.</li><li>- <b>Manipuler</b> les librairies Python™ permettant de faire de l'exploration de données et du calcul scientifique.</li><li>- <b>Produire</b> du code Python robuste et de qualité.</li></ul>	
 <b>Public cible</b> <ul style="list-style-type: none"><li>- Analystes, statisticiens</li><li>- Développeurs</li><li>- Data Scientists</li></ul>	
 <b>Intervenants</b> <p>Ingénieurs et Data Scientists d'Artelys travaillant régulièrement sur des projets informatiques internes et clients.</p>	
 <b>Prérequis</b> <ul style="list-style-type: none"><li>- Notions de base en programmation.</li><li>- Notions de base en analyse de données et en statistique.</li></ul>	

Les conteneurs ont révolutionné la façon de concevoir, de déployer et de gérer des applications. Le service est maintenant l'unité de mesure élémentaire d'une application en production.

 <b>Date</b> : 22/05/2024	<b>Programme détaillé</b>  <b>Docker</b> <ul style="list-style-type: none"><li>- Les grands principes.</li><li>- Mon premier Dockerfile.</li><li>- Introduction à Docker-compose et Docker swarm.</li><li>- Les conteneurs en tant que principes de services et mise en œuvre dans le cloud.</li><li>- Autres technologies de conteneurs : Introduction à WebAssembly.</li></ul> <b>Kubernetes</b> <ul style="list-style-type: none"><li>- Les grands principes.</li><li>- Ma première gestion de K8S.</li><li>- Introduction à la scalabilité et au service mesh.</li><li>- Principes de base de kubectl : comment contrôler mon cluster Kubernetes avec la ligne de commande.</li><li>- Aperçu rapide de Helm et de certains projets CNCF.</li></ul> <b>Serverless</b> <ul style="list-style-type: none"><li>- FaaS : grands principes, avantages et inconvénients.</li><li>- Développement d'une application FaaS de haute qualité.</li><li>- Technologies disponibles dans le cloud et comparaisons par langage.</li></ul>
 <b>Durée</b> : 1 jour	
 <b>Prix inter</b> : 1 000 € HT/personne <b>Prix intra</b> : 5 000 € HT/session	
 <b>Objectifs</b> <ul style="list-style-type: none"><li>- Comprendre les bases de Docker, Kubernetes et Serverless.</li><li>- Introduction aux différentes architectures avec les nouvelles technologies cloud.</li><li>- Utiliser la ligne de commande pour interagir avec les conteneurs et un cluster K8S.</li><li>- Des bases sur les conteneurs, la scalabilité et serverless.</li></ul>	
 <b>Public cible</b> <p>La formation s'adresse aux personnes intéressées par la virtualisation et les technologies cloud, ou à ceux qui souhaitent déployer et gérer efficacement les applications au sein d'architectures modernes.</p>	
 <b>Intervenants</b> <p>Les intervenants sont des consultants d'Artelys ayant une solide expérience dans le déploiement et la gestion de conteneurs Docker, de clusters Kubernetes proposés par différents fournisseurs, et d'applications Serverless en production.</p>	
 <b>Prérequis</b> <p>Il est préférable de connaître les bases de la ligne de commande Unix.</p>	










Les décisions techniques structurantes relatives au développement, à l'architecture et à l'intégration d'un logiciel impactent fortement et dans la durée les coûts, la qualité et les performances d'une solution logicielle. Les modules d'aide à la décision quantitative possèdent des spécificités, notamment par la présence de fonctionnalités calculatoires très gourmandes en ressources machines (RAM et temps CPU) et l'utilisation de données complexes et volumineuses qui nécessitent des compétences spécifiques et une application toute particulière.

 <b>Dates :</b> 06/11/2024 - 07/11/2024 - 08/11/2024	<h2 style="background-color: #e67e22; color: white; padding: 5px; text-align: center;">Programme détaillé</h2> <h3>Conception logicielle</h3> <ul style="list-style-type: none"><li>- Facteurs de qualité logicielle.</li><li>- Maintenance et maintenabilité du code.</li><li>- Tests unitaires et méthode Test Driven Development.</li></ul> <h3>Les Design Patterns</h3> <ul style="list-style-type: none"><li>- Présentation générale.</li><li>- Etude détaillée de patterns du Gang of Four.</li><li>- Les anti-patterns.</li></ul> <h3>Choix des structures de données</h3> <ul style="list-style-type: none"><li>- Introduction à la complexité.</li><li>- Structures de collections et d'associations de données.</li></ul> <h3>Introduction aux outils de développement</h3> <ul style="list-style-type: none"><li>- Gestionnaire de version, de revue de code, de qualité par l'exemple (Git, Gerrit, Sonar).</li><li>- Plateforme d'intégration continue (Jenkins).</li><li>- Intégrateur logiciel (Maven).</li><li>- Gestionnaire de projets (Redmine).</li><li>- Savoir utiliser son IDE.</li><li>- Outils annexes (Meld, unix/grep/, etc.).</li></ul> <h3>Concevoir une solution intégrée d'aide à la décision</h3> <ul style="list-style-type: none"><li>- Fondamentaux et enjeux.</li><li>- Choix technologiques.</li><li>- Notion de couplage faible et cohésion forte.</li></ul> <h3>Bases et technologies de l'architecture logicielle</h3> <ul style="list-style-type: none"><li>- Architecture (client-serveur, SOA, etc.), solutions SaaS, déport de calculs.</li><li>- Modalités d'échange de données et outils dédiés.</li><li>- Socle technique des solutions, conteneurs d'applications, hébergements.</li><li>- Interfacier un moteur de calcul en mode synchrone, asynchrone ou hybride.</li><li>- Réaliser un mode dégradé.</li></ul> <h3>Démarche pour mener de tels projets</h3> <ul style="list-style-type: none"><li>- Cycles en V, agilité, marche en spirale ou développement itératif.</li><li>- Solutions standards, exemples d'architectures et analyses critiques.</li></ul>
 <b>Durée :</b> 3 jours	
 <b>Prix inter :</b> 2 600 € HT/personne <b>Prix intra :</b> 13 000 € HT/session	
 <b>Objectifs</b> <ul style="list-style-type: none"><li>- <b>Comprendre les enjeux</b> et les difficultés inhérentes à la conception et l'intégration d'un logiciel dédié à de l'aide à la décision au travers d'exemples concrets.</li><li>- <b>Appréhender les technologies spécifiques</b> à ce besoin ainsi que son vocabulaire.</li></ul>	
 <b>Public cible</b> <ul style="list-style-type: none"><li>- Architectes, chefs de projets ou experts techniques souhaitant s'initier aux spécificités des solutions basées sur des fonctions calculatoires (optimisation, simulation, calibration statistique).</li><li>- Ingénieurs en aide à la décision souhaitant élargir leurs compétences en informatique et en intégration logicielle.</li><li>- Développeurs amenés à travailler sur des projets complexes de développement informatique.</li></ul>	
 <b>Intervenants</b> <p>Ingénieurs d'Artelys spécialistes de la mise en œuvre de solutions opérationnelles d'aide à la décision quantitative, experts en conception.</p>	
 <b>Prérequis</b> <p>Des compétences soit en architecture et conception logicielle, soit en optimisation et en aide à la décision, soit des connaissances de base en programmation et en langage Java.</p>	

# Calcul haute performance et parallélisation

La simulation de systèmes physiques complexes et la résolution de problèmes de grande taille requièrent des puissances de calcul bien supérieures à celles qui peuvent être obtenues avec un simple ordinateur de bureau. De plus, avec l'avènement du Big Data, l'exigence de performance computationnelle devient plus importante jour après jour.

Le HPC (ou High Performance Computing) devient donc un outil incontournable pour l'industrie et la recherche d'aujourd'hui et de demain. Une partie de la formation sera dévolue à un travail d'implémentation sur une infrastructure distribuée virtuelle.

 <b>Dates :</b> 12/06/2024 - 13/06/2024	<b>Programme détaillé</b>  <b>Présentation du Calcul Haute Performance</b> <ul style="list-style-type: none"><li>- Principaux enjeux et nécessité de la parallélisation.</li><li>- Exemples d'application.</li><li>- Les composants matériels et logiciels du calcul haute performance (processeurs, mémoire, applicatifs permettant la mise en œuvre de la parallélisation sur le matériel).</li><li>- Mesure de performance des calculs et techniques d'amélioration.</li><li>- Introduction aux indicateurs de performance du parallélisme.</li></ul> <b>Architecture des systèmes HPC</b> <ul style="list-style-type: none"><li>- Architecture à mémoire partagée.</li><li>- Architecture à mémoire distribuée.</li><li>- Architectures hybrides.</li></ul> <b>Systèmes de gestion d'architecture haute performance : Scheduling et Load-balancing avec un système de gestion d'infrastructure haute performance.</b> <ul style="list-style-type: none"><li>- Métriques de performance et monitoring.</li><li>- Présentation des principaux systèmes : SGE, SLURM, OpenPBS, Torque et Celery.</li><li>- Technologies scalables cloud : Container as a Service, K8S, et Knative, Azure et AWS Batch, Parallel Cluster – GCP Cloud HPC Toolkit – Azure CycleCloud.</li></ul> <b>Mise en œuvre d'un cluster HPC</b> <ul style="list-style-type: none"><li>- Mise en place d'un cluster local avec Docker.</li><li>- Lancement de premiers jobs.</li><li>- Installation d'aptainer.</li><li>- Construction d'images aptainer.</li><li>- Lancement de jobs conteneurisés.</li></ul>
 <b>Durée :</b> 2 jours	
 <b>Prix inter :</b> 1 800 € HT/personne <b>Prix intra :</b> 9 000 € HT/session	
 <b>Objectifs</b> <ul style="list-style-type: none"><li>- Présenter les principes fondamentaux et les bonnes pratiques du calcul HPC sur architectures distribuées.</li><li>- Comprendre les nouveaux enjeux du HPC dans le cloud.</li><li>- Mettre en pratique sur des exemples bien connus du monde scientifique et industriel.</li></ul>	
 <b>Public cible</b> <p>Cette formation s'adresse aux ingénieurs et chercheurs susceptibles de recourir au HPC et désirant acquérir une première expérience ou aux utilisateurs de clusters cherchant à se tenir à jour des dernières technologies.</p>	
 <b>Intervenants</b> <p>Ingénieurs en optimisation d'Artelys expérimentés dans l'utilisation de HPC.</p>	
 <b>Prérequis</b> <p>Connaissances de base en calcul scientifique, Python et systèmes informatiques.</p>	










## FORMATIONS EN SYSTEMES ENERGETIQUES

---








# Introduction à l'analyse technico-économique des systèmes et marchés électriques

La décarbonisation rapide du secteur électrique est une condition *sine qua non* de l'atteinte des objectifs climatiques ambitieux dont la plupart des États se sont dotés. Cette décarbonisation doit se faire simultanément à des efforts marqués d'efficacité énergétique et à l'augmentation de la demande électrique due à des usages tels que la mobilité électrique, le chauffage (pompes à chaleur notamment), l'électrolyse et la décarbonisation de certains procédés industriels.

Les techniques d'analyses quantitatives permettent l'analyse du rôle que peuvent jouer différentes options technologiques, des revenus que peuvent attendre les acteurs selon la structure des marchés, des risques auxquels sont soumis les développeurs de projets en raison des nombreuses incertitudes sur le prix des commodités, les stratégies des différents pays ou encore l'évolution de la demande.

 <b>Dates :</b> 06/03/2024 - 07/03/2024	<div style="background-color: #f47920; color: white; padding: 5px; text-align: center;"><b>Programme détaillé</b></div> <p><b>Présentation des enjeux de moyen et long terme</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>- Structure actuelle du système électrique européen</li><li>- Objectifs énergétiques et climatiques européens et impacts sur le secteur électrique (demande, flexibilité, production).</li></ul> <p><b>Identification et caractérisation des principales options de décarbonisation</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>- Électrification directe et indirecte (via hydrogène électrolytique et dérivés), solutions hybrides.</li><li>- Solutions de flexibilité (demande, batteries, réseau, etc.).</li><li>- Impacts en termes de besoins d'investissements et de résilience des systèmes.</li></ul> <p><b>Descriptions de la structure des marchés et de ses impacts opérationnels et stratégiques</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>- Marchés Pay-as-bid versus Pay-as-clear.</li><li>- Marchés électriques : du long-terme aux réserves en passant par le day-ahead et l'intraday.</li><li>- Marchés de capacités.</li><li>- Marchés de garanties d'origine et principe d'additionnalité.</li><li>- Impacts des marchés sur le fonctionnement opérationnel des systèmes électriques et sur les signaux prix d'investissement.</li></ul> <p><b>Fondamentaux de l'analyse technico-économique</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>- Classes de modèles.</li><li>- Modalités de prise en compte des aléas (météo, pannes, prix des combustibles, etc.).</li><li>- Méthodologie d'analyse coût-bénéfice, exemple sur le cas d'une interconnexion électrique : construction d'un parc adapté, analyses marginales.</li><li>- Mesure des impacts d'un projet d'investissement en termes de coûts opérationnels, surplus socio-économique, émissions de CO2, intégration des énergies renouvelables, et sécurité d'approvisionnement.</li><li>- Établissement et analyse d'une trajectoire de transition, analyses des synergies et interdépendances entre options technologiques.</li></ul>
 <b>Durée :</b> 2 jours	
 <b>Prix inter :</b> 1 800 € HT/pers. <b>Prix intra :</b> 9 000 € HT/session	
 <b>Objectifs</b> <ul style="list-style-type: none"><li>- Présenter les enjeux de décarbonisation</li><li>- Identifier et caractériser les principales options permettant la décarbonisation du système électrique et systèmes liés (mobilité, chaleur, hydrogène)</li><li>- Décrire de la structure des marchés européens et de leurs potentiels impacts opérationnels et stratégiques</li><li>- Introduire les fondamentaux de l'analyse technico-économique de ces enjeux</li></ul>	
 <b>Public cible</b> <p>Cette formation s'adresse aux étudiants, consultants et analystes en énergie désirant acquérir une vue d'ensemble des enjeux.</p>	
 <b>Intervenants</b> <p>Experts en économie des systèmes électriques.</p>	
 <b>Prérequis</b> <p>Aucun prérequis.</p>	

La transition énergétique entraîne de nombreux bouleversements pour le système électrique, avec l'émergence de nouvelles formes de production plus dépendantes de la météo et plus décentralisées sur le territoire, ou encore de nouvelles formes de consommation, plus flexibles, et satisfaisant de nouveaux usages comme le véhicule électrique. A l'interface entre la production et la consommation, les réseaux sont au cœur du système électrique, et leurs opérateurs innovent eux aussi sans cesse pour accompagner la transition énergétique.

 <b>Dates</b> : 27/03/2024 - 28/03/2024	<div style="background-color: #f4a460; padding: 5px; text-align: center;"><b>Programme détaillé</b></div> <p><b>Introduction à l'analyse des systèmes électriques</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Théorie de la transmission : puissance et énergie, courant continu, choix de la fréquence.</li> <li>- Régime alternatif : courant alternatif monophasé, représentation complexe, puissance en régime alternatif monophasé, circuits triphasés.</li> <li>- Normalisation Per Unit.</li> </ul> <p><b>Structure d'un réseau de production-transport-consommation d'électricité</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- La production, principe du <i>merit order</i>.</li> <li>- Utilisation de l'énergie électrique, caractérisation de la consommation.</li> <li>- Equilibre entre production et consommation, notion de parc optimal adapté.</li> <li>- Nécessité d'un réseau électrique et structuration.</li> </ul> <p><b>Contrôle du système énergétique</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Les bases du contrôle système.</li> <li>- Puissance active et contrôle de la fréquence : réglage primaire, secondaire et tertiaire.</li> <li>- Réglage de la tension et puissance réactive : régulateur de tension automatique, régleur en charge, injection de puissance réactive.</li> <li>- Transits de puissance.</li> </ul> <p><b>Interaction avec les marchés</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Modèle de marché <i>Energy Only</i> et algorithmes de <i>clearing</i>.</li> <li>- Structure des marchés d'électricité.</li> <li>- Marchés de réserve, interactions avec le réglage.</li> <li>- Couplage de marchés et coordination opérationnelle régionale de sécurité.</li> </ul> <p><b>Gestion des systèmes énergétiques</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Modèle en Pi d'une branche.</li> <li>- Power Flow : modélisation AC et DC.</li> <li>- Analyses de sensibilité, calcul des PTFD.</li> <li>- Optimal Power Flow.</li> </ul> <p><b>Sûreté du système</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Grands incidents en France et dans le monde, typologie des écroulements de réseaux.</li> <li>- Protection des réseaux : N-k, actions préventives et curatives, plan de défense.</li> </ul> <p><b>TP : Power Flow et analyse de sécurité en python avec PowSyBI</b></p>
 <b>Durée</b> : 2 jours	
 <b>Prix inter</b> : 1 800 € HT/personne <b>Prix intra</b> : 9 000 € HT/session	
 <b>Objectifs</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Introduire les fondements de l'exploitation d'un système électrique.</li> <li>- Décrire l'organisation retenue en Europe pour exploiter, contrôler et assurer la sûreté du système.</li> <li>- Décrire de la structure des marchés européens et de leurs potentiels impacts opérationnels et stratégiques.</li> </ul>	
 <b>Public cible</b> <p>Cette formation s'adresse aux étudiants, consultants et analystes en énergie désirant acquérir une compréhension du fonctionnement des réseaux de transport d'électricité.</p>	
 <b>Intervenants</b> <p>Experts en génie électrique.</p>	
 <b>Prérequis</b> <p>Connaissances de base en physique, mathématiques et programmation Python.</p>	

En plus de sa formation introductive, Artelys propose des **formations sur-mesure avancées en optimisation technico-économique des systèmes énergétiques** basées sur l'expérience internationale de ses consultants en énergie.

- ✓ Un programme de formation adapté à votre contexte et fidèle au cahier des charges
- ✓ Possibilité d'intervenir spécifiquement lors de conférences et de séminaires

Pour programmer une formation sur-mesure sur l'un des thèmes suivants, contactez-nous via [formation@artelys.com](mailto:formation@artelys.com).

## Economie des systèmes énergétiques

Le secteur électrique européen connaît depuis plusieurs années des changements profonds et radicaux : ralentissement de la consommation, croissance de la pointe électrique, baisse spectaculaire du coût des moyens de production renouvelable, objectifs d'émissions de CO<sub>2</sub> toujours plus ambitieux, etc. Nous vous proposons une formation sur-mesure qui traitera de ces bouleversements en cours dans le secteur de l'énergie et présentera les pistes proposées par l'Europe pour y répondre : réforme des mécanismes de soutien aux énergies renouvelables, intégration des marchés (*day ahead*, capacité, quotas CO<sub>2</sub>) au niveau européen et renforcement des interconnexions entre les pays membres.

## Organisation des marchés de l'électricité en Europe

Les marchés de l'électricité répondent à des besoins correspondant à des horizons de temps bien spécifiques : veille pour le lendemain pour le marché *Day Ahead*, jour même pour l'*Intraday*, temps réel pour le *Balancing* et long terme pour le marché de capacité. Nous vous proposons une formation permettant d'avoir un panorama de ces différents marchés et de comprendre leur utilité pour le système électrique. En particulier, la façon dont ils sont organisés en Europe (en présentant notamment le cas du couplage de marchés) et dans quelle voie ils sont amenés à évoluer sous l'impulsion de la Commission Européenne (en raison du *Winter Package* en particulier) seront présentées en détail. Des travaux pratiques seront réalisés afin d'illustrer les descriptions économique et juridique, en étudiant notamment quelle peut être la valorisation attendue par un producteur sur chacun des marchés en France.



## Transition énergétique et *Smart Grids*

La transition énergétique va transformer la façon dont est opéré le système électrique. La situation historique, de flux transitant depuis les grands groupes de production jusqu'aux utilisateurs finaux, va être profondément bouleversée sous l'impulsion de la production décentralisée et des nouveaux usages de consommation (véhicules électriques, effacements, etc.).

Nous vous proposons une formation qui rappelle dans un premier temps l'organisation historique du système énergétique : marchés de l'énergie, fonctionnement du réseau de transport et de distribution, principes du réglage de la fréquence et de la tension. Une seconde partie serait ensuite consacrée aux défis futurs du réseau électrique intelligent (*Smart Grid*), en insistant en particulier sur le cas de l'autoconsommation et les enjeux locaux du pilotage des flexibilités.

## Gestion des risques et systèmes énergétiques

Les thèmes abordés sont consacrés aux questions de prévision et de risques spécifiques au secteur de l'énergie, ainsi que les méthodes les plus adaptées pour les traiter. Cette formation permet d'introduire les concepts généraux de gestion du risque (*Value-at-Risk*, *Stress-Testing*) et de les appliquer au cas particulier des systèmes énergétiques, en rappelant notamment certains outils de couverture de risque (contrats long-terme, options). Elle permet aussi de détailler les différents aspects d'une modélisation stochastique rigoureuse et des approches méthodologiques qui facilitent l'estimation et la réduction du risque en environnement incertain. Des exemples concrets issus de problématiques réelles rencontrées par les praticiens du monde de l'énergie faciliteront la compréhension et l'assimilation des concepts présentés.

## Optimisation opérationnelle des systèmes énergétiques

Cette formation présente le fonctionnement du marché de l'énergie et détaille les différents horizons de temps pris en compte par les énergéticiens dans la planification de leur parc de production (jour pour le lendemain, année prochaine, 10 à 15 ans à venir). Les méthodes d'optimisation associées, ainsi que les grands aléas à prendre en compte - demande électrique, prix des combustibles, météo, politiques énergétiques - seront clairement explicités et illustrés par des cas d'application.



## FORMATIONS SUR LES LOGICIELS

---

Artelys propose des **formations sur-mesure** sur les **composants numériques, les plateformes et outils d'optimisation mathématique** que ses consultants utilisent au quotidien pour résoudre des problématiques complexes.

- ✓ Un programme de formation adapté à votre contexte et fidèle au cahier des charges
- ✓ Possibilité d'intervenir spécifiquement lors de conférences et de séminaires

Pour programmer une formation sur-mesure sur l'un des outils ou composants numériques suivants, contactez-nous via [formation@artelys.com](mailto:formation@artelys.com).



## 1 LES COMPOSANTS NUMERIQUES

### Artelys Knitro

Artelys Knitro est un composant numérique qui implémente des techniques de pointe pour l'optimisation non-linéaire. Ses quatre algorithmes et ses nombreuses options lui permettent d'offrir d'excellentes performances et une grande robustesse pour la résolution de problèmes d'optimisation variés. Nous vous proposons une formation sur-mesure qui vous permettra d'apprendre à résoudre des problèmes d'optimisation non-linéaire, comme l'optimisation de portefeuille, l'écoulement de puissance optimal dans les réseaux, la commande prédictive non-linéaire, ou encore les modèles d'équilibre de Nash. Pour résoudre ces problèmes très difficiles, des centaines d'institutions dans le monde ont choisi Artelys Knitro, faisant confiance à son efficacité et sa robustesse.

### Artelys Kalis

Artelys Kalis est une plateforme de modélisation et de résolution de problèmes combinatoires de grande taille par des techniques hybrides de programmation par contraintes et programmation mathématique. Nous vous proposons une formation sur-mesure qui vous présentera les principes de la programmation par contraintes et l'implémentation rapide et efficace de problèmes combinatoires de diverses natures : ordonnancement, emplois du temps, allocation de ressources, configuration d'équipements ou de réseaux.

### FICO® Xpress Optimization Suite

FICO® Xpress Optimization Suite propose une gamme complète d'outils de modélisation et d'optimisation numérique. Ces solutions peuvent être rapidement intégrées dans des applications métier afin d'apporter des éléments de décision à des problématiques complexes. Voici quelques exemples de formations sur-mesure que nous pouvons proposer :

- Dans le domaine logistique, où ces solutions sont utilisées pour l'établissement de schémas directeurs logistiques, mais aussi pour la planification du transport et l'établissement de plans de production optimisés.
- Dans le domaine de la planification de personnels (secteur aérien, médical, transports en commun etc.) et l'optimisation dans le secteur de la distribution.
- La définition d'une stratégie d'investissement sur un réseau de télécommunication ou d'électricité, pour établir un plan de production à moyen terme.

## AMPL

AMPL est un langage de modélisation algébrique complet et puissant pour la résolution de problèmes linéaires et non linéaires, aux variables discrètes ou continues. Nous proposons des formations sur-mesure vous permettant d'apprendre à utiliser des notations génériques et les concepts familiers pour formuler des problèmes d'optimisation et pour en examiner les solutions possibles. La flexibilité et la facilité d'utilisation d'AMPL rendent le prototypage et le développement de modèles très rapides, tandis que sa vitesse et le contrôle des options en font un outil efficace pour une utilisation répétée en production.

## 2 LES PLATEFORMES

### FICO Xpress Insight

FICO® Xpress Insight permet aux entreprises de déployer rapidement tout modèle analytique avancé sous forme d'applications puissantes. Xpress Insight permet aux entreprises de travailler dans un environnement collaboratif avec des visualisations interactives adaptées aux besoins de l'entreprise. Cela permet aux utilisateurs de travailler avec des modèles faciles à comprendre mettant l'accent sur l'impact des décisions sur le problème métier. Ils peuvent partager les résultats avec leurs pairs et collaborer pour prendre des décisions optimisées en effectuant des analyses de scénarios hypothétiques et en comparant l'impact de différentes stratégies.

## 3 LA SUITE CRYSTAL

### Artelys Crystal City

Aujourd'hui utilisé pour l'élaboration des Schémas Directeurs Energie des [métropoles de Lyon, Grenoble, Lille, Poitiers, Metz, Tours, Orléans, Toulouse](#) et d'autres, Artelys Crystal City fournit un support complet aux collectivités territoriales pour évaluer, optimiser, suivre et communiquer leur plan de développement multi-énergie local. À l'heure de la transition énergétique, les décideurs locaux se trouvent confrontés à de nouveaux enjeux de planification territoriale où la dimension énergétique est un facteur clé dans la prise de décision. Nous proposons des formations sur-mesure s'appuyant sur l'outil Artelys Crystal City permettant de traiter les problématiques de gestion des consommations en énergie, de réduction des émissions de CO<sub>2</sub>, de développement coordonné des réseaux de distribution et de valorisation du potentiel de production renouvelable local.

### Artelys Crystal Super Grid

Dans un grand nombre de pays, le contexte énergétique est en rapide et profonde mutation : le développement des énergies renouvelables, des interconnexions, du stockage d'énergies ou encore des moyens de pilotage de la demande sont autant de sources de complexité et d'incertitude. Qu'ils soient régulateurs, équipementiers, fonctionnaires, gestionnaires de réseaux ou de moyens de production, les acteurs du secteur sont amenés à opérer des choix stratégiques intégrant ces changements. Nous proposons une formation sur-mesure s'appuyant sur l'outil Artelys Crystal Super Grid qui fournit les éléments quantitatifs permettant d'évaluer les coûts et bénéfices de la stratégie énergétique et de l'optimiser.



# Artelys

SOLUTIONS EN OPTIMISATION

*Informations et inscriptions*

Tel : +33 1 44 77 89 00

[formation@artelys.com](mailto:formation@artelys.com)

81 rue Saint-Lazare

75009 Paris