

A partner of excellence for oil and gas professional development

**IFP** *Training*

2015

Moteurs-Lubrifiants  
Catalogue de formation

[www.ifptraining.com](http://www.ifptraining.com)





Depuis près de 40 ans, IFP Training accompagne ses clients des industries du pétrole et du gaz, de la pétrochimie et des moteurs, en développant et maintenant les compétences professionnelles de leur personnel au meilleur niveau international.

Ainsi, chaque année, 15 000 professionnels issus de 80 pays participent à l'une des 1300 sessions de formation organisées en interentreprises ou élaborées sur mesure pour le compte d'un de nos clients industriels.

Nos 100 formateurs permanents et 600 formateurs associés, issus dans leur grande majorité du monde industriel, portent un soin particulier à la pertinence des objectifs pédagogiques, à l'adaptation des contenus aux enjeux de l'industrie, à la qualité pédagogique et à l'interactivité de nos sessions de formation.

Notre offre complète, de l'amont à l'aval pétrolier et aux moteurs, pour des publics variés (techniciens, ingénieurs, managers) permet d'apporter une réponse à la plupart des besoins rencontrés dans l'industrie.

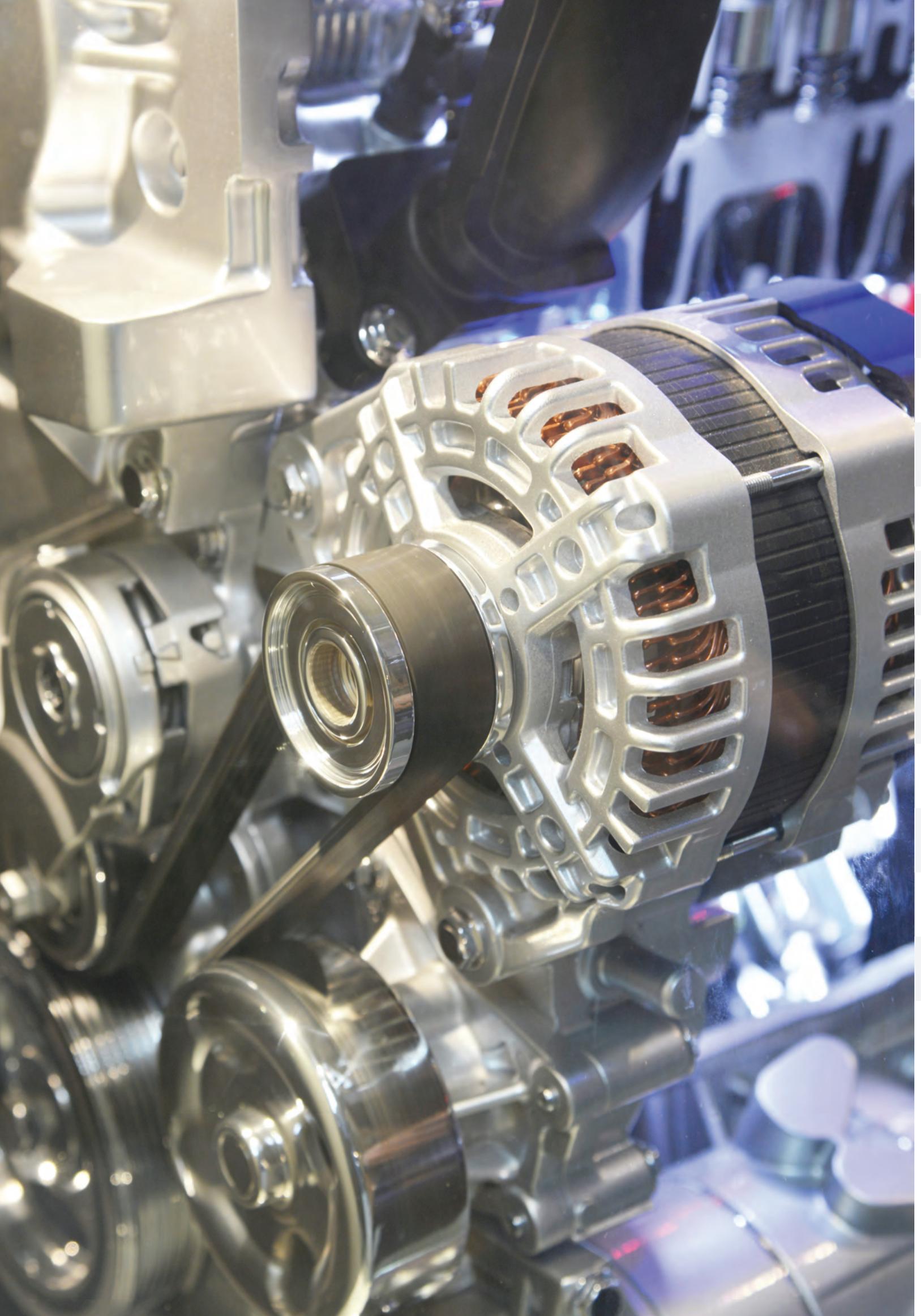
Pour faciliter le choix des professionnels intéressés par nos stages interentreprises, nous avons cette année introduit des indicateurs de niveau (découverte, fondamentaux, perfectionnement, expertise) ainsi que des exemples de parcours permettant de développer progressivement des compétences dans différents métiers.

Ce catalogue présente notre offre interentreprises dans le domaine Moteurs-Lubrifiants et donne un aperçu des stages que nous organisons très régulièrement en intra-entreprise.

Nous serons très heureux de vous accueillir dans nos sessions publiques ou d'élaborer des formations sur mesure. N'hésitez pas à nous solliciter et merci de votre confiance.

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Jean-Luc KARNIK'. The signature is stylized with a long horizontal line extending to the right.

**Jean-Luc KARNIK**  
Président Directeur Général



# Sommaire

IFP Training	6
Vos interlocuteurs	14
Guide d'utilisation	15
Liste des stages	16
Calendrier des sessions	20
Cursus des formations	24
Sommaire des domaines techniques	29
Index des mots-clés	136
Comment s'inscrire - Contacts	138
Conditions générales de ventes	140
Bulletin d'inscription	143

# IFP Training

L'expertise technique alliée au savoir-faire pédagogique

## ▣ Notre mission

IFP Training accompagne les industries du pétrole et du gaz, de la pétrochimie et des moteurs, en apportant des solutions uniques de formation pour professionnaliser leurs personnels. IFP Training contribue ainsi à améliorer leurs performances et la sécurité des opérations.

## ▣ Notre histoire

IFP Training a été créée en 1975 par IFP Energies nouvelles et IFP School pour répondre aux besoins de formation des professionnels du pétrole, du gaz, de la chimie et des moteurs.

IFP Energies nouvelles (IFPEN) est un acteur public de la recherche et de la formation. Son champ d'action est international et couvre les domaines de l'énergie, du transport et de l'environnement. De la recherche à l'industrie, l'innovation technologique est au cœur de son action. IFPEN concentre ses efforts sur l'apport de solutions aux défis sociétaux de l'énergie et du climat, en favorisant l'émergence d'un mix énergétique durable.

IFP School propose depuis plus de 90 ans des formations complémentaires de 3ème cycle à de jeunes ingénieurs pour les préparer à leurs futurs métiers dans l'industrie. La qualité de ses enseignements, l'importance et la diversité de ses partenariats universitaires et industriels, en font un acteur international de premier plan. Chaque année, elle délivre plus de 600 diplômes à des étudiants issus du monde entier et les prépare à relever le défi des énergies du futur.



## ▸ Notre ambition

Bâtir avec vous un partenariat à long terme pour développer vos compétences industrielles



Nous vous écoutons. Nous concevons la meilleure solution.  
Nous mettons en œuvre une pédagogie efficace

- Apprenez par la pratique grâce à nos programmes de formation originaux et appliqués.
- Trouvez la formation adaptée dans notre gamme complète couvrant l'ensemble de la chaîne pétrolière.
- Choisissez des stages courts pour renforcer les compétences.
- Développez l'expertise métier grâce aux programmes longs, multidisciplinaires et professionnalisants.
- Demandez-nous une formation sur-mesure pour vos opérateurs, techniciens, ingénieurs et cadres.
- Mettez votre usine dans la salle de formation grâce à notre dispositif de formation et de certification adossé à des simulateurs conçus à cet effet.
- Vivez des formations actives intégrant études de cas, simulations, ateliers et formations sur site.
- Apprenez par l'expérience en appliquant le savoir-faire industriel transmis par nos formateurs.



### Notre expérience

**1 300** sessions par an  
**550** formations en catalogue  
**100** formateurs permanents et un réseau de **600** intervenants  
**1 200** clients  
**15 000** participants par an issus de **80** pays

**EXPLORATION  
PRODUCTION**



**GÉOSCIENCES ET INGÉNIERIE  
DE RÉSERVOIR**

Géologie pétrolière  
Géophysique et sismique  
Diagraphies et Pétrophysique  
Géologie et géophysique de  
réservoir  
Ingénierie de réservoir

**FORAGE, PUIITS**

Forage et complétion  
Fluides  
Puits  
Prévention des éruptions

**EXPLOITATION**

Ingénierie des procédés  
(huiles, gaz et eau)  
Certification Opérateur  
(Brevet d'Opérateur)  
Opérations (huile et gaz)  
Sécurité, Hygiène,  
Environnement  
Équipements  
Intégrité : maintenance et  
inspection

**PROJETS ET LOGISTIQUE**

Ingénierie de développement  
Construction  
Projets  
Logistique

**FORMATIONS GÉNÉRALISTES  
ET TRANSVERSES**

Management technique de  
l'Exploration-Production  
Études conceptuelles  
Management des réservoirs  
Capture et stockage du CO<sub>2</sub>

**RAFFINAGE  
CHIMIE**



**PRODUITS, PROCÉDÉS,  
GÉNIE CHIMIQUE**

Formations généralistes et  
transverses  
Procédés - Génie chimique  
Analyses - Produits -  
Mouvements - Stockage

**MATÉRIELS, ÉQUIPEMENTS,  
MAINTENANCE, INSPECTION**

Matériels - Matériaux -  
Corrosion - Inspection  
Énergie-Matériels thermiques  
Machines tournantes  
Maintenance et travaux

**OPÉRATION,  
INSTRUMENTATION,  
RÉGULATION**

Certification Opérateur  
(Brevet d'Opérateur)  
Formations des techniciens  
Instrumentation et contrôle  
des procédés  
Simulateurs d'exploitation

**SÉCURITÉ, HYGIÈNE,  
ENVIRONNEMENT**

Management SHE  
Sécurité dans les opérations  
et travaux  
Hygiène et environnement

**ÉTUDES DE CONSTRUCTION -  
PROJETS**

Ingénierie de construction  
Spécialités techniques  
Management de projets

**MOTEURS  
LUBRIFIANTS**



**CONCEPTION DES MOTEURS**

Évolution des moteurs  
Moteurs essence  
Moteurs Diesel  
Propulsion hybride  
Transmission  
Dessin de la base moteur  
Procédés de réalisation  
Acoustique et vibrations  
Fiabilité

**FONCTIONNEMENT  
DES MOTEURS**

Combustion essence  
Combustion Diesel  
Remplissage en air  
Suralimentation  
Émission de polluants  
Post-traitement des gaz  
d'échappement  
Mesures au banc  
Contrôle moteur

**LUBRIFICATION**

Physico-chimie des  
lubrifiants  
Théorie de la lubrification  
Lubrification des moteurs  
Lubrification des machines  
industrielles

**MANAGEMENTS DES PROJETS  
MOTEURS**

Gestion d'un projet moteur  
Lean management  
Ingénierie systèmes  
Partenariats  
Sûreté de fonctionnement

**MOTEURS POUR  
L'AÉRONAUTIQUE**

Moteurs alternatifs  
Moteurs à flux continu  
Hybridation

**ÉCONOMIE  
MANAGEMENT**



**ÉCONOMIE DE L'ÉNERGIE**

Chaîne pétrolière  
Chaîne gazière  
Gaz naturel liquéfié  
Systèmes électriques

**ÉCONOMIE DE L'AMONT**

Économie et management de  
l'amont pétrolier  
Contrats et fiscalité en  
Exploration-Production  
Analyse économique  
des projets Exploration-  
Production

**ÉCONOMIE DE L'AVAL**

Économie et management de  
l'aval pétrolier  
Économie du raffinage  
Économie de la pétrochimie  
Marketing des produits  
pétroliers

**TRADING ET TRANSPORT**

Marchés pétroliers et gaziers  
Shipping  
Contrats d'achat de pétrole  
et de gaz  
Trading et gestion des  
risques

**GESTION ET FINANCE**

Management financier  
Modélisation économique  
des investissements  
Comptabilité pétrolière  
Audit

## IFP Training, une présence internationale

Nous accompagnons nos clients partout dans le monde, en développant et maintenant les compétences professionnelles de leurs personnels au meilleur niveau de l'industrie



### ⓪ 5 CENTRES DE FORMATION EN FRANCE

*Rueil-Malmaison, Lillebonne, Lyon-Solaize, Martigues, Pau*

### ⓪ UNE FILIALE EN FRANCE

*RSI*

### ⓪ UNE FILIALE À BAHREÏN

*IFP Training & Consulting Middle-East*

### ⓪ UNE FILIALE AUX ÉTATS-UNIS

*RSI Simcon Inc., Houston*

### ⓪ UN RÉSIDENT AU NIGÉRIA

## Des solutions pour développer vos compétences

IFP Training accompagne tous les professionnels de l'industrie, opérateurs, techniciens, ingénieurs, cadres et dirigeants, à tous les stades de leur carrière

- > Information et intégration professionnelle
- > Formations initiales "métiers"
- > Perfectionnement technique en cours de carrière
- > Évolution professionnelle



### ⊙ STAGES INTRA-ENTREPRISE

- > Tous les stages de nos catalogues peuvent être organisés où vous le souhaitez et adaptés à vos besoins.
- > IFP Training est reconnue pour son savoir-faire dans l'ingénierie de formations longues, multidisciplinaires, spécifiques et professionnalisantes conçues à partir d'une analyse approfondie des besoins opérationnels du client et articulées pour développer les expertises techniques recherchées.

### ⊙ STAGES INTERENTREPRISES

Parmi les 550 formations proposées dans nos catalogues, 400 font l'objet de sessions publiques programmées.

### ⊙ FORMATIONS DIPLÔMANTES AVEC IFP SCHOOL

- > Programmes de Master réalisés à l'étranger
- > Formations professionnalisantes sanctionnées par un Graduate diploma

### ⊙ FORMATIONS CERTIFIANTES

- > Certification Opérateur (Brevet Opérateur)
- > Certifications « Prévention des Éruptions » (IWCF)
- > Certification des Superintendants Production
- > Formation de Techniciens de Maintenance
- > Certification Jointage

### ⊙ FORMATIONS À DISTANCE

- > Blended Learning
- > Cours par correspondance

### ⊕ FORMATIONS EN ALTERNANCE

IFP Training possède une expérience approfondie de la pratique de l'apprentissage et de l'alternance entre formation sur le poste et formation en salle :

- › Opérateurs
- › Techniciens de maintenance, d'études, de laboratoire

### ⊕ FORMATIONS POUR DES PROJETS NOUVEAUX

- › Formation initiale "métier"
- › Perfectionnement technique spécialisé
- › Formation spécifique à la conduite de nouvelles installations, sur des simulateurs dynamiques

### ⊕ CONFÉRENCES INTERNATIONALES

En collaboration avec Petrostrategies, deux conférences annuelles réunissent à Paris les dirigeants du monde pétrolier et gazier :

- › International Oil Summit
- › International Gas & Electricity Summit

### ⊕ CONSEIL ET INGÉNIERIE DE FORMATION

- › Assistance au recrutement
- › Évaluation des compétences
- › Audit de systèmes de formation
- › Développement de plans de formation
- › Ingénierie pédagogique
- › Création et gestion de centres de formation
- › Rédaction de manuels de formation

### ⊕ BLENDED LEARNING

- › Méthode de formation à distance associant autoformation, travail collaboratif et intervention d'un tuteur
- › Un tutorat interactif, un suivi individuel personnalisé et une évaluation continue des acquis des participants



## Simulateur et Formation

Solution globale haut-de-gamme conçue pour répondre aux nouveaux défis de la formation professionnelle

IFP TRAINING ET SA FILIALE RSI UNISSENT LEURS COMPÉTENCES ET LEURS TALENTS POUR AMÉLIORER LA PERFORMANCE DES ÉQUIPES D'OPÉRATION.



35 ans d'expérience dans les services de la formation Pétrole et Gaz

*(plus de 1300 sessions par an)*



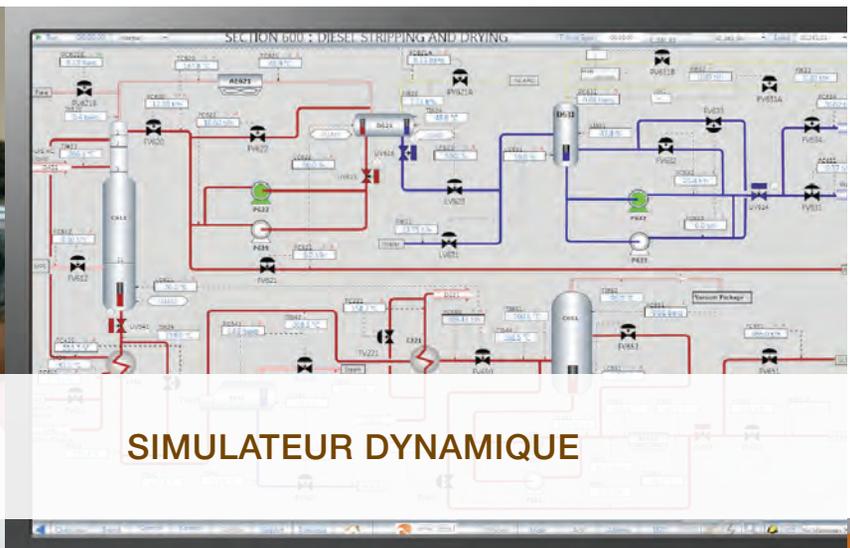
40 ans d'expérience dans le développement de simulateurs dynamiques de procédés

*(plus de 2000 modèles livrés)*

*Votre Usine dans la Salle de Formation !*



**FORMATION OPÉRATEURS**



**SIMULATEUR DYNAMIQUE**

*Une offre unique, destinée aux métiers du Pétrole, du Gaz et de la Chimie*

## ☛ Nos centres de formation en France...



### Rueil-Malmaison

(siège social)

232, av. Napoléon Bonaparte  
92852 Rueil-Malmaison Cedex  
GPS: 48.8771, 2.1726

### Normandie

Immeuble Futura 1 Rue A. Desgenetais  
76170 Lillebonne  
GPS: 49.522027, 0.5306

### Lyon-Solaize

Rond-point de l'Échangeur de Solaize – BP3  
69360 Solaize  
GPS: 45.6431, 4.8274

### Pau

Rue Paul et Henri Courteault  
64000 Pau  
GPS: 43.3096, 0.3602

### Étang de Berre

Le Bateau Blanc – Bât. C Chemin de Paradis  
13500 Martigues  
GPS: 43.4066, 5.0459

## ...équipés de moyens pédagogiques performants

### ☉ SIMULATEURS DYNAMIQUES DE PROCÉDÉS

- > Équipements
- > Unités process

### ☉ BANCS DE MANIPULATION

- > Instrumentation Régulation
- > Mécanique

### ☉ SIMULATEUR DE FORAGE / ATELIERS POUR FORMATIONS PRATIQUES À L'EXPLOITATION ET À LA MAINTENANCE



# Vos interlocuteurs

## Direction Moteurs - Lubrifiants

---

### **DIRECTION**

Directeur : **Marc BONNIN**

Tel. + 33 (0)1 41 39 12 08

marc.bonnin@ifptraining.com

**Guillermo BALLESTEROS**

Tel. + 33 (0)1 41 39 12 03

guillermo.ballesteros@ifptraining.com

**Laurent CRESTOIS**

Tel. + 33 (0)1 41 39 12 07

laurent.crestois@ifptraining.com

**Claude NUNEZ**

Tel. + 33 (0)1 41 39 12 04

claudenunez@ifptraining.com

## Autres directions

---

### **EXPLORATION - PRODUCTION**

Directeur : **Fouzia BAÏRI**

Tel. + 33 (0)1 41 39 11 74

fouzia.bairi@ifptraining.com

### **RAFFINAGE - CHIMIE**

Directeur : **Bertrand MOUCHEL**

Tel. + 33 (0)1 41 39 11 05

bertrand.mouchel@ifptraining.com

### **ÉCONOMIE - MANAGEMENT**

Directeur : **Sylvie SAULNIER**

Tel. + 33 (0)1 41 39 10 84

sylvie.saulnier@ifptraining.com

## Direction Générale

---

**Jean-Luc KARNIK**

Président Directeur Général

**Loïc du RUSQUEC**

Directeur Développement

loic.durusquec@ifptraining.com

**Karim FAÏD**

Directeur Marketing

karim.faid@ifptraining.com

## Filiales et Représentations

---

### **FRANCE**

**RSI**

**Philippe VACHER**

Président Directeur Général

philippe.vacher@simulationrsi.net

### **ÉTATS-UNIS**

**RSI Simcon Inc.**

**Georges HOSTACHE**

Chief Executive Officer

Mob. + 1 832 448 5900

georges.hostache@rsisimcon.com

### **NIGÉRIA**

**Francis FUSIER**

francis.fusier@ifptraining.com

### **BAHREÏN**

**IFP Training & Consulting Middle-East**

**Hervé CHAUVIN**

Directeur

Mob. +973 3 998 5909

herve.chauvin@ifptraining.com

### **BAHREÏN**

**Mohamed SKHIRI**

Responsable Moyen-Orient

Raffinage-Chimie

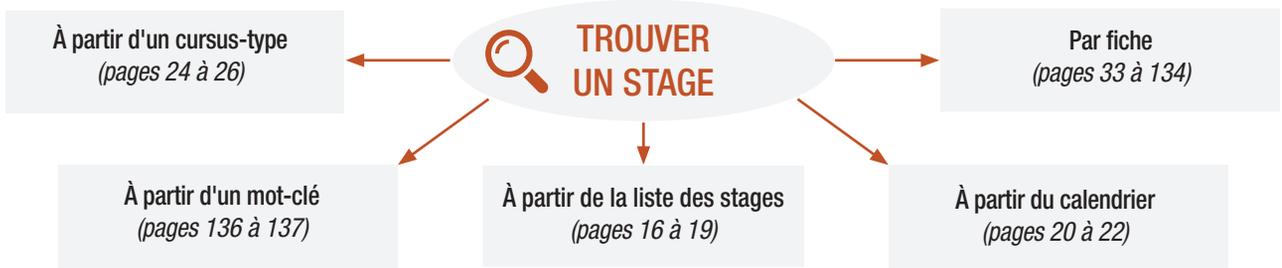
Mob. +973 3 232 8804

mohamed.skhiri@ifptraining.com

Tél. + 33 (0)1 41 39 12 12

[contact@ifptraining.com](mailto:contact@ifptraining.com)

# Guide d'utilisation



## La fiche de stage

**Titre du stage** → Moteurs hybrides de l'aéronautique

**Niveau** → Niveau : Fondamentaux

**But du stage** → Informer les participants sur des nouvelles voies basées sur l'électrification vers lesquelles le monde aéronautique s'oriente pour assurer la propulsion ou la production d'énergie auxiliaire des aéronefs.

**Public visé** → Ingénieurs, cadres et techniciens désireux élargir leurs connaissances concernant des alternatives dans les systèmes de propulsion électriques et hybrides de l'aéronautique et dans le domaine de l'électrification des moteurs thermiques aéronautiques.

**Objectifs pour les participants** → Connaître le contexte général de l'hybridation actuelle, les différentes formes d'hybridations possibles en aéronautique. Connaître les principes fondamentaux et le cahier des charges des systèmes propulsifs hybrides et électriques développés pour l'aéronautique. Comprendre les choix d'architecture électriques et hybrides. Connaître les phases de vie des moteurs électriques et hybrides et les limites de fonctionnement des moteurs électriques et hybrides, des batteries et de l'électronique de puissance. Comprendre et connaître les besoins en certification de ces nouvelles technologies.

**Le cas échéant, prérequis (niveau, ordre de suivi des stages...)** → La formation d'introduction à l'aéronautique et à l'aéronautique est conseillée pour les personnes étrangères au monde de l'aéronautique ou débutant dans ce secteur.

**Les + pédagogiques** → Fondamentalement interactive, appuyée sur des données techniques réelles élaborées par les principaux domaines techniques des moteurs électriques et hybrides en aéronautique.

**Responsable** → Responsable : Guillermo Ballesteros

**Nouveau stage** → NEW

**Formation diplômante ou certifiante** → Formation diplômante ou certifiante

**Durée du stage** → 4 Jours

**Programme détaillé du stage** →

PROGRAMME	
<b>La propulsion électrique et hybride en aéronautique</b>	1
<b>Systèmes embarqués de stockage de l'énergie</b>	0,5 J
<b>Électronique de puissance</b>	0,5 J
<b>Moteurs électriques</b>	0,5 J
<b>Principes et lois de commande</b>	0,25 J
<b>Contrôle des propulseurs hybrides et gestion de l'énergie</b>	0,5 J
<b>Gestion thermique</b>	0,25 J
<b>Production d'énergie électrique et auxiliaire (APE)</b>	0,25 J
<b>Électrification des moteurs aéronautiques</b>	0,25 J

**Dates, lieux, prix, modalités d'inscription** →

LANGUE	DATES	LEU	PRELIM	CONTACT INSCRIPTION
FR	17 - 20 Nov	Reuil	1 990 €	ML et.mart@iptraining.com

## Pour s'inscrire

Voir page 138

# Liste des stages

	Page	Durée en jours	Dates	Lieu	Frais d'inscription (€ H.T.)	Langue	Référence
<b>Évolution des moteurs</b>							
Découverte du moteur d'automobile	33	1	Peut être adapté à vos besoins spécifiques et organisé dans le lieu de votre choix			FR	MOT / DECMOT
Introduction aux moteurs	34	3	24 - 26 Mars 08 - 10 Septembre	Rueil Rueil	1 490 € 1 490 €	FR FR	MOT / INTMOT MOT / INTMOT
Introduction aux véhicules à propulsion hybride et électrique	35	1	Peut être adapté à vos besoins spécifiques et organisé dans le lieu de votre choix			FR	MOT / INTHY
Module 1 : Aspects fondamentaux et méthodes expérimentales	36	3	07 - 09 Avril 06 - 08 Octobre	Rueil Rueil	1 560 € 1 560 €	FR FR	MOT / MOT1 MOT / MOT1
Module 2 : Moteurs à allumage commandé	37	3	18 - 20 Mai 02 - 04 Novembre	Rueil Rueil	1 560 € 1 560 €	FR FR	MOT / MOT2 MOT / MOT2
Module 2+ : Moteurs à allumage commandé - Approfondissement et simulations	38	5	18 - 22 Mai 02 - 06 Novembre	Rueil Rueil	2 390 € 2 390 €	FR FR	MOT / MOT2S MOT / MOT2S
Module 3 : Moteurs Diesel	39	3	09 - 11 Juin 17 - 19 Novembre	Rueil Rueil	1 560 € 1 560 €	FR FR	MOT / MOT3 MOT / MOT3
Module 3+ : Motoristes Diesel	40	5	15 - 19 Juin 02 - 06 Novembre 07 - 11 Décembre	Rueil Rueil Rueil	2 190 € 2 190 € 2 190 €	FR FR FR	MOT / MDIES MOT / MDIES MOT / MDIES
Évolutions techniques des moteurs d'automobiles	41	3	15 - 17 Septembre	Rueil	1 560 €	FR	MOT / ETMA
Moteurs et transmissions de véhicules industriels	42	3	22 - 24 Septembre	Rueil	1 750 €	FR	MOT / MIND
Moteurs à gaz	43	3	26 - 28 Mai	Rueil	1 750 €	FR	MOT / MGAZ
Les moteurs 2 Temps	44	2	Peut être adapté à vos besoins spécifiques et organisé dans le lieu de votre choix			FR	MOT / M2T
Les gros moteurs marins et stationnaires	45	2	Peut être adapté à vos besoins spécifiques et organisé dans le lieu de votre choix			FR	MOT / MARST
Groupes motopropulseurs hybrides et électriques	46	4	01 - 04 Septembre	Lyon	1 990 €	FR	MOT / GMPH
Groupes motopropulseurs hybrides et électriques - Modélisations, simulations, mesures et analyses	47	5	01 - 05 Juin 23 - 27 Novembre	Rueil Rueil	2 490 € 2 490 €	FR FR	MOT / GMPHS MOT / GMPHS
Conception, modélisation et simulation d'entraînements électriques de traction automobile	48	5	15 - 19 Juin	Rueil	2 590 €	FR	MOT / MOTELECS
Carburants automobiles actuels et futurs	49	3	06 - 08 Octobre	Rueil	1 670 €	FR	APD / CARBAUT
Impact des propriétés des nouveaux carburants sur le fonctionnement des moteurs et turbines	50	3	04 - 06 Mai	Rueil	1 750 €	FR	MOT / BIOMOT
Transmissions	51	3	13 - 15 Octobre	Rueil	1 750 €	FR	MOT / TRANSM
Évolution technique des moteurs	52	2	Peut être adapté à vos besoins spécifiques et organisé dans le lieu de votre choix			FR	MOT / EVOLMOT
Physique de fonctionnement des moteurs	53	14	Peut être adapté à vos besoins spécifiques et organisé dans le lieu de votre choix			FR	MOT / PHYM
Formation ingénieur motoriste	54	60	Peut être adapté à vos besoins spécifiques et organisé dans le lieu de votre choix			FR	MOT / INGMOT

Les frais d'inscription couvrent les frais pédagogiques ainsi que les repas de midi et les pauses (31 € par jour et par participant en 2015)

# Liste des stages

	Page	Durée en jours	Dates	Lieu	Frais d'inscription (€ H.T.)	Langue	Référence
<b>Conception de la base moteur</b>							
Conception moteur	59	4	09 - 12 Juin	Rueil	1 990 €	FR	MOT / COMOT
Fiabilité moteur	60	3	04 - 06 Mai	Rueil	1 750 €	FR	MOT / FIMOT
Refroidissement et environnement des moteurs	61	3	18 - 20 Mai	Rueil	1 750 €	FR	MOT / REFEM
Vibro-acoustique des moteurs	62	3	29 Septembre - 01 Octobre	Rueil	1 750 €	FR	MOT / ACMOT
Conception des pièces moteur	63	3	Peut être adapté à vos besoins spécifiques et organisé dans le lieu de votre choix			FR	MOT / COPIM

<b>Alimentation en air, combustion et dépollution</b>							
Nouveaux systèmes de combustion dans les moteurs à allumage commandé	67	3	23 - 25 Juin	Rueil	1 750 €	FR	MOT / COMBE
Combustion dans les moteurs Diesel	68	3	02 - 04 Juin	Rueil	1 750 €	FR	MOT / COMBD
Remplissage et suralimentation	69	3	13 - 15 Avril	Rueil	1 750 €	FR	MOT / REMP
Remplissage et suralimentation - Modélisation, simulation et analyse 	70	5	13 - 17 Avril	Rueil	2 490 €	FR	MOT / REMPS
Post-traitement des gaz d'échappement	71	3	16 - 18 Juin	Rueil	1 890 €	FR	MOT / PTGE
Mesures et mise au point moteur	72	3	20 - 22 Avril	Rueil	1 750 €	FR	MOT / MBM
Mesures, essais et analyses - Mise au point moteur 	73	5	20 - 24 Avril	Rueil	2 490 €	FR	MOT / MBMS
Performances moteurs Diesel - Niveau 1	74	2	Peut être adapté à vos besoins spécifiques et organisé dans le lieu de votre choix			FR	MOT / PMD1
Performances moteurs Diesel - Niveau 2	75	5	Peut être adapté à vos besoins spécifiques et organisé dans le lieu de votre choix			FR	MOT / PMD2

<b>Contrôle moteur</b>							
Module 4 : Introduction au contrôle moteur	79	3	09 - 11 Juin	Rueil	1 560 €	FR	MOT / ICM
Contrôle moteur : développement des lois de commande et calibrations	80	5	05 - 09 Octobre	Rueil	2 490 €	FR	MOT / LOICOM
Mise au point et calibration des moteurs 	81	5	28 Septembre - 02 Octobre	Rueil	2 490 €	FR	MOT / MAPCAL
Contrôle moteur essence	82	3	01 - 03 Décembre	Rueil	1 890 €	FR	MOT / CME
Contrôle moteur Diesel	83	3	08 - 10 Septembre	Rueil	1 890 €	FR	MOT / CMD
Introduction au contrôle moteur : approche pratique par la modélisation et la simulation 	84	9	Peut être adapté à vos besoins spécifiques et organisé dans le lieu de votre choix			FR	MOT / CMCS
Formation contrôle moteur	85	30	Peut être adapté à vos besoins spécifiques et organisé dans le lieu de votre choix			FR	MOT / CTRLM

Les frais d'inscription couvrent les frais pédagogiques ainsi que les repas de midi et les pauses (31 € par jour et par participant en 2015)

# Liste des stages

	Page	Durée en jours	Dates	Lieu	Frais d'inscription (€ H.T.)	Langue	Référence
<b>Physico-chimie des lubrifiants et théorie de la lubrification</b>							
Introduction à la lubrification	89	3	Peut être adapté à vos besoins spécifiques et organisé dans le lieu de votre choix			FR	LUB / INTLUB
Lubrification et lubrifiants	90	5	16 - 20 Mars 23 - 27 Novembre	Rueil Rueil	2 190 € 2 190 €	FR FR	LUB / LUBLUB LUB / LUBLUB

<b>Lubrification automobile et des moteurs industriels</b>							
Lubrification des moteurs d'automobiles	95	3	29 Septembre - 01 Octobre	Rueil	1 750 €	FR	LUB / LUBMA
Lubrification et technologie des transmissions automobiles	96	3	Peut être adapté à vos besoins spécifiques et organisé dans le lieu de votre choix			FR	LUB / LUBTA
Graisses lubrifiantes - Applications industrielles et automobiles	97	3	13 - 15 Octobre	Rueil	1 750 €	FR	LUB / LUBGR

<b>Lubrification industrielle</b>							
Lubrification et technologie des matériels industriels	101	5	13 - 17 Avril	Rueil	2 490 €	FR	LUB / LUBEI
Lubrification du travail des métaux et machines-outils	102	3	Peut être adapté à vos besoins spécifiques et organisé dans le lieu de votre choix			FR	LUB / LUBTMX

<b>Gestion des projets moteurs</b>							
Gérer un développement GMP avec un partenaire chinois	107	2	29 - 30 Juin	Rueil	1 450 €	FR	MOT / SINGMP
Gestion d'un projet moteur	108	3	23 - 25 Juin	Rueil	1 750 €	FR	MOT / MGTP
Lean Management et Lean Engineering 	109	3	01 - 03 Décembre	Rueil	1 750 €	FR	MOT / LMGT
Ingénierie des systèmes 	110	3	15 - 17 Décembre	Rueil	1 750 €	FR	MOT / INSYST
Sûreté de fonctionnement système et GMP 	111	5	21 - 25 Septembre	Rueil	2 390 €	FR	MOT / SDFGMP

Les frais d'inscription couvrent les frais pédagogiques ainsi que les repas de midi et les pauses (31 € par jour et par participant en 2015)

# Liste des stages

	Page	Durée en jours	Dates	Lieu	Frais d'inscription (€ H.T.)	Langue	Référence
<b>Moteurs dans l'aéronautique</b>							
Introduction à l'aéronautique et à l'astronautique 	115	5	25 - 29 Mai	Rueil	2 390 €	FR	MOT / INTAERO
Moteurs à flux continus de l'aéronautique 	116	4	02 - 05 Juin	Rueil	1 990 €	FR	MOT / MFCAERO
Moteurs à piston de l'aéronautique 	117	4	15 - 18 Septembre	Rueil	1 990 €	FR	MOT / MPAERO
Moteurs hybrides de l'aéronautique 	118	4	17 - 20 Novembre	Rueil	1 990 €	FR	MOT / HYAERO

<b>Prestations des véhicules</b>							
Optimisation énergétique des groupes motopropulseurs 	123	5	12 - 16 Octobre	Rueil	2 390 €	FR	MOT / OPTIEN
Consommation des véhicules 	124	3	07 - 09 Avril	Rueil	1 750 €	FR	MOT / PRESTAC
Performances et Brio des véhicules 	125	3	08 - 10 Septembre	Rueil	1 750 €	FR	MOT / PRESTAP
Émission des véhicules 	126	3	13 - 15 Octobre	Rueil	1 750 €	FR	MOT / PRESTAE
Agrément des véhicules 	127	3	24 - 26 Novembre	Rueil	1 750 €	FR	MOT / PRESTAA

<b>Modélisation et simulation des groupes motopropulseurs</b>							
Introduction à la modélisation et la simulation des GMP et du contrôle 	131	5	25 - 29 Mai	Rueil	2 390 €	FR	MOT / MSGMP
Modélisation 0D des GMP 	132	5	07 - 11 Septembre	Rueil	2 490 €	FR	MOT / MS0D
Modélisation 1D des GMP 	133	5	21 - 25 Septembre	Rueil	2 490 €	FR	MOT / MS1D
Modélisation 3D des GMP 	134	5	02 - 06 Novembre	Rueil	2 490 €	FR	MOT / MS3D

Les frais d'inscription couvrent les frais pédagogiques ainsi que les repas de midi et les pauses (31 € par jour et par participant en 2015)

# Calendrier des sessions

Page	Intitulé du stage	Lieu	Durée	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre
<b>ÉVOLUTION DES MOTEURS</b>															
34	Introduction aux moteurs	Rueil	3 j			24 ▶ 26						08 ▶ 10			
36	Module 1 : Aspects fondamentaux et méthodes expérimentales	Rueil	3 j				07 ▶ 09						06 ▶ 08		
37	Module 2 : Moteurs à allumage commandé	Rueil	3 j					18 ▶ 20						02 ▶ 04	
 38	Module 2* : Moteurs à allumage commandé - Approfondissement et simulations 	Rueil	5 j					18 ▶ 22						02 ▶ 06	
39	Module 3 : Moteurs Diesel	Rueil	3 j						09 ▶ 11					17 ▶ 19	
40	Module 3* : Motoristes Diesel	Rueil	5 j						15 ▶ 19					02 ▶ 06	07 ▶ 11
41	Évolutions techniques des moteurs d'automobiles	Rueil	3 j									15 ▶ 17			
42	Moteurs et transmissions de véhicules industriels	Rueil	3 j									22 ▶ 24			
 43	Moteurs à gaz 	Rueil	3 j					26 ▶ 28							
46	Groupes motopropulseurs hybrides et électriques	Lyon	4 j									01 ▶ 04			
 47	Groupes motopropulseurs hybrides et électriques - Modélisations, simulations, mesures et analyses 	Rueil	5 j						01 ▶ 05					23 ▶ 27	
 48	Conception, modélisation et simulation d'entraînements électriques de traction automobile 	Rueil	5 j						15 ▶ 19						
49	Carburants automobiles actuels et futurs	Rueil	3 j										06 ▶ 08		
50	Impact des propriétés des nouveaux carburants sur le fonctionnement des moteurs et turbines	Rueil	3 j					04 ▶ 06							
51	Transmissions	Rueil	3 j										13 ▶ 15		
<b>CONCEPTION DE LA BASE MOTEUR</b>															
59	Conception moteur	Rueil	4 j						09 ▶ 12						
60	Fiabilité moteur	Rueil	3 j					04 ▶ 06							
61	Refroidissement et environnement des moteurs	Rueil	3 j					18 ▶ 20							
62	Vibro-acoustique des moteurs	Rueil	3 j									29	▶ 01		
<b>ALIMENTATION EN AIR, COMBUSTION ET DÉPOLLUTION</b>															
67	Nouveaux systèmes de combustion dans les moteurs à allumage commandé	Rueil	3 j						23 ▶ 25						
68	Combustion dans les moteurs Diesel	Rueil	3 j						02 ▶ 04						
69	Remplissage et suralimentation	Rueil	3 j				13 ▶ 15								
 70	Remplissage et suralimentation - Modélisation, simulation et analyse 	Rueil	5 j				13 ▶ 17								
71	Post-traitement des gaz d'échappement	Rueil	3 j						16 ▶ 18						
72	Mesures et mise au point moteur	Rueil	3 j				20 ▶ 22								
 73	Mesures, essais et analyses - Mise au point moteur 	Rueil	5 j				20 ▶ 24								

 Nouveau stage

 Également proposé en anglais

# Calendrier des sessions

Page	Intitulé du stage	Lieu	Durée	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre
<b>CONTRÔLE MOTEUR</b>															
79	Module 4 : Introduction au contrôle moteur	Rueil	3 j						09 ▶ 11						
80	Contrôle moteur : développement des lois de commande et calibrations	Rueil	5 j									05 ▶ 09			
81	Mise au point et calibration des moteurs	Rueil	5 j								28	▶ 02			
82	Contrôle moteur essence	Rueil	3 j												01 ▶ 03
83	Contrôle moteur Diesel	Rueil	3 j								08 ▶ 10				
<b>PHYSICO-CHIMIE DES LUBRIFIANTS ET THÉORIE DE LA LUBRIFICATION</b>															
90	Lubrification et lubrifiants	Rueil	5 j			16 ▶ 20								23 ▶ 27	
<b>LUBRIFICATION AUTOMOBILE ET DES MOTEURS INDUSTRIELS</b>															
95	Lubrification des moteurs d'automobiles	Rueil	3 j								29	▶ 01			
97	Graisses lubrifiantes - Applications industrielles et automobiles	Rueil	3 j									13 ▶ 15			
<b>LUBRIFICATION INDUSTRIELLE</b>															
101	Lubrification et technologie des matériels industriels	Rueil	5 j				13 ▶ 17								
<b>GESTION DES PROJETS MOTEURS</b>															
107	Gérer un développement GMP avec un partenaire chinois	Rueil	2 j						29 ▶ 30						
108	Gestion d'un projet moteur	Rueil	3 j						23 ▶ 25						
109	Lean Management et Lean Engineering	Rueil	3 j												01 ▶ 03
110	Ingénierie des systèmes	Rueil	3 j												15 ▶ 17
111	Sûreté de fonctionnement système et GMP	Rueil	5 j								21 ▶ 25				
<b>MOTEURS DANS L'AÉRONAUTIQUE</b>															
115	Introduction à l'aéronautique et à l'astronautique	Rueil	5 j					25 ▶ 29							
116	Moteurs à flux continus de l'aéronautique	Rueil	4 j						02 ▶ 05						
117	Moteurs à piston de l'aéronautique	Rueil	4 j								15 ▶ 18				
118	Moteurs hybrides de l'aéronautique	Rueil	4 j											17 ▶ 20	

 Nouveau stage

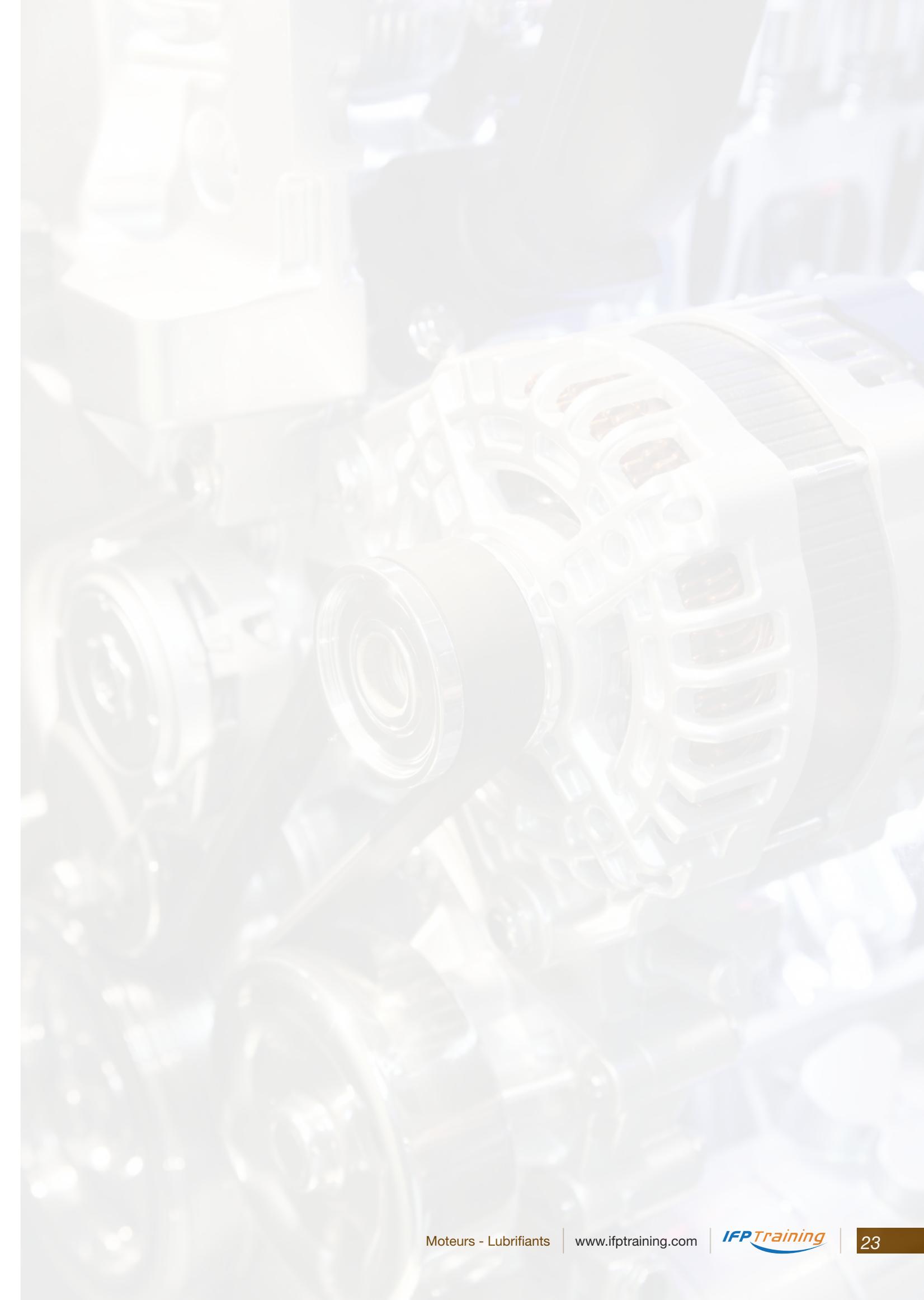
 Également proposé en anglais

# Calendrier des sessions

Page	Intitulé du stage	Lieu	Durée	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre
<b>PRESTATIONS DES VÉHICULES</b>															
	123	Optimisation énergétique des groupes motopropulseurs	⚑	Rueil	5 j								12 ▶ 16		
	124	Consommation des véhicules	⚑	Rueil	3 j			07 ▶ 09							
	125	Performances et Brio des véhicules	⚑	Rueil	3 j							08 ▶ 10			
	126	Émission des véhicules	⚑	Rueil	3 j								13 ▶ 15		
	127	Agrément des véhicules	⚑	Rueil	3 j									24 ▶ 26	
<b>MODÉLISATION ET SIMULATION DES GROUPES MOTOPROPULSEURS</b>															
	131	Introduction à la modélisation et la simulation des GMP et du contrôle	⚑	Rueil	5 j				25 ▶ 29						
	132	Modélisation 0D des GMP	⚑	Rueil	5 j							07 ▶ 11			
	133	Modélisation 1D des GMP	⚑	Rueil	5 j							21 ▶ 25			
	134	Modélisation 3D des GMP	⚑	Rueil	5 j									02 ▶ 06	

 Nouveau stage

 Également proposé en anglais



# Cursus des formations

## Ingénieur / Technicien de Conception

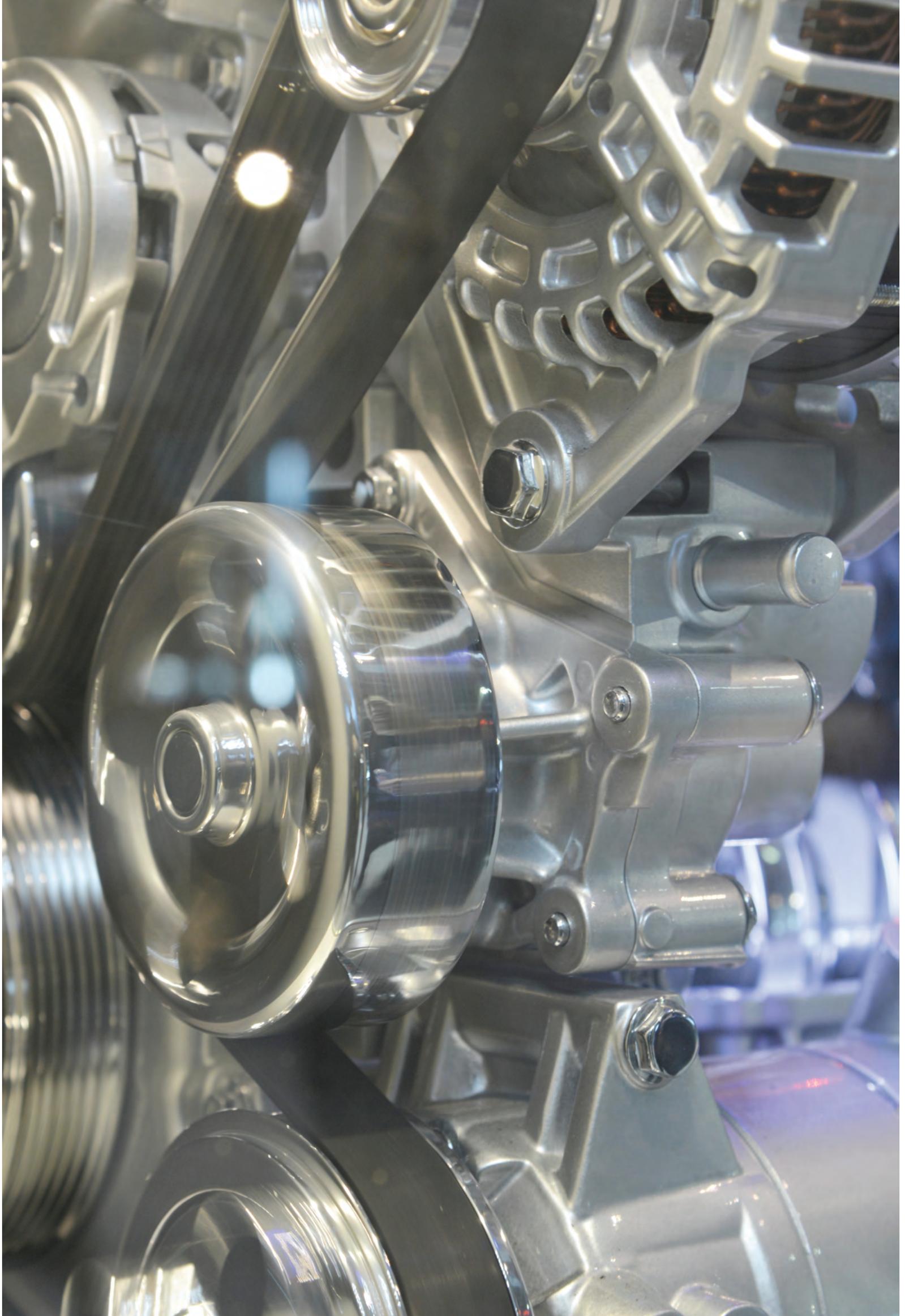
		CONCEPTION	Pages
INITIATION	Moteurs	Introduction aux moteurs	34
		Introduction aux véhicules à propulsion hybride et électrique	35
FORMATION DE BASE	Moteurs à pistons alternatifs	Module 1 : Aspects fondamentaux et méthodes expérimentales	36
		Module 2 : Moteurs à allumage commandé	37, 38
		Au choix : - Module 3 : Moteurs Diesel (3 jours)	39
		- Module 3+ : Motoristes Diesel (5 jours)	40
		Module 4 : Introduction au contrôle moteur	79
	Évolution des moteurs et des carburants	Évolutions techniques des moteurs d'automobiles	41
		Groupes motopropulseurs hybrides et électrique	46, 47
		Carburants automobiles actuels et futurs	49
		Biocarburants et autres carburants alternatifs	50
	SPÉCIALISATION	Conception de la base moteur	Conception moteur
Fiabilité moteur			60
Conception des pièces moteur			63
Refroidissement et environnement moteurs			61
Acoustique et vibrations			62

# Cursus des formations Ingénieur / Technicien d'Essais et de Développement

ESSAIS-DÉVELOPPEMENT			Pages	
INITIATION	Moteurs	Introduction aux moteurs	34	
		Introduction aux véhicules à propulsion hybride et électrique	35	
FORMATION DE BASE	Moteurs à pistons alternatifs	Module 1 : Aspects fondamentaux et méthodes expérimentales	36	
		Module 2 : Moteurs à allumage commandé	37, 38	
		Au choix : - Module 3 : Moteurs Diesel (3 jours) - Module 3+ : Motoristes Diesel (5 jours)	39 40	
		Module 4 : Introduction au contrôle moteur	79	
	Évolution des moteurs et des carburants	Évolutions techniques des moteurs d'automobiles	41	
		Groupes motopropulseurs hybrides et électrique	46, 47	
		Carburants automobiles actuels et futurs	49	
		Biocarburants et autres carburants alternatifs	50	
	SPÉCIALISATION	Alimentation en air, combustion et dépollution	Nouveaux développements de la combustion dans les moteurs à allumage commandé	67
			Nouveaux développements de la combustion dans les moteurs Diesel	68
Remplissage et suralimentation			69, 70	
Post-traitement des gaz d'échappement			71	
Mesures et mise au point moteur			72, 73	
Prestation des véhicules		Optimisation énergétique des GMP	123	
Contrôle Moteurs		Contrôle moteur : loi de commande et calibration	80	
		Contrôle moteur essence	82	
		Contrôle moteur Diesel	83	
		Simulation du fonctionnement d'un véhicule hybride électrique	46	

# Cursus des formations Ingénieur / Technicien Lubrification Automobile et Industrielle

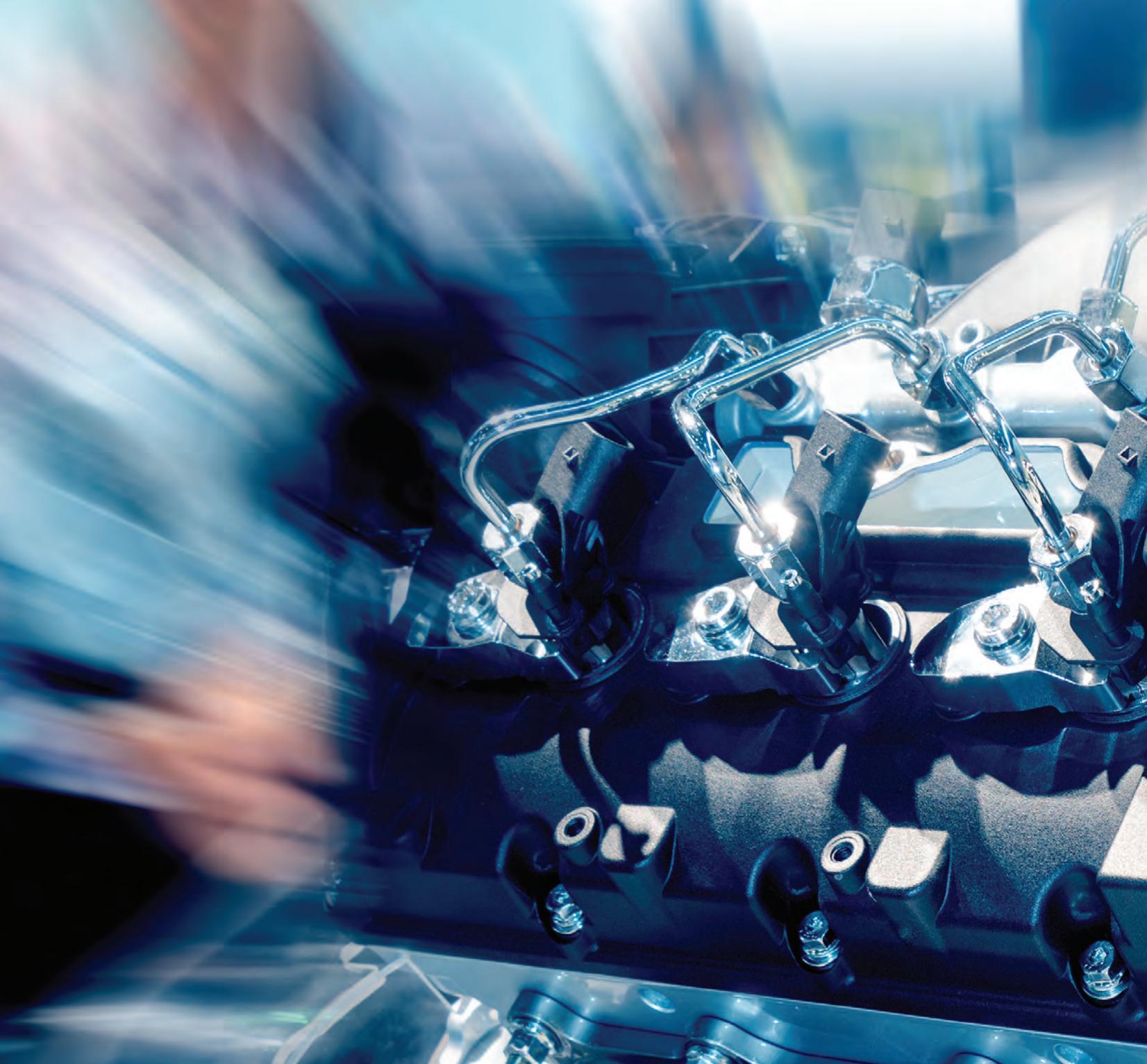
		LUBRIFICATION AUTOMOBILE		LUBRIFICATION INDUSTRIELLE	
			Page		Page
INITIATION	Lubrifiants et Lubrification	Introduction à la lubrification	89	Introduction à la lubrification	89
		Introduction aux moteurs	34		
FORMATION DE BASE		Lubrification et lubrifiants	90	Lubrification et lubrifiants	90
	SPÉCIALISATION	Applications des lubrifiants et technologies	Lubrification des moteurs d'automobiles	95	Lubrification et technologie des matériels industriels
Lubrification et technologie des transmissions automobiles			96	Lubrification du travail des métaux et machines-outils	102
					Graisses lubrifiantes - Applications industrielles et automobiles





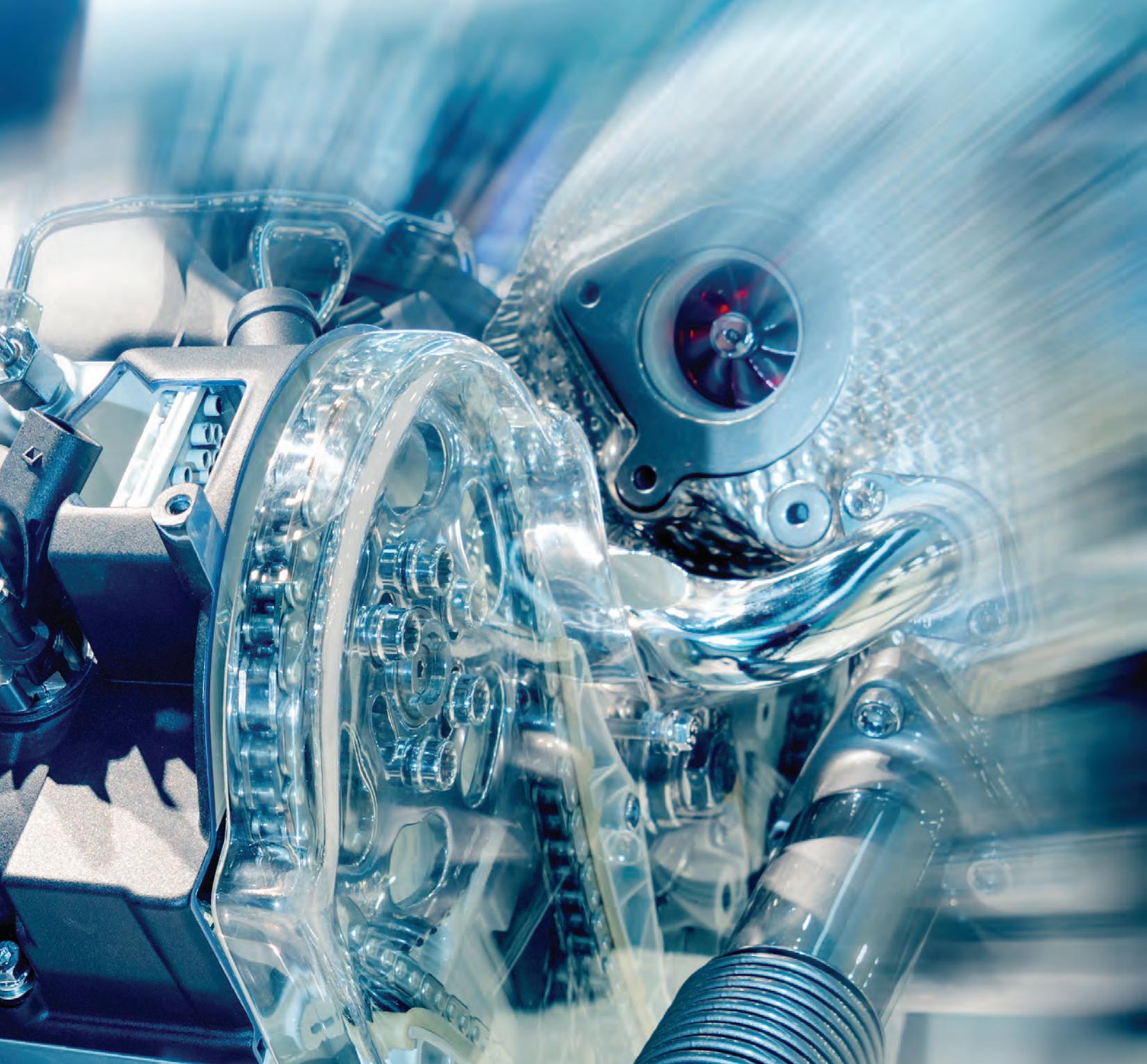
# Sommaire des domaines techniques

Évolution des moteurs	33-54
Conception de la base moteur	59-63
Alimentation en air, combustion et dépollution	67-75
Contrôle moteur	79-85
Physico-chimie des lubrifiants et théorie de la lubrification	89-90
Lubrification automobile et des moteurs industriels	95-97
Lubrification industrielle	101-102
Gestion des projets moteurs	107-111
Moteurs dans l'aéronautique	115-118
Prestations des véhicules	123-127
Modélisation et simulation des groupes motopropulseurs	131-134



# Évolution des moteurs





*p. 33 à 54*



# Découverte du moteur d'automobile

1 Jour

Niveau : **Découverte**

## FINALITÉ

Faire découvrir le moteur et son fonctionnement à des personnes n'ayant pas eu de formation technique.

## PUBLIC

Toute personne n'ayant pas de formation technique et désirant avoir une information sur le fonctionnement des moteurs d'automobiles.

## OBJECTIFS

- Identifier et situer les principales pièces d'un moteur.
- Expliquer la fonction de ces pièces.
- Expliquer les différentes étapes de transformation de l'énergie contenue dans le carburant afin de faire avancer un véhicule.
- Déterminer les différences entre le moteur à essence et le Diesel.

## LES + PÉDAGOGIQUES

- Démontage d'un moteur automobile.
- Présentation de pièces.
- Activités pédagogiques pour faire comprendre la physique.



**Responsable** : Laurent Crestois

## PROGRAMME

### Le moteur : comment ça marche ?

Historique et architecture des moteurs thermiques à pistons.

Minimum de théorie relatif au système bielle-manivelle et au cycle de fonctionnement à 4 temps.

Visualisation des pièces et circuits principaux d'un moteur d'automobile : piston, bielle, vilebrequin, volant moteur ; bloc moteur, culasse ; entraînement de l'arbre à cames, commande des soupapes ; injecteurs, bougie d'allumage ; turbocompresseur ; circuit d'admission et d'échappement des gaz, refroidissement, lubrification ; papillon des gaz, capteurs, calculateur.

*Visualisation de pièces réelles d'un moteur dont le démontage est effectué devant les stagiaires.*

Comment le carburant contenu dans le réservoir permet-il de faire avancer le véhicule ?

Qu'est-ce qu'un carburant ? Pourquoi faut-il le doser avec de l'air ?

Comment introduire et mélanger l'air et le carburant dans le moteur ?

Comment et pourquoi obtenir une combustion dans un cylindre guidant un piston ?

Qu'est-ce que le couple moteur ? Quelle relation y a-t-il avec la puissance ?

Comment l'utilise-t-on pour faire avancer la voiture ?

Commentaires liés à l'architecture des moteurs : alésage, course, cylindrée, nombre de cylindres, rapport volumétrique de compression, notion de rendement.

Comparaison des moteurs à essence et Diesel

Moteur à allumage commandé à injection indirecte d'essence

Moteur Diesel à injection directe

Cas du moteur à allumage commandé à injection directe d'essence.

Point de vue mécanique, système de combustion, formation des polluants et dépollution.

# Introduction aux moteurs

Fonctionnement - Dépollution - Évolutions technologiques

3 Jours

Niveau : **Découverte**

## PROGRAMME

### FINALITÉ

Informer les participants et démystifier le fonctionnement des moteurs d'automobiles conventionnels ainsi que la terminologie qui s'y rapporte.

### PUBLIC

Toute personne désirant une information technique relative au fonctionnement des moteurs d'automobiles Diesel ou à allumage commandé.

### OBJECTIFS

- Identifier et situer les pièces d'un moteur.
- Décrire la (ou les) fonction(s) de ces pièces.
- Acquérir les principes de base.
- Déterminer les différences de fonctionnement entre moteur à allumage commandé et par compression : modes de combustion, adéquation moteur/carburant, techniques de dépollution, évolutions technologiques attendues face aux réglementations à venir.

### PRÉ-REQUIS

À la différence du stage "Aspects fondamentaux et méthodes expérimentales" page 36 le stagiaire est supposé ne pas connaître la terminologie des pièces moteurs.

### LES + PÉDAGOGIQUES

- **Activité pédagogique de découverte et de mémorisation du nom des principales pièces d'un moteur.**
- **Démontage moteur.**

### OBSERVATION

Cette formation peut être complétée par les stages "Évolutions techniques des moteurs d'automobiles" page 41, les modules 2 et 2+ "Moteurs à allumage commandé" pages 37 et 38, ou les modules 3 et 3+ "Moteurs Diesel" pages 39 et 40.

**Responsable** : Laurent Crestois

### Description et rôle des éléments constitutifs d'un moteur

0,75 j

Situation du moteur dans le "GMP" Groupe motopropulseur.

Découverte, situation et technologies des pièces principales : piston, bielle, vilebrequin, volant moteur ; bloc moteur, culasse ; entraînement de l'arbre à cames, commande de soupapes, distribution variable.

Les différents circuits fluides et électriques : carburants et systèmes d'injection essence et Diesel, admission des moteurs atmosphériques et suralimenter par turbocompresseur, recyclage des gaz d'échappement (EGR), refroidissement, lubrification, gaz de carter (blow-by), système d'allumage et contrôle moteur (capteurs et actuateurs, calculateur).

Comparaison des caractéristiques des deux types de motorisation principales : essence et Diesel.

### Fonctionnement des moteurs et paramètres de base

1,5 j

Historique.

Préparer le mélange : les réactifs, composition ; doser comburants et carburants, limite d'inflammabilité ; remplir en air, alésage, course, cylindrée, rapport volumétrique de compression, notions d'aérodynamique, injecter le carburant.

Brûler le mélange : équation de combustion, rapport H/C, richesse, stœchiométrie, pouvoir comburivore.

Initier et propager la combustion, délai d'auto-inflammation, vitesse de combustion, comparaison des 2 principales types de combustion, combustion anormales (cliquetis et préallumage) :

- à allumage commandé à injection indirecte d'essence (mélange homogène stœchiométrique)
- Diesel à injection directe (mélange hétérogène).

Formation des polluants et impact du recirculation des gaz d'échappement.

Transformation d'énergie chimique en énergie mécanique : pouvoir calorifique (PCI), travail d'un cycle, cycles à 4 temps et 2 temps, diagramme de distribution.

Transmettre la puissance aux roues : couple, charge, puissance, du moteur aux roues.

Améliorations et leviers d'évolutions moteurs essence et Diesel : puissance, rendements, downsizing, downspeeding, injection directe suralimentée, l'hybridation.

### Pollution de l'air et origine des réglementations

0,25 j

Phénomènes atmosphériques en jeu : locaux (smog) ou planétaires (effet de serre).

Réglementations appliquées aux voitures particulières.

### Post-traitement des gaz d'échappement

0,5 j

Catalyse d'échappement automobile : catalyseurs, catalyse d'oxydation et catalyse trifonctionnelle. Efficacité, température d'amorçage, vieillissement.

Traitement des oxydes d'azote (pièges à NOx, réduction catalytique sélective SCR).

Filtration des particules Diesel et stratégie de régénération des filtres avec additif carburant ou filtre catalytique.

On Board Diagnostic (OBD).

LANGUE	DATES	LIEU	PRIX HT	CONTACT INSCRIPTION
FR	24 - 26 Mars	Rueil	1 490 €	ML ml.rueil@ifptraining.com
FR	08 - 10 Sept	Rueil	1 490 €	ML ml.rueil@ifptraining.com

Peut être adapté à vos besoins spécifiques et organisé dans le lieu de votre choix

# Introduction aux véhicules à propulsion hybride et électrique

1 Jour

Niveau : **Découverte**

## FINALITÉ

Initier les participants aux bases des véhicules hybrides et électriques.

## PUBLIC

Cadres et techniciens non spécialisés dans la technique électrique automobile (études, achats, marketing, ...) désireux de comprendre les bases des véhicules hybrides et électriques et les grands enjeux associés.

## OBJECTIFS

- Connaître les grands enjeux techniques et économiques associés.
- Connaître les définitions courantes utilisées.
- Comprendre les principales techniques proposées et les gains espérés de ces véhicules.

## LES + PÉDAGOGIQUES

- Cette formation de type conférence est illustrée par de nombreux exemples montrant les ordres de grandeur des enjeux énergétiques et économiques.
- Examen de pièces réelles.

**Responsable** : Guillermo Ballesteros

## PROGRAMME

### Contexte

Définitions élémentaires, ordres de grandeur, pourquoi faire des véhicules hybrides ?  
Diverses hybridations : hybride hydraulique, hybride pneumatique, volant d'inertie, ...  
Véhicules électriques ; impact de l'utilisation du véhicule.  
Notions d'homologation, de roulage ZEV.  
Enjeux pour les constructeurs.

### Architectures des véhicules hybrides

Principes généraux.  
Hybride série. Exemples connus : ferroviaire, bus, ...  
Hybride parallèle. Cas classique.  
Hybride série/parallèle, dérivation de puissance. Toyota Prius 2, Prius 3, Chevrolet-Volt.

### Fonctions proposées par les hybrides

Stop and Start, récupération d'énergie, boost.  
Optimisation du point de fonctionnement, délestage du moteur thermique, roulage ZEV.  
Impact sur les auxiliaires ; prestations complémentaires.  
Gains de consommation.

### Familles d'hybrides électriques et prestations associées

Micro-hybride. Intérêt, encombrement, enjeu conso.  
Mild-hybride. Enjeu conso, implantation.  
Full-hybride, plug-in Hybrid. Enjeu. Infrastructure nécessaire.  
Panorama des hybrides existant.  
Toyota Prius, Chevrolet Volt : description, analyse de fonctionnement.

### Véhicules électriques

Véhicules conventionnels à batterie, moteurs-roue : diverses approches, bilan, Well to Wheel, Tank to Wheel.  
Range-extend.  
Véhicule connecté.  
Pile à combustible : à hydrogène, à alcool, ...

### Conclusion

Impact du contexte sur les choix techniques.

## Moteurs alternatifs : carburants, combustion, pollution

## Module 1 : Aspects fondamentaux et méthodes expérimentales

3 Jours

Niveau : **Fondamentaux**

## FINALITÉ

Présenter ou actualiser les connaissances relatives aux paramètres fondamentaux liés à la conversion d'énergie et aux mesures dans les moteurs thermiques.

## PUBLIC

Ingénieurs, cadres et techniciens concernés par les études, les essais, le développement et la mise au point des carburants et des moteurs à essence et Diesel.

## OBJECTIFS

- Expliquer les paramètres de base du fonctionnement des moteurs.
- Identifier les caractéristiques des hydrocarbures.
- Expliquer les différences fondamentales entre les combustions dans un moteur à essence et un moteur Diesel.
- Expliquer les mesures effectuées au banc moteur et à rouleaux.

## PRÉ-REQUIS

Le stagiaire connaît la terminologie des pièces constitutives du moteur. La maîtrise du contenu de ce module est recommandée pour suivre les modules 2 et 2+ "Moteurs à allumage commandé" pages 37 et 38, les modules 3 et 3+ "Moteurs Diesel" pages 39 et 40, et le module 4 "Introduction au contrôle moteur" page 79.

## LES + PÉDAGOGIQUES

Exercices d'application.

Responsable : Laurent Crestois

## PROGRAMME

**Pollution de l'air, origine et conséquences, réglementation**

0,5 j

Polluants primaires et secondaires.  
Qualité de l'air : échelles d'espaces (locale ou planétaire) et de temps. Effets induits et impacts.  
Phénomènes : couche d'ozone, effet de serre, pluies acides, smog photochimique, ...  
Normes de qualité de l'air, réglementations appliquées aux émissions automobiles et cycles d'homologation.  
Polluants réglementés et non réglementés (PNR).

**Fonctionnement des moteurs et paramètres de base**

1 j

Historique des moteurs thermiques.  
Fonctionnement des moteurs à pistons : cycles à 4 temps et 2 temps, essence/Diesel, injection indirecte/directe, atmosphérique/suralimenté.  
Paramètres géométriques : système bielle manivelle, alésage, course, cylindrée, rapport volumétrique de compression, entr'axe cylindre, lambda de bielle, diagramme de distribution.  
Paramètres de fonctionnement  
Performances : couple (instantané, moyen), puissance, notion de charge, courbe d'utilisation, travail d'un cycle moteur, pressions moyennes indiquée (PMI), effective (PME), frottements PMF, vitesse moyenne de piston, charge thermique et puissance spécifique.  
Combustion/émissions : rapport air/carburant, stœchiométrie, pouvoir comburivore, richesse, coefficient d'excès d'air, émissions spécifiques de gaz d'échappements.  
Remplissage en air : coefficient de remplissage, rendement volumétrique.  
Rendement : différents rendements, écarts entre cycle théorique et cycle réel, consommation spécifique (CSE), bilan thermique.  
*Exercices d'application.*

**Combustion - Comparaison des moteurs à essence et Diesel**

0,5 j

Combustion : équation de combustion, détermination du pouvoir comburivore et de la richesse, pouvoirs calorifiques. Formation des polluants, limite d'inflammabilité, délai d'auto-inflammation.  
Comparaison des moteurs à essence et Diesel  
Déroulement de la combustion : contrôle de charge, préparation du mélange air-carburant, déclenchement, propagation, formation des polluants, recyclage de gaz d'échappement (EGR), origine des vibrations et du bruit.  
Limites de performances à pleine charge : cliquetis, mécanique, thermomécanique, températures d'échappement.  
Rendement en utilisation ; downsizing, downspeeding.  
Post-traitement des gaz d'échappement.  
Cas de l'injection directe d'essence (IDE).

**Carburants pour moteurs**

0,25 j

Contexte, marché, contraintes et adaptations des produits pétroliers liés à l'évolution du parc automobile, biocarburants.  
Constitution et propriétés des hydrocarbures : paraffines, oléfines, aromatiques, naphthènes, rapport H/C, composition des bruts, caractéristiques principales recherchées pour répondre au besoin des moteurs essence et Diesel (volatilité, indice d'octane et de cétane, opérabilité à froid, teneur en soufre).

**Méthodes expérimentales - Mesures sur moteurs et analyses de gaz d'échappement**

0,75 j

Capteurs de pression, d'ionisation et de température. Sondes de prélèvement.  
Synchronisation angulaire.  
Interprétation des résultats.  
Mesures des émissions à l'échappement et des pertes par évaporation.  
Analyseurs de gaz. Opacimètres.  
Évolution des matériels d'analyse : tendances et développements.

LANGUE	DATES	LIEU	PRIX HT	CONTACT	INSCRIPTION
FR	07 - 09 Avr	Rueil	1 560 €	ML	ml.rueil@ifptraining.com
FR	06 - 08 Oct	Rueil	1 560 €	ML	ml.rueil@ifptraining.com

Peut être adapté à vos besoins spécifiques et organisé dans le lieu de votre choix

## Moteurs alternatifs : carburants, combustion, pollution

## Module 2 : Moteurs à allumage commandé

3 Jours

Niveau : **Fondamentaux**

## FINALITÉ

Apporter un perfectionnement des connaissances techniques relatives aux moteurs à allumage commandé.

## PUBLIC

Ingénieurs, cadres et techniciens concernés par le développement et la mise au point des moteurs à allumage commandé.

## OBJECTIFS

- Expliquer les aspects fondamentaux de conception et de réalisation des systèmes de combustion.
- Expliquer l'influence des caractéristiques de l'essence sur le comportement du moteur.
- Établir la structure et les bases de fonctionnement du contrôle moteur.
- Établir les moyens de dépollution à la source et par post-traitement.

## PRÉ-REQUIS

Il est recommandé de suivre au préalable le Module 1 "Aspects fondamentaux et méthodes expérimentales" page 36.

## LES + PÉDAGOGIQUES

- **Formateurs experts de l'industrie.**
- **Exemples issus de situations réelles.**

## OBSERVATION

Ce programme peut être enrichi par une étude par simulation du fonctionnement des moteurs à allumage commandé et par des compléments technologiques, choisissez page suivante le stage "Moteurs à allumage commandé avancé et simulations" MOT2+.

**Responsable** : Laurent Crestois

## PROGRAMME

## Caractérisation des systèmes de combustion

1 j

Objectifs et contraintes de conception liés à la chambre de combustion (forme, disposition des soupapes).  
Caractéristiques de la combustion : physique de la combustion, remplissage (courbe de levée soupapes, AOA, RFA, AOE, RFE, croisement), rendement de combustion et de cycle, répartition de richesse, combustions anormales (cliquetis, pré-allumage).

Modes de combustion : combustion stœchiométrique (système de base, downsizing), combustion en mélange pauvre (en injection directe ou indirecte, homogène ou stratifiée), injection directe et suralimentation. Pertinence de ces modes de combustion face aux contraintes actuelles et futures (émissions, consommation, ...).

Paramètres de conception et de réglages : optimisation du système de combustion en mode stœchiométrique ou en mélange pauvre.

Réduction des émissions à la source : mécanismes de formation des polluants. Compromis performance/dépollution au niveau du moteur (préparation du mélange, EGR, volumes morts, distribution variable, ...).

## Performances - Respiration et suralimentation

0,5 j

Respiration : coefficient de remplissage, rendement volumétrique, optimisation de la distribution variable, de l'acoustique admission (effet Kadenacy, 1/4 d'ondes, ...) et de l'échappement (collecteurs 3Y, lignes d'échappement séparées).

Performances : potentiel des différentes technologies, paramètres agissant sur les performances. Lien entre respiration et performances, downsizing.

Suralimentation : types de suralimentation, fonctionnement et technologie du turbocompresseur, cartographies (champs caractéristiques), adaptation au moteur, compromis à réaliser.

## Carburants

0,5 j

Principales caractéristiques des essences : densité, indice d'octane, volatilité, composition chimique, soufre, et incidence sur le comportement moteur.

Influence de la formulation du carburant sur les émissions de polluants réglementés et non réglementés.  
Nouveaux carburants : évolution des spécifications et composés oxygénés (alcools et esters).

E85 et flexfuel.

Carburants gazeux : gaz naturel véhicule (GNV) et gaz de pétrole liquéfié (GPL).

## Système contrôle moteur (composants, capteurs et actuateurs)

0,5 j

Fonction du contrôle moteur : rôle, définitions, historique.

Acquisition du point de fonctionnement : différents capteurs (régime, débit, pression, température, positionnement, ...).

Allumage : composants (bobine, bougies), anti-cliquetis.

Gestion de l'air : papillon motorisé, distribution variable, suralimentation.

Dépollution : régulation de richesse (sonde à oxygène), recyclage des vapeurs d'essence (canister), recyclage des gaz d'échappement (EGR), injection d'air à l'échappement (IAE).

Stratégie : structure couple et diagnostic.

## Post-traitement des gaz d'échappement

0,5 j

Contexte, historique et problématique générale, contraintes réglementaires, fonctionnement d'un catalyseur.

Catalyse trifonctionnelle : conditions stœchiométriques, régulation de richesse, mise en action à froid (HC, gestion de la thermique échappement), débouclage à forte puissance.

Traitement des NOx en mélange pauvre (homogène/stratifié) : principe de fonctionnement piège à NOx, échangeur thermique échappement.

Limitation fonctionnelle du vieillissement des catalyseurs essence.

Diagnostic embarqué (OBD) essence.

LANGUE	DATES	LIEU	PRIX HT	CONTACT INSCRIPTION	
FR	18 - 20 Mai	Rueil	1 560 €	ML	ml.rueil@ifptraining.com
FR	02 - 04 Nov	Rueil	1 560 €	ML	ml.rueil@ifptraining.com

Peut être adapté à vos besoins spécifiques et organisé dans le lieu de votre choix

Moteurs alternatifs : carburants, combustion, pollution

# Module 2<sup>+</sup> : Moteurs à allumage commandé - Approfondissement et simulations

5 Jours

Niveau : **Fondamentaux**

## FINALITÉ

Apporter un perfectionnement des connaissances techniques relatives aux moteurs à allumage commandé. Approfondir les connaissances sur des technologies clés pour l'horizon Euro 6 (downsizing, GDI, nombre de particules). Mettre en pratique l'ensemble des connaissances sur simulateur en utilisant des modèles de combustion développés par IFP Energies nouvelles.

## PUBLIC

Ingénieurs, cadres et techniciens concernés par le développement et la mise au point des moteurs à allumage commandé et désirant perfectionner leurs connaissances des paramètres de fonctionnement des moteurs à allumage commandé et approfondir leur connaissance sur les technologies clés à l'horizon Euro 6.

## OBJECTIFS

- Expliquer les aspects fondamentaux de conception et de réalisation des systèmes de combustion.
- Expliquer l'influence des caractéristiques de l'essence sur le comportement du moteur.
- Établir la structure et les bases de fonctionnement du contrôle moteur.
- Établir les moyens de dépollution à la source et par post-traitement.
- Identifier et connaître les technologies clés des moteurs à allumage commandé qui seront nécessaires pour Euro 6.
- Expliquer l'évolution des principaux paramètres (polluants, avance, CA50, CSE, PME, PMI, rendement volumétrique, dégagement d'énergie, les différents rendements, ...).
- Spécifier une campagne d'essais type pour obtenir les réglages de base d'un moteur à allumage commandé.

## PRÉ-REQUIS

Il est recommandé de suivre au préalable le Module 1 "Aspects fondamentaux et méthodes expérimentales" page 36.

## LES + PÉDAGOGIQUES

- **Formateurs experts de l'industrie donnant des exemples issus de situations réelles et proposant des études de cas.**
- **Utilisation de simulateur numérique, le participant peut directement visualiser l'influence de chaque paramètre de réglage moteur.**

**Responsable :** Guillermo Ballesteros

## PROGRAMME

### Caractérisation des systèmes de combustion

Objectifs et contraintes de conception liés à la chambre de combustion. Caractéristiques de la combustion. Modes de combustion. Paramètres de conception et de réglages. Réduction des émissions à la source.

1 j

### Performances - Respiration et suralimentation

Respiration : acoustique et distribution variable.  
Performances : paramètres agissant sur les performances.  
Suralimentation : types de suralimentation, fonctionnement et technologie du turbocompresseur, cartographies, adaptation au moteur, compromis à réaliser.

0,5 j

### Carburants

Principales caractéristiques des essences : densité, indice d'octane, volatilité, composition chimique, soufre, et incidence sur le comportement moteur.  
Nouveaux carburants : évolution des spécifications et composés oxygénés. E85 et flexfuel.  
Carburants gazeux : gaz naturel véhicule.

0,5 j

### Système contrôle moteur (composants, capteurs et actuateurs)

Fonction du contrôle moteur : rôle, définitions, historique.  
Acquisition du point de fonctionnement : différents capteurs.  
Allumage : composants, anti-cliquetis.  
Gestion de l'air : papillon motorisé, distribution variable, suralimentation.  
Dépollution : régulation de richesse, IAE.  
Stratégie : structure couple et diagnostic.

0,5 j

### Post-traitement des gaz d'échappement

Contexte, historique et problématique générale, contraintes réglementaires, fonctionnement d'un catalyseur.  
Catalyse trifonctionnelle : conditions stœchiométriques, régulation de richesse, mise en action à froid, débouclage à forte puissance.  
Traitement des NOx en mélange pauvre : principe de fonctionnement piège à NOx, échangeur thermique échappement.  
Limitation fonctionnelle du vieillissement des catalyseurs essence. OBD.

0,5 j

### Approfondissement des connaissances sur les moteurs à allumage commandé

GDI : approfondissement des connaissances sur les systèmes à injection directe GDI, impacts et enjeux du nombre de particules en Euro 6 sur la définition technique du système d'injection et les stratégies de contrôle moteur (multi-injection par exemple).  
Suralimentation : approfondissement sur la problématique du downsizing, exercices d'architecture et de conception moteur, enjeux et limites du downsizing, complément sur les architectures à double suralimentation et sur les technologies des compresseurs, acoustique de suralimentation.

0,5 j

### Simulateur : caractérisation d'un moteur à pleine charge

Le simulateur proposé est un banc moteur virtuel sur lequel on va mener des essais virtuels en faisant varier les paramètres pour montrer leur impact.  
Détermination d'avance optimale.  
Élaboration d'une courbe de puissance, de couple, de consommation spécifique, analyse du remplissage.  
Impact de la température de l'air et de la paroi sur les performances.

0,5 j

### Simulateur : caractérisation du moteur à 2000 rpm (balayage de charge)

Analyse de l'avance et du CA50, de la CSE, de la CSI, des différents rendements du moteur.  
Balayage d'avance et analyse de son impact sur la durée de combustion, le délai d'initiation, le rendement effectif, la température échappement, ...

0,5 j

### Simulateur : intérêt de la distribution variable

Cycle de Miller/Atkinson à charge partielle. Gain en performances, CSE et polluants.  
Intérêt du balayage en pleine charge. Analyse de courbes issues d'un banc moteur.

0,5 j

LANGUE	DATES	LIEU	PRIX HT	CONTACT	INSCRIPTION
FR	18 - 22 Mai	Rueil	2 390 €	ML	ml.rueil@ifptraining.com
FR	02 - 06 Nov	Rueil	2 390 €	ML	ml.rueil@ifptraining.com

Peut être adapté à vos besoins spécifiques et organisé dans le lieu de votre choix

## Moteurs alternatifs : carburants, combustion, pollution

## Module 3 : Moteurs Diesel

3 Jours

Niveau : **Fondamentaux**

## FINALITÉ

Apporter un perfectionnement des connaissances techniques relatives aux moteurs Diesel pour automobiles et véhicules industriels.

## PUBLIC

Ingénieurs, cadres et techniciens concernés par le développement et la mise au point des moteurs Diesel.

## OBJECTIFS

- Expliquer le fonctionnement des moteurs Diesel à injection directe : physique de la combustion, optimisation des paramètres de conception et de réglage.
- Expliquer le fonctionnement et l'évolution des systèmes d'injection haute pression.
- Établir l'influence des caractéristiques du gazole sur le comportement du moteur.
- Établir les systèmes actuels et futurs de post-traitement des gaz d'échappement.

## PRÉ-REQUIS

Il est recommandé de suivre au préalable le Module 1 "Aspects fondamentaux et méthodes expérimentales" page 36.

## LES + PÉDAGOGIQUES

- **Formateurs experts de l'industrie.**
- **Exemples issus de situations réelles.**

## OBSERVATION

Le stage Module 3+ "Motoristes Diesel" page 40, peut remplacer le module 3 pour ceux qui souhaitent une version plus approfondie en 5 jours notamment pour les publics Poids Lourds et Off-Road.

**Responsable** : Laurent Crestois

## PROGRAMME

## Optimisation du système de combustion

1 j

Mécanismes de formation des polluants

Conditions de formation des particules, des oxydes d'azote, des hydrocarbures imbrûlés, du monoxyde de carbone. Représentation dans un graphique température - rapport A/F (air/fuel).

Influence de paramètres pression d'injection, rotation de l'air dans le bol du piston (swirl), avance à l'injection.

Comportement des parties liquide et gazeuse du jet de carburant.

Optimisation du système de combustion

Aérodynamique admission : rôles et mesure du swirl ; compromis avec la perméabilité culasse.

Dessin de la cavité (bol) usinée dans la tête de piston.

Qualités demandées au système d'injection.

Bruit de combustion. Intérêt des multi-injections.

Recirculation de gaz d'échappement (EGR)

Mécanisme d'action sur la diminution des oxydes d'azote. Intérêt du refroidissement de l'EGR.

EGR haute et basse pression.

Démarrage et mise en action à froid

Causes de la dégradation de la combustion engendrant des fumées et du bruit.

Constitution et stratégie de commande des bougies de préchauffage utilisées sur les moteurs d'automobiles.

## Suralimentation

0,5 j

Fonctionnement et technologie du turbocompresseur.

Démarche d'adaptation d'un turbocompresseur sur un moteur : détermination du débit et de la masse volumique dans le répartiteur d'admission, choix du compresseur, calcul du débit et du rapport de détente à la turbine, choix de la turbine.

Turbocompresseur à géométrie variable, suralimentation par deux turbocompresseurs séquentiels.

## Injection common-rail

0,5 j

Système d'injection common-rail : description du système ; évolution des systèmes.

Pompe haute pression; régulation de pression rail haute pression et basse pression.

Fonctionnement de l'injecteur ; écoulement dans la buse d'injecteur, débit hydraulique.

Technologie du rail ; bilan de débit.

## Post-traitement des gaz d'échappement

0,5 j

Contexte, évolution des réglementations, stratégies de dépollution.

Catalyse d'oxydation : efficacité, température d'amorçage, effet du soufre, positionnement dans la ligne d'échappement.

Post-traitement des oxydes d'azote : piège à NOx, catalyse de réduction sélective (SCR).

Post-traitement des particules Diesel : filtre à particules (DPF : Diesel Particulate Filter) ; régénération du DPF par additif dans le carburant ou par revêtement catalytique du filtre ; stratégie de contrôle moteur associée.

## Carburants

0,5 j

Principales caractéristiques du gazole (densité, caractéristiques thermiques, indice de cétane, pouvoir lubrifiant, volatilité, soufre, ...) et incidence sur le comportement moteur, propriétés des additifs.

Impact de la formulation du carburant sur les émissions de polluants réglementés et non réglementés.

Spécifications : gazole comparé au fuel domestique et au Jet A1, nouveaux gazoles, EMVH.

LANGUE	DATES	LIEU	PRIX HT	CONTACT INSCRIPTION	
FR	09 - 11 Juin	Rueil	1 560 €	ML	ml.rueil@ifptraining.com
FR	17 - 19 Nov	Rueil	1 560 €	ML	ml.rueil@ifptraining.com

Peut être adapté à vos besoins spécifiques et organisé dans le lieu de votre choix

## Moteurs alternatifs : carburants, combustion, pollution

## Module 3+ : Motoristes Diesel

5 Jours

Niveau : **Fondamentaux**

## FINALITÉ

Actualiser les connaissances des participants dans les domaines du fonctionnement, de la combustion, des systèmes d'injection, du post-traitement, et des carburants Diesel (moteurs de voitures et de poids lourds).

## PUBLIC

Ingénieurs et techniciens désirant se perfectionner dans les développements, la mise en œuvre et l'utilisation des moteurs Diesel pour applications industrielles et véhicules poids lourds et off-road.

## OBJECTIFS

- Expliquer le fonctionnement des moteurs Diesel : processus et systèmes de combustion, origine et réduction des polluants.
- Expliquer les critères d'adaptation moteur-turbocompresseur.
- Établir les produits associés et leurs circuits : carburants et lubrifiants.

## PRÉ-REQUIS

Il est recommandé de suivre au préalable le Module 1 "Aspects fondamentaux et méthodes expérimentales" page 36.

## LES + PÉDAGOGIQUES

- Formateurs experts de l'industrie.
- Exemples issus de situations réelles.

## OBSERVATION

Le stage Module 3+ "Motoristes Diesel" est un Module 3 élargi, ne pas cumuler les deux.

**Responsable** : Laurent Crestois

## PROGRAMME

## Moteurs Diesel : combustion et fonctionnement

Mécanismes de la combustion Diesel : formation des polluants (particules, HC, CO, NOx), caractéristiques demandées aux jets de carburant, aérodynamique dans la chambre de combustion (swirl et squish), optimisation du compromis performances/dépollution.

Intérêt pour le bruit et la dépollution des injections multiples.

Modes de combustion avec mélange air-carburant amélioré : HPC (Highly Premixed Combustion), HCCI (Homogeneous Charge Compression Ignition).

Recirculation de gaz d'échappement (EGR) : mécanismes d'action sur les oxydes d'azote, compromis avec les émissions de particules à faible et forte charge, refroidissement de l'EGR, EGR haute et basse pression.

Démarrage et mise en action à froid : causes des fumées et du bruit à froid ; assistance au démarrage par réchauffage à l'admission, bougie de pré et post-chauffage.

## Bruit de combustion

Origines du bruit, mesures, bruit de claquement, bruit de rafale.

Solutions pour atténuer le bruit.

## Systèmes d'injection

Description et fonctionnement des systèmes d'injection des moteurs d'automobiles et de poids lourds industriels : circuits basse pression, pompes, canalisations, injecteurs et buses.

Pilotage des lois d'introduction du carburant par systèmes "Common-rail", injecteur à solénoïde ou piezo, injecteur-pompe, pompes unitaires, à assistance hydraulique.

Contraintes de conception et précautions. Filtration. Évolutions.

## Suralimentation par turbocompresseur

Fonctionnement et technologie du turbocompresseur.

Démarche d'adaptation d'un turbocompresseur sur un moteur : choix du compresseur, calcul du débit et du rapport de détente à la turbine, choix de la turbine.

Turbocompresseur à géométrie variable, turbocompresseurs séquentiels.

## Contrôle moteur

Composants (capteurs, actionneurs, calculateur) et fonctions software du contrôle moteur (cartographies et stratégies).

Gestion du carburant (pression rail, débit injecté) et de l'air (EGR, turbo)

Structure couple du software : demande conducteur, inter-systèmes, protections.

Contrôle et garantie du fonctionnement moteur (diagnostics).

## Post-traitement des gaz d'échappement

Contexte, historique et problématique générale, aspect réglementaire et cycles d'homologation.

Mécanismes des réactions spécifiques de la catalyse d'oxydation Diesel : structure des catalyseurs et principes de fonctionnement (matériaux, performances, impact du soufre).

Conversion des oxydes d'azote : décomposition, réduction catalytique sélective (SCR) hydrocarbures et ammoniac, séquentielle Diesel.

Traitements spécifiques : pièges à NOx, DeNOx urée liquide/solide, réduction SCR par les hydrocarbures.

Traitement des particules : structure des particules, filtres à particules, régénérations FAP, conséquences. Évolution vers la catalyse 4 voies.

Diagnostic embarqué (OBD) Diesel.

## Carburants

Principales caractéristiques du gazole (densité, caractéristiques thermiques, indice de cétane, pouvoir lubrifiant, volatilité, soufre, ...) et incidence sur le comportement moteur, propriétés des additifs.

Impact de la formulation du carburant sur les émissions de polluants.

Spécifications : gazole comparé au fuel domestique et au Jet A1, nouveaux gazoles, EMVH.

## Lubrification des moteurs Diesel

Classification SAE de viscosité et spécifications API et ACEA des lubrifiants.

Rôle du lubrifiant et propriétés fonctionnelles en relation avec les points critiques de lubrification.

Composition chimique et exigences de composition. Filtration.

LANGUE	DATES	LIEU	PRIX HT	CONTACT	INSCRIPTION
FR	15 - 19 Juin	Rueil	2 190 €	ML	ml.rueil@ifptraining.com
FR	02 - 06 Nov	Rueil	2 190 €	ML	ml.rueil@ifptraining.com
FR	07 - 11 Déc	Rueil	2 190 €	ML	ml.rueil@ifptraining.com

Peut être adapté à vos besoins spécifiques et organisé dans le lieu de votre choix

# Évolutions techniques des moteurs d'automobiles

3 Jours

Niveau : **Fondamentaux**

## FINALITÉ

Informer les participants sur les évolutions techniques des moteurs actuels d'automobiles, à allumage commandé ou Diesel.

## PUBLIC

Ingénieurs, cadres et techniciens connaissant le principe de fonctionnement des moteurs et désireux de s'informer de l'évolution technique des moteurs d'automobiles.

## OBJECTIFS

- Identifier et comprendre les évolutions des motorisations à allumage commandé et Diesel.
- Décrire les stratégies de réduction du CO<sub>2</sub>, tout en respectant les normes antipollution.
- Identifier les nouveaux modes de combustion.

## PRÉ-REQUIS

Si nécessaire, la formation "Introduction aux moteurs" page 34, prépare à tirer le meilleur parti de ce stage.

## LES + PÉDAGOGIQUES

Une mise à jour complète à partir des principales contraintes rencontrées par les concepteurs de moteurs, celle qui mènent la conception. Mise en évidence et hiérarchisation de ces contraintes.

**Responsable** : Marc Bonnin

## PROGRAMME

### Modes et concepts de combustion essence, injection directe et downsizing - CAI 1 j

Injection directe essence (IDE)

Avantages et inconvénients de l'IDE, stratégies d'application (R=1, stratifié, ...).

Deux grandes familles de chambres de combustion.

Caractéristiques du système : injecteurs, pompe HP, régulateur, rampe, boîtier de puissance.

Exemples de réalisations.

Downsizing

Contexte, enjeux, origines du gain en consommation, difficultés à gérer.

Cahier des charges du système de suralimentation, différents types de suralimentation.

Turbocompresseur. Compresseur volumétrique.

Intérêt du couplage IDE + suralimentation.

Gestion du cliquetis.

Apport de la distribution variable.

CAI (Compression Auto Ignition) : principe, intérêt et limitations.

### Système de combustion Diesel - HCCI 1 j

Injection directe Diesel par système common-rail

Évolutions conduisant à la généralisation de l'injection directe et du système d'injection à rampe commune (common-rail).

Paramètres pilotant les performances maximales du moteur Diesel.

Interactions entre différentes technologies dans les moteurs Diesel et les prestations permettant de les atteindre.

Post-traitement des gaz d'échappement : principes du post-traitement des gaz d'échappement Diesel, types de post-traitement, diversité des choix techniques.

HCCI (Homogeneous Charge Compression Ignition) : principe, intérêt et limitations.

### Systèmes de distribution variable 0,5 j

Rôle et contraintes de la distribution, intérêt de la distribution variable.

Déphaseurs d'arbres à cames, systèmes bi-cames (Honda VTEC, Porsche Variocam, Mahle), systèmes à variation continue (Valvetronic BMW, système Toyota Valvematic, Nissan VVEL, Multiair Fiat). Système camless.

Mise en œuvre dans les cycles Miller/Atkinson.

Déconnexion de cylindre.

### Suralimentation 0,5 j

Intérêt de la suralimentation ; principaux modes de suralimentation des moteurs.

Rôle, contraintes et dimensionnement des turbocompresseurs.

Évolution de la technologie des turbocompresseurs en relation avec l'évolution des moteurs : contraintes liées aux augmentations des pressions et températures de combustion (downsizing), intérêt de la turbine double entrée (Twin Scroll).

Optimisation du temps de réponse : paliers ou roulements à billes, assistance de lancement du compresseur par couplage, compresseur volumétrique.

Évolutions : géométrie variable (VNT), couplage de turbocompresseurs (série ou parallèle), "e-Boosting".

LANGUE	DATES	LIEU	PRIX HT	CONTACT INSCRIPTION
FR	15 - 17 Sept	Rueil	1 560 €	ML ml.rueil@ifptraining.com

Peut être adapté à vos besoins spécifiques et organisé dans le lieu de votre choix

## Moteurs et transmissions de véhicules industriels

3 Jours

Niveau : **Fondamentaux****FINALITÉ**

Donner aux participants une vue d'ensemble sur les différentes technologies de moteurs rencontrées dans le monde industriel : poids lourds, travaux publics, agriculture, marin, groupes électrogènes, ...

**PUBLIC**

Ingénieurs, cadres et techniciens, travaillant ou souhaitant travailler dans le domaine des poids lourds, des engins agricoles, industriels, de chantier, ferroviaires ou naval, désirant une information technique relative au fonctionnement de leurs moteurs Diesel et de leur transmissions.

**OBJECTIFS**

- Comprendre le principe de fonctionnement d'un moteur Diesel 2 temps et 4 temps.
- Positionner les différentes gammes de puissance.
- Connaître les spécificités et les technologies des moteurs en fonction du domaine d'application.
- Comprendre les raisons des choix techniques en fonction des contraintes de fonctionnement.
- Avoir une vision d'ensemble des technologies actuelles et à venir.
- Connaître les principaux types de transmissions industrielles rencontrés.
- Connaître les moteurs moins conventionnels (moteurs à gaz, 2 temps marins).

**LES + PÉDAGOGIQUES**

- Une large plage d'applications sera présentée.
- Un tour complet des motorisations industrielles non automobile.

Responsable : Marc Bonnin

**PROGRAMME****Type, gamme de puissance et fonctionnement d'un moteur industriel**

0,5 j

Fonctionnement d'un moteur : architecture, cycles 2 temps/4 temps.  
Paramètres géométriques : cylindrée, alésage, course, rapport volumétrique de compression.  
Combustion.  
Performances : couple, puissance, PME.  
Aperçu du marché des moteurs industriels : les différents types de moteurs et les gammes de puissance correspondantes.  
Normes antipollution des diverses applications.  
Combustion Diesel injection directe conventionnelle ou Common Rail.

**Moteurs de poids lourds**

0,25 j

Contraintes d'encombrement, de poids, de coût.  
Technologie et lois de conception des principaux éléments (distribution, culasse, carter cylindres, vilebrequin, ...).  
Différences et spécificités par rapport aux moteurs pour véhicules particuliers.

**Moteurs à gaz**

0,25 j

Caractéristiques du carburant, comparaison GNV/gazole.  
Combustion dans les moteurs gaz.

**Moteurs de véhicules "Off Highway"**

0,5 j

Analyse des implantations et des technologies moteurs des applications suivantes :  
- engins agricoles (tracteurs, moissonneuses-batteuses, ensileuses)  
- engins forestiers (abatteuses, porteurs, débardeurs, ...)  
- engins de chantiers (scraper, compacteur, chargeur, tombereau, ...), tunneliers, véhicules miniers, véhicules pétroliers.

**Transmissions poids lourds et "Off Highway"**

0,5 j

Boîtes de vitesses mécaniques/automatiques : technologies, principales différences avec les véhicules de tourisme, exigences de lubrification. Spécificité des constructeurs.  
Fonctionnement des différents types de boîtes de vitesses.  
Ponts : différents types (conique, hypoïde, roue et vis), avantages et inconvénients respectifs.  
Différentiels : description, principe de fonctionnement, limitations et solutions techniques.

**Moteurs Diesel de traction ferroviaire**

0,5 j

Historique.  
Modes de traction : Diesel électrique / Diesel hydraulique.  
Spécificité des moteurs en fonction de l'application (locomotives, automoteurs, locotracteurs) et du mode de traction.  
Gestion d'un parc électrique.  
Contraintes liées à la traction thermique ferroviaire (géographiques, environnementales, technologiques, maintenance, ...).  
Lubrification.

**Moteurs Diesel marins 4 temps**

0,5 j

Historique sur la propulsion marine.  
Contraintes et spécificités de la propulsion marine.  
Moteurs de très forte puissance.

LANGUE	DATES	LIEU	PRIX HT	CONTACT INSCRIPTION
FR	22 - 24 Sept	Rueil	1 750 €	ML ml.rueil@ifptraining.com

Peut être adapté à vos besoins spécifiques et organisé dans le lieu de votre choix

## Moteurs alternatifs : carburants, combustion, pollution

## Moteurs à gaz

3 Jours

Niveau : **Fondamentaux**

## FINALITÉ

Donner une vue d'ensemble sur les technologies et le fonctionnement des moteurs à gaz.

## PUBLIC

Ingénieurs, cadres et techniciens concernés par le développement et la mise au point des moteurs à gaz.

## OBJECTIFS

- Expliquer les principes fondamentaux des moteurs à gaz.
- Connaître les fonctionnements "Dual fuel" et "Gaz".
- Connaître les technologies des systèmes associés aux moteurs à gaz.
- Expliquer l'influence des caractéristiques du gaz sur le comportement du moteur.
- Être sensibilisé aux exigences de ces moteurs (qualité du gaz, fiabilité, usure, ...).
- Établir la structure et les bases de fonctionnement du contrôle moteur à gaz.
- Établir les moyens de dépollution à la source et par post-traitement associés au moteur à gaz.

## PRÉ-REQUIS

Il est recommandé de suivre au préalable le Module 1 "Aspects fondamentaux et méthodes expérimentales" ou de posséder des connaissances préalables sur les moteurs à allumage commandé et diesel.

## LES + PÉDAGOGIQUES

- **Formateurs experts de l'industrie.**
- **Exemples issus de situations réelles.**

Responsable : Guillermo Ballesteros

## PROGRAMME

**Moteurs à gaz sur base moteur à allumage commandé (GNV et GPL)**

0,5 j

Principes fondamentaux de la combustion des moteurs à allumage commandé.

Combustion du gaz dans ce type de moteur.

Combustions anormales et risques associés.

Moteurs mono-fuel gaz ou bi-fuel essence/gaz. Applications en véhicule particulier.

Injection liquide ou gazeuse. Architecture des moteurs et systèmes associés.

Intérêts consommation, prix, dépollution, impact performances.

Perspective : utilisation en dual fuel sur moteurs GDI essence suralimentés.

**Moteurs à gaz sur base moteur à compression**

0,5 j

Principes fondamentaux de la combustion des moteurs à compression

Principes de fonctionnement des moteurs gaz, architectures et systèmes associés.

Impact dépollution, impact consommation, impact performances.

Moteurs poids lourds ou off-road :

Cas ancien des conversions flottes de bus européens, de Diesel vers combustion SI gaz.

Cas récent des moteurs de poids lourds US dual fuel Diesel/GNV sur base moteur Diesel.

Moteurs marins ou stationnaires :

Fonctionnement dual fuel : principe, architecture de chambre de combustion et système d'injection.

Injection gazole directe ou indirecte. Impacts consommation et performances.

**Carburants**

0,5 j

Rappels sur les carburants liquides

Carburants pour moteurs à allumage commandé : qualités requises.

Carburants pour moteurs Diesel : qualités requises.

Principales caractéristiques des carburants gazeux : gaz naturel véhicule (GNV) et gaz de pétrole liquéfié (GPL), densité, indice d'octane, volatilité, composition chimique, soufre, et incidence sur le comportement moteur.

Influence de la formulation du carburant sur les émissions de polluants réglementés et non réglementés et sur la consommation.

**Lubrification - Fiabilité - Usure**

0,5 j

Impact du fonctionnement au gaz sur la lubrification et les propriétés des huiles.

Impact du fonctionnement au gaz sur les bases moteur. Risques en usure et en fiabilité. Conséquences sur les définitions moteur.

**Système contrôle moteur**

0,5 j

Rappels sur les structures de contrôle des moteurs à allumage commandé et à compression.

Impact du fonctionnement au gaz sur l'architecture de contrôle de ces moteurs.

Définitions techniques des systèmes de contrôle moteurs gaz (détendeurs, réservoir, capteurs de pression, vannes, capteurs de température).

Impact du fonctionnement au gaz sur les stratégies de contrôle.

**Post-traitement des gaz d'échappement**

0,5 j

Rappels sur le post-traitement des moteurs à allumage commandé et à compression.

Impact du fonctionnement au gaz sur le post-traitement de ces moteurs.

LANGUE	DATES	LIEU	PRIX HT	CONTACT INSCRIPTION
FR	26 - 28 Mai	Rueil	1 750 €	ML ml.rueil@ifptraining.com

Peut être adapté à vos besoins spécifiques et organisé dans le lieu de votre choix

# Les moteurs 2 Temps

**2 Jours**

 Niveau : **Fondamentaux**

## FINALITÉ

Donner aux participants une vue d'ensemble sur la technologie et les intérêts du moteur 2 temps.

## PUBLIC

Ingénieurs et techniciens désirant une information technique relative au fonctionnement des moteurs 2 temps essence et Diesel.  
En particulier ceux travaillant chez les constructeurs de ces moteurs, leurs principaux clients et leurs fournisseurs

## OBJECTIFS

- Connaître les principes fondamentaux du moteur 2 temps.
- Comprendre les différences de technologie en fonction des applications.
- Savoir comparer les avantages et inconvénients face aux moteurs 4 temps.
- Comprendre les raisons du potentiel regain d'intérêt pour ce type de motorisation dans le futur.

## LES + PÉDAGOGIQUES

- Formation de type conférence.
- Vision dépassant largement l'automobile par des experts de ces domaines.
- Illustrée par de nombreux exemples et ordre de grandeur.



Responsable : Marc Bonnin

## PROGRAMME

### Principes fondamentaux

Principe de fonctionnement.  
Cycle thermodynamique, diagramme PV.  
Paramètres fondamentaux : PMI, PME, balayage, rendements (de balayage, de livraison), taux de gaz résiduels, remplissage.  
Principales grandeurs utilisées, graphes classiques.

**0,5 j**

### 2 temps essence de petite et moyenne cylindrée

Historique.  
Pourquoi l'a-t-on abandonné ? Les idées fausses.  
Technologie et évolutions  
Architecture : distribution, balayage, admission, transfert, chambre de combustion.  
Acoustique : ondes de pression à l'échappement, intérêt d'un pot de détente.  
Lubrification, spécificités des huiles 2 temps.  
Avantages et inconvénients. Intérêt en terme de performances.  
Optimisation de la consommation en carburant.  
Nouvelles technologies : injection directe, CAI ; injection d'essence assistée par air.  
Carter pompe vs culasse à soupapes.

**0,5 j**

### Moteurs de 2 roues et engins de loisir

Moteurs de 2 et 3 roues : marché, contraintes de dépollution, technologies.  
Moteurs de motoneige et de motomarine : marché, dépollution, adaptations spécifiques.  
Moteurs "hors bord" : besoins spécifiques, nouvelles technologies, environnement, comparaison 2 temps/4 temps.  
Autres applications : entretien de jardin (tronçonneuse, tondeuse, ...), trishaw, modélisme, automobile.

**0,5 j**

### Applications automobiles

Applications anciennes : DKW, Trabant, Wartburg, Goliath...  
Applications récentes : Ford-Orbital, Toyota, Daihatsu, Subaru, ...  
Applications futures possibles : petits véhicules low-cost.  
Véhicules hybrides et électriques : application en Range Extender.  
Applications exotiques : aéronautique (2 temps Diesel).

**0,5 j**

# Les gros moteurs marins et stationnaires

2 Jours

Niveau : **Fondamentaux**

## FINALITÉ

Donner aux participants une vue d'ensemble sur les technologies des moteurs Diesel marins 2 et 4 temps de puissance supérieure à 6000 ch.

## PUBLIC

Ingénieurs et techniciens désirant une information technique relative au fonctionnement des moteurs marins, 2 temps et 4 temps Diesel. En particulier ceux travaillant chez les constructeurs de ces moteurs, leurs principaux clients et leurs fournisseurs.

## OBJECTIFS

- Décrire les principes fondamentaux du moteur 4 temps.
- Décrire les principes fondamentaux du moteur 2 temps.
- Connaître les principes de la combustion gaz dans les moteurs.
- Expliquer les différences de technologie en fonction des applications.
- Comparer les avantages et inconvénients des moteurs 2 temps face aux moteurs 4 temps.

## LES + PÉDAGOGIQUES

- Formation de type conférence.
- Vision dépassant largement l'automobile par des experts des deux grands domaines : 2 roues et marin.
- Illustrée par de nombreux exemples et ordre de grandeur.



Responsable : Marc Bonnin

## PROGRAMME

### Principes fondamentaux

0,5 j

Principe de fonctionnement.  
Cycle thermodynamique, diagramme PV.  
Paramètres fondamentaux : PMI, PME, balayage, rendements (de balayage, de livraison), taux de gaz résiduels, remplissage.  
Principales grandeurs utilisées, graphes classiques.

### Moteurs à gaz et cogénération

0,25 j

Raison de leur développement, bilan CO<sub>2</sub>.  
Différents modes de fonctionnement.  
Carburants utilisés, utilisation du biogaz, valorisation des déchets.  
Domaines d'application.  
Avantages/inconvénients face à un moteur Diesel (ressources de carburant, émissions polluantes).  
Avantages/inconvénients face à une turbine (rendement, consommation, émissions polluantes).  
Intérêts de la cogénération.

### Moteurs marins 2 temps/4 temps

0,25 j

Historique sur la propulsion marine.  
Contraintes et spécificités de la propulsion marine.  
Choix du type de moteur le plus adéquat en fonction de l'application. Comparatif 2 temps/4 temps.  
Moteurs 2 temps - Moteurs 4 temps : différentes architectures.  
Analyse de diverses applications (navire de croisière, porte container, sous-marin, ...).

### 2 temps Diesel de forte cylindrée : moteurs marins et stationnaires

1 j

Historique : locomotive, camions, bus.  
Technologie : architecture, injection, refroidissement, suralimentation, distribution.  
Contraintes et spécificités.  
Circuit de carburant et huile de graissage.  
Carburants, carburants alternatifs.  
Analyse de diverses applications (navire de croisière, porte container, sous-marin) et choix du type de moteur le plus adéquat (2 temps ou 4 temps ?).

# Groupes motopropulseurs hybrides et électriques

**4 Jours**

 Niveau : **Fondamentaux**

## FINALITÉ

Informer les participants sur des nouvelles voies vers lesquelles les motoristes s'orientent pour assurer la propulsion des véhicules particuliers.

## PUBLIC

Ingénieurs, cadres et techniciens désireux d'élargir leurs connaissances concernant des alternatives dans le domaine des GMP hybrides électriques d'automobile.

## OBJECTIFS

- Connaître le contexte général de l'hybridation actuelle, les différentes formes d'hybridations des véhicules routiers.
- Savoir quels sont les principaux domaines techniques des VEM.
- Connaître les différents types de batteries et moteurs électriques adaptés aux véhicules hybrides.
- Comprendre le fonctionnement d'une chaîne de traction hybride étudié sur simulateur.

## LES + PÉDAGOGIQUES

- Cette formation est un best-seller.
- Fondamentalement interactive, appuyée sur des exemples et des pièces réelles elle aborde les principaux domaines techniques des GMP hybrides.

## OBSERVATION

Ce programme peut être enrichi d'une étude sur la modélisation des GMP Hybrides, d'une étude d'architecture sur simulateur, d'essais et d'analyse sur une Toyota Prius. Choisissez page suivante le stage GMPH\*.

**Responsable :** Guillermo Ballesteros

## PROGRAMME

### Groupes motopropulseurs hybrides et électriques

Facteurs qui motivent l'émergence de ces technologies (intérêt et enjeux).

Deux classes d'architectures hybrides : série, parallèle.

Architectures parallèles.

Simple arbre par entraînement par façade accessoires (STT + Adex), full hybride.

Double arbre, hybride par les roues, dérivation électrique de puissance (DR), dérivation électrique n modes (DRnM).

Fonctions de gains de consommation : Stop and Start, récupération au freinage, optimisation énergétique, méthodes de mesure de la consommation, comparaison des prestations, pollutions.

Nouveaux organes : moteur thermique, machine électrique, onduleur, convertisseur, survolteur, batterie.

Panorama, bilan technico-économique et conclusions.

**1 j**

### Systèmes embarqués de stockage de l'énergie

Batterie électrochimique : principe de fonctionnement, caractéristiques et performances des différentes technologies (plomb-acide, cadmium-nickel, hydrogène-nickel, lithium-ion, lithium-polymère, ...).

Supercondensateurs : principe, performances.

Intégration dans le véhicule.

**0,5 j**

### Électronique de puissance

Composants de puissance : Mosfet, IGBT, ...

Structures d'électronique de puissance : convertisseurs DC-DC, DC-AC, ...

Caractéristiques de puissance, contraintes d'implantation, aspects thermiques et vibratoires.

Compatibilité électromagnétique.

**0,5 j**

### Moteurs électriques

Différentes technologies de moteurs électriques : principe de fonctionnement, caractéristiques, performances, évolution.

Contraintes d'implantation : compacité, refroidissement.

Exemples d'applications sur véhicules.

**0,5 j**

### Principes et lois de commande

Comment commander les moteurs électriques, les divers convertisseurs ? Avec quels principes physiques ? Pour quel résultat ?

Fonctions principales, fonctions annexes.

**0,5 j**

### Contrôle des propulseurs hybrides et gestion de l'énergie

Flux d'énergie et supervision énergétique.

Objectifs et contraintes : consommation, pollution, balance de la batterie, freinage récupératif, fonction stop/start, boost du moteur thermique, agrément de conduite.

Techniques : contrôles empiriques, cas applicatif d'un véhicule de série, améliorations proposées aux contrôleurs empiriques, contrôleurs optimaux.

Synthèse et validation des contrôleurs : utilisation de modèles système, méthodes d'optimisation.

**0,5 j**

### Intégration véhicule

Démarche de construction d'un système complet : dimensionnement du système de stockage, de chaîne de traction.

Contraintes d'implantation.

**0,25 j**

### Gestion thermique

Gestion thermique des organes électriques.

Contraintes de thermique habitacle.

**0,25 j**

LANGUE	DATES	LIEU	PRIX HT	CONTACT INSCRIPTION
FR	01 - 04 Sept	Lyon	1 990 €	ML ml.rueil@ifptraining.com

Peut être adapté à vos besoins spécifiques et organisé dans le lieu de votre choix

# Groupes motopropulseurs hybrides et électriques - Modélisations, simulations, mesures et analyses

5 Jours

Niveau : **Fondamentaux**

## FINALITÉ

Informers les participants sur des nouvelles voies vers lesquelles les motoristes s'orientent pour assurer la propulsion des véhicules particuliers. Mettre en œuvre l'ensemble des connaissances théoriques par la pratique de la modélisation et de la simulation des GMP des véhicules hybrides. Consolider concrètement les acquis par la mesure et l'analyse d'essais sur une Toyota Prius.

## PUBLIC

Ingénieurs, cadres et techniciens désireux d'élargir leurs connaissances concernant des alternatives dans le domaine des GMP hybrides électriques d'automobile.

## OBJECTIFS

- Connaître le contexte général de l'hybridation actuelle, les différentes formes d'hybridations des véhicules routiers.
- Connaître les différents types de batteries et moteurs électriques adaptés aux véhicules hybrides.
- Comprendre le fonctionnement d'une chaîne de traction hybride étudié sur simulateur.
- Développer un modèle de véhicule hybride et le simuler avec Matlab-Simulink.
- Analyser et concevoir une architecture hybride à l'aide d'un modèle AMESIM.
- Simuler les lois de gestion d'énergie, quantifier la performance CO<sub>2</sub> d'une architecture hybride.
- Mesurer, tester et analyser le fonctionnement d'une Toyota Prius sur un banc d'essais.

## LES + PÉDAGOGIQUES

- Cette formation est un best-seller.
- Fondamentalement interactive, appuyée sur des exemples et des pièces réelles elle aborde les principaux domaines techniques des GMP hybrides.
- Conception d'un modèle et d'un simulateur de véhicule hybride sur Matlab-Simulink.
- Ce simulateur est opérationnel, fonctionnel et évolutif. Il peut servir de base à d'autres études que les stagiaires pourront réaliser dans leur cadre professionnel.
- Mesures et analyses sur une Toyota Prius 2. Les participants peuvent comparer les mesures sur la maquette et simulation numérique sur ordinateur.
- Les participants simulent les impacts des choix d'architecture sur un simulateur AMESIM de l'IFP Energies nouvelles.

**Responsable** : Guillermo Ballesteros

## PROGRAMME

### Groupes motopropulseurs hybrides et électriques

Deux classes d'architectures hybrides : série, parallèle (intérêt et enjeu). Architectures parallèles. Simple arbre par entraînement par façade accessoires, full hybride. Double arbre, hybride par les roues, dérivation électrique de puissance, dérivation électrique n modes. Fonctions de gains de consommation. Panorama, bilan technico-économique et conclusions.

1 j

### Systèmes embarqués de stockage de l'énergie

Batterie électrochimique : principe de fonctionnement, caractéristiques et performances des différentes technologies.

Supercondensateurs : principe, performances.

Intégration dans le véhicule.

0,5 j

### Électronique de puissance

Composants de puissance. Structures d'électronique de puissance

Caractéristiques de puissance, contraintes d'implantation, aspects thermiques et vibratoires.

Compatibilité électromagnétique.

0,5 j

### Moteurs électriques

Différentes technologies de moteurs électriques : principe de fonctionnement, caractéristiques, performances, évolution.

Contraintes d'implantation : compacité, refroidissement. Exemples d'applications sur véhicules.

0,5 j

### Principes et lois de commande

Comment commander les moteurs électriques, les divers convertisseurs ? Avec quels principes physiques ? Pour quel résultat ? Fonctions principales, fonctions annexes.

0,5 j

### Contrôle des propulseurs hybrides et gestion de l'énergie

Flux d'énergie et supervision énergétique. Objectifs et contraintes. Techniques.

Synthèse et validation des contrôleurs.

0,5 j

### Intégration véhicule

Démarche de construction d'un système complet : dimensionnement du système de stockage, de chaîne de traction. Contraintes d'implantation.

0,25 j

### Gestion thermique

Gestion thermique des organes électriques. Contraintes de thermique habitacle.

0,25 j

### Modélisation et simulation numérique de véhicule hybride

Développement d'un modèle de véhicule hybride sous Matlab-Simulink.

Modélisation des composants d'une chaîne de traction : modélisation des moteurs thermiques, des machines électriques, des réducteurs, des trains épicycloïdaux, des embrayages.

Modélisation de la Toyota Prius avec Matlab-Simulink. Étude des stratégies de gestion d'énergie.

0,5 j

### Mesures, essais et analyse d'une Toyota Prius

Cette partie s'appuie sur l'utilisation d'une maquette pédagogique fonctionnelle de véhicule hybride (Toyota Prius 2).

Identification des composants de la chaîne de traction : description du véhicule, moteur thermique, convertisseurs de puissance, moteurs électriques MG1 et MG2, calculateurs, convertisseurs AC/DC et DC/DC.

Mise en œuvre des notions de base, de la modélisation et de la simulation de la Toyota Prius pour définir les essais.

Mesures et analyse sur banc d'essais du comportement de la Prius. Mesure des principales grandeurs électriques dans les branches principales. Visualisation des flux d'énergie. Mesures sur plusieurs cas d'utilisation (climatisation, direction assistée, ...). Autres modes.

0,25 j

### Étude d'architecture par modélisation et simulation numérique

Cette partie s'appuie sur l'utilisation d'un modèle AMESIM d'un véhicule Hybride.

Étude d'architecture : choix des caractéristiques des moteurs thermiques (cylindrée, ...), choix des caractéristiques des machines électriques (puissances, ...), choix et calibration de lois de gestion d'énergie, mesure du score CO<sub>2</sub> du véhicule sur cycle d'homologation, recherche d'une architecture optimale, étude et analyse des essais.

0,25 j

LANGUE	DATES	LIEU	PRIX HT	CONTACT INSCRIPTION	
FR	01 - 05 Juin	Rueil	2 490 €	ML	ml.rueil@ifptraining.com
FR	23 - 27 Nov	Rueil	2 490 €	ML	ml.rueil@ifptraining.com

Peut être adapté à vos besoins spécifiques et organisé dans le lieu de votre choix

# Conception, modélisation et simulation d'entraînements électriques de traction automobile

5 Jours

Niveau : **Expertise**

## FINALITÉ

Concevoir, modéliser et simuler des entraînements électriques tout en intégrant les spécificités du monde automobile dès la conception, le développement et la spécification. Ce programme prolonge et complète la formation "Moteurs électriques de traction automobile" par la conception, la modélisation et la simulation d'entraînements électriques.

## PUBLIC

Ingénieurs et techniciens de conception ou d'essais, souhaitant concevoir, développer, modéliser, simuler ou utiliser des entraînements électriques dans le cadre de projets électriques et hybrides en y associant les contraintes techniques et économiques du monde des transports.

## OBJECTIFS

- Connaître le fonctionnement des moteurs électriques.
- Connaître le fonctionnement de l'électronique de puissance pilotant les moteurs électriques.
- Connaître les principes de la commande des moteurs électriques.
- Connaître le fonctionnement des entraînements électriques.
- Connaître le fonctionnement et les technologies des circuits de refroidissement du moteur électrique et de l'électronique de puissance.
- Concevoir, dimensionner, modéliser et simuler un entraînement électrique en intégrant le réducteur et les aspects dynamiques.
- Concevoir, dimensionner, modéliser et simuler un moteur électrique.
- Concevoir, dimensionner, modéliser et simuler une électronique de puissance.
- Concevoir et dimensionner les circuits de refroidissement du moteur électrique et de l'électronique de puissance.
- Effectuer des choix d'architecture sur la base des calculs de dimensionnement précédents.
- Comprendre les besoins d'adaptation fonctionnelle à la traction automobile.
- Intégrer les contraintes techniques, industrielles et économiques de l'automobile.

## LES + PÉDAGOGIQUES

Les présentations sont faites par des experts de l'industrie automobile. Elles sont accompagnées de démontage rapide et d'examen de pièces et d'exemples concrets des divers domaines (auto, poids lourd, off-road).

Responsable : Guillermo Ballesteros

## PROGRAMME

### Moteurs électriques automobiles

1,75 j

Rappels d'électrotechnique : mesures et grandeurs électriques ; composants d'électrotechnique ; circuits magnétiques ; production des champs magnétiques ; forces magnétiques ; induction électromagnétique ; impédances ; calculs vectoriels des tensions, des courants et des puissances ; pertes, rendement, dimensions des machines électriques ; transformateurs réels et idéaux et monophasés et triphasés.

Moteurs et génératrices à courant continu : principe de fonctionnement, circuit électrique équivalent, règles de dimensionnement. Méthodologie de conception. Exemples d'application sur véhicule. Contraintes d'implantation et conception. Process de fabrication, aspects industriel et économique.

Moteur et génératrice synchrone : principe de fonctionnement ; circuit électrique équivalent ; règles de dimensionnement ; méthodologie de conception ; contraintes d'implantation et conception ; process de fabrication, aspects industriel et économique ; exemples d'application sur véhicule.

Moteur et génératrice asynchrone : principe de fonctionnement ; circuit électrique équivalent ; règles de dimensionnement ; méthodologie de conception ; contraintes d'implantation et conception ; process de fabrication, aspects industriel et économique ; exemples d'application sur véhicule.

Refroidissement : technologies de refroidissement, dimensionnement des circuits de refroidissement, calcul des pertes thermiques des machines électriques.

### Électronique de puissance des entraînements électriques automobile

0,75 j

Circuits d'électronique de puissance de commande des moteurs et des génératrices : hacheurs, onduleurs, redresseurs ; technologies, fonctionnement et dimensionnement ; compatibilité électromagnétique ; caractéristiques de puissance, contraintes d'implantation, aspects thermiques et vibratoires ; process de fabrication, aspects industriel et économique ; exemples d'application sur véhicule.

Composants de puissance : principes, fonctionnements et dimensionnement ; refroidissement (technologies, fonctionnement et dimensionnement) ; calcul des pertes par conduction et par commutation des électroniques de puissance.

### Lois de commande des moteurs électriques automobiles

0,5 j

Rappels sur le contrôle et la supervision des machines électriques dans un véhicule électrique ou hybride et sur les lois de gestion d'énergie. Enjeux du contrôle en couple et en vitesse des moteurs électriques.

Réalisation et théorie du rapport cyclique d'ouverture. Contrôle du couple des machines à courant continu.

Contrôle vectoriel. Équations de Park. Réalisation et théorie de la modulation de largeur d'impulsion (MLI). Commande du flux et du couple des machines synchrones et asynchrones.

Commande par glissement des machines asynchrones.

### Conception, modélisation et simulation de l'électronique de puissance

1 j

Conception, modélisation et simulation d'un hacheur avec le logiciel Pspice. Modélisation des pertes et la performance de l'électronique de puissance.

Conception, modélisation et simulation d'un onduleur en pont et d'un onduleur triphasé le logiciel Pspice. Modélisation des pertes et la performance de l'électronique de puissance.

### Conception, modélisation et simulation des machines électriques et des lois de commande

1 j

Modélisation et simulation de machines électriques à partir de circuits équivalents. Modélisation et simulation de leurs commandes.

Modélisation et simulation d'une machine à courant continu. Analyse des caractéristiques d'une machine réelle. Création et calibration d'un modèle sous Matlab-Simulink. Modélisation et simulation du contrôle en couple des machines à courant continu par un hacheur.

Modélisation et simulation d'une machine asynchrone. Analyse des caractéristiques d'une machine réelle. Création et calibration d'un modèle sous Matlab-Simulink. Modélisation et simulation du contrôle en couple de la machine par la vitesse de glissement d'un onduleur triphasé.

Modélisation et simulation d'une machine synchrone. Analyse des caractéristiques d'une machine réelle. Création et calibration d'un modèle sous Matlab-Simulink. Modélisation et simulation du contrôle en couple de la machine par contrôle vectoriel ou flux orientés (mise en œuvre des équations de Park) d'un onduleur triphasé.

LANGUE	DATES	LIEU	PRIX HT	CONTACT	INSCRIPTION
FR	15 - 19 Juin	Rueil	2 590 €	ML	ml.rueil@ifptraining.com

Peut être adapté à vos besoins spécifiques et organisé dans le lieu de votre choix

## Carburants automobiles actuels et futurs

3 Jours

Niveau : **Expertise****FINALITÉ**

Analyser l'évolution des carburants devant répondre aux exigences liées à l'évolution des moteurs.

**PUBLIC**

Cadres, ingénieurs et techniciens des industries automobiles, du raffinage, des agrocarburants, ... concernés par l'évolution de la qualité des carburants automobiles, en relation avec les technologies appliquées aux moteurs.

**OBJECTIFS**

- Connaître les propriétés des carburants automobiles actuels et à venir.
- Identifier les facteurs d'évolution des carburants : utilisateurs, réglementations et technologies moteurs.
- Comprendre les contraintes liées à l'environnement et les moyens mis en œuvre pour améliorer la qualité de l'air : systèmes de traitement des gaz d'échappement et composition des produits.

**LES + PÉDAGOGIQUES**

Les 2 premiers jours sont consacrés aux produits tels qu'ils sont fabriqués aujourd'hui. Le dernier jour, les filières biocarburants actuelles et futures sont présentées par un spécialiste du domaine.

Responsable : Thierry Soto

**PROGRAMME****Supercarburants**

1 j

Évolution du marché et répartition entre les supercarburants.

Principe du moteur alternatif à allumage commandé.

Propriétés recherchées pour les carburants-auto. En fonction de l'évolution actuelle des programmes européens (EURO 6), l'accent est mis sur les points suivants :

Volatilité : pression de vapeur et distillation ASTM. Influence de la volatilité sur le fonctionnement moteur.

Combustion : facteurs déterminants, nature et conséquence du cliquetis, définition et mesure des indices d'octane des carburants.

Toxicité : teneur en benzène, aromatiques et oléfines.

Corrosivité, stabilité.

Pollution par les gaz d'échappement : composition des émissions.

Schéma de fabrication des supercarburants. Caractéristiques des différentes bases pétrolières obtenues en raffinerie.

Fabrication industrielle : mélanges en ligne, utilisation des analyseurs ; notion d'intégré bac ; intérêt de la certification des analyseurs.

**Gazole moteur**

1 j

Évolution du marché, problèmes posés par le développement important de la motorisation Diesel.

Principe du moteur alternatif à allumage par compression.

Propriétés recherchées pour le gazole moteur. En fonction de l'évolution actuelle, l'accent est mis sur les points suivants :

Viscosité : impact sur les équipements présents sur le circuit d'injection et sur la qualité de l'injection.

Combustion : délai d'auto-inflammation. Définition et mesures de l'indice de cétane.

Influence du cétane sur la qualité de combustion.

Tenue au froid : point de trouble et TLF.

Spécifications de composition liées à la réduction des émissions polluantes, notamment la teneur en polyaromatiques : impacts sur la formulation des gazoles.

Pollution par les gaz d'échappement du moteur Diesel : particules, HAP, NOx. Objectifs des programmes Européens (EURO 6).

Formulation du gazole moteur.

Fabrication industrielle : mélanges en ligne, optimisation de l'unité de désulfuration.

**Carburants alternatifs et biocarburants**

1 j

*Pour chacun des carburants alternatifs cités, on examine les forces et les faiblesses, leurs performances, les adaptations nécessaires des véhicules. Dans le cas des biocarburants, les impacts environnementaux sont aussi analysés : émission de polluants, analyse des cycles de vie.*

Carburant gazeux : GPL-C, GNV et DME.

Carburants liquides : éthers, GTL, CTL, autres bases.

Biocarburants de première génération : ETOH, ETBE, E10, E85, biodiesel, B30, B100.

Biocarburants de seconde génération : BTL, NEXBTL.

Émulsions : EEG.

LANGUE	DATES	LIEU	PRIX HT	CONTACT INSCRIPTION
FR	06 - 08 Oct	Rueil	1 670 €	RRU rc.rueil@ifptraining.com

Peut être adapté à vos besoins spécifiques et organisé dans le lieu de votre choix

# Impact des propriétés des nouveaux carburants sur le fonctionnement des moteurs et turbines

3 Jours

Niveau : **Fondamentaux**

## FINALITÉ

Sensibiliser les personnes travaillant dans l'industrie automobile, aéronautique ou pétrolière au potentiel et éventuelles difficultés liés à l'utilisation des nouveaux carburants envisagés pour le futur proche ou plus lointain :

- biocarburants (éthanol, éthers ETBE, huiles végétales directes HVD, esters d'acides gras EAG), en mélange en différentes proportions avec les essences ou les gazoles
- carburants gazeux : GPL, GNV (Gaz Naturel Véhicule), DME (di-méthyl éther), hydrogène
- carburants de synthèse (GTL - Gas-to-Liquid, BTL - Biomass-to-Liquid, CTL - Coal-to-Liquid)
- jets fuels alternatifs : huiles végétales hydrogénées, biojets de synthèses, voies biologiques, ...

## PUBLIC

Cadres, ingénieurs ou techniciens concernés par l'évolution des caractéristiques des carburants dans les années à venir et par l'impact de cette évolution sur le fonctionnement des moteurs.

## OBJECTIFS

- Identifier le contexte de développement des carburants alternatifs (contexte politique, mécanismes de normalisation de nouveaux produits).
- Décrire les principaux schémas d'obtention de ces produits et leur impact économique et environnemental.
- Identifier les principales caractéristiques de ces produits et leur impact sur le fonctionnement du moteur.
- Définir les adaptations moteur et véhicule qui en résultent.

## LES + PÉDAGOGIQUES

Formateurs experts de l'industrie.

Responsable : Laurent Crestois

## PROGRAMME

### Constitution et principales propriétés des carburants

Introduction, contexte technique, politique et environnemental.  
Principaux modes de production des carburants fossiles.  
Familles d'hydrocarbures, alcools, éthers, esters d'acides gras.  
Propriétés demandées aux carburants pour le fonctionnement des moteurs/turbines  
Contenu énergétique  
Volatilité : pression de vapeur, distillation  
Combustion : indices d'octane et indice de cétane  
Tenue au froid : point de trouble, TLF, point d'écoulement, point de disparition des cristaux  
Pouvoir lubrifiant  
Viscosité  
Teneur en soufre  
Stabilité, corrosivité.  
Constitution des essences, gazoles et jets fuels à partir des bases pétrolières.  
Spécifications.

1 j

### Biocarburants

Contexte et enjeux  
Politiques biocarburants dans le monde : cas du Brésil, des USA, de l'Europe.  
Filières de production des biocarburants, notion de bilan environnemental "du puits à la roue", disponibilité ressources.  
Biocarburants pour moteurs à allumage commandé  
Filières de fabrication.  
Caractéristiques de l'éthanol et de l'ETBE.  
Potentiel et difficultés liés à l'utilisation de mélanges essence-alcool : indice d'octane, chaleur latente de vaporisation, tolérance à l'eau, volatilité, corrosion, émission de polluants, lubrification.  
Motorisations dites "flex-fuel" : impacts sur le fonctionnement des moteurs, difficultés liées à l'utilisation de carburants à forte teneur d'éthanol, solutions techniques.  
Potentiel de l'éthanol "de seconde génération".  
Biocarburants pour moteurs Diesel  
Utilisation des huiles végétales directes (HVD) sur moteurs Diesel : principes et limites.  
Caractéristiques des esters d'acides gras et impacts sur le fonctionnement des moteurs : solubilité, absence de soufre, pouvoir lubrifiant, émissions, pouvoir détergent, dilution, indice de cétane, comportement à froid, pouvoir calorifique.  
Stabilité au stockage, stabilité à l'oxydation.  
"Biohydrocarbures" (huiles hydrotraitées) : modes de production, caractéristiques.  
Biocarburants pour turbines  
Principe de la certification, fit-for-purpose tests, notion de carburant drop-in.  
Principales voies de production certifiées ou en cours de certification (huiles végétales hydrotraitées, biojets de synthèses, voies biologiques (Sugar to Alkane, Direct Sugar to Hydrocarbons, Alcohol to Jet, ...)).  
Impact sur la logistique, l'aéronef et le fonctionnement des turbines aéronautique.

1,25 j

### Autres carburants alternatifs

Carburants alternatifs de synthèse : GtL, BtL, méthanol : schémas d'obtention de ces carburants.  
Impacts économiques et environnementaux.

0,25 j

### Carburants gazeux : GPL-C, GNV (Gaz Naturel Véhicule), DME, hydrogène

Origine et ressources de ces carburants.  
Utilisation sur moteurs d'automobiles et industriels, impact sur les performances et les émissions, stockage.  
Cas des turbines stationnaires.

0,5 j

LANGUE	DATES	LIEU	PRIX HT	CONTACT INSCRIPTION
FR	04 - 06 Mai	Rueil	1 750 €	ML ml.rueil@ifptraining.com

Peut être adapté à vos besoins spécifiques et organisé dans le lieu de votre choix

# Transmissions

Architecture - Adaptation au moteur - Lubrification

3 Jours

Niveau : **Fondamentaux**

## FINALITÉ

Apporter les connaissances relatives aux transmissions pour permettre de traiter les sujets d'adaptation moteur/véhicule, les contraintes croisées sur les deux organes moteur/transmission, les sujets de mise au point du groupe motopropulseur.

## PUBLIC

Ingénieurs, cadres et techniciens travaillant dans le domaine des moteurs d'automobile et désirant connaître le rôle des transmissions et l'incidence de ces matériels sur le fonctionnement du GMP.

## OBJECTIFS

- Savoir aborder un projet moteur dans la perspective du développement d'un groupe motopropulseur complet.
- Connaître les divers types de transmission.
- Comprendre leur fonctionnement et identifier les interactions moteur/transmission.
- Savoir les associer aux domaines spécifiques de diverses industries.

## LES + PÉDAGOGIQUES

- Approche interactive par les experts formateurs.
- Jeux de test de connaissance acquise.
- Exercices d'adaptation de démultiplications.
- Exercices d'adaptation de lois de boîtes de vitesses automatiques.

Responsable : Marc Bonnin

## PROGRAMME

### Typologies des transmissions automobiles

0,25 j

Éléments constitutifs d'une chaîne de transmission : embrayage, boîte de vitesses, pignons et arbres, transmissions longitudinales et transversales, pont.

Spécificité des transmissions pour véhicule hybride.

Transmissions à rapports discrets ou à variation continue, changements de rapport avec ou sans rupture de couple, fonctionnement manuel ou piloté électroniquement.

### Ponts et différentiels

0,25 j

Différentiels : description, principe de fonctionnement, limitations et solutions techniques.

Ponts : différents types (conique, hypocyloïde, roue et vis) : avantages et inconvénients respectifs.

Lubrification : exigences pour les lubrifiants selon les types.

### Architecture des boîtes de vitesse mécaniques

0,5 j

Boîte de vitesses mécanique, architecture à 2, 3 ou 4 arbres, contraintes d'encombrement et d'assemblage groupe motopropulseur.

Boîte de vitesses mécanique robotisée, optimisation consommation ou sportive.

Boîte de vitesse à double embrayage, architecture et fonctionnement.

Exigences de lubrification, spécificités des constructeurs.

### Embrayage et transmission de couple

0,25 j

Embrayage mécanique conventionnel, double volant amortisseur (DVA), embrayages automatiques.

Fonctionnement et dimensionnement : paramètres structurants, impact moteur.

Défaillances, paramètres d'usure.

### Architecture des transmissions automatiques

0,5 j

Boîte de vitesses automatique hydraulique, architecture, contraintes d'encombrement et d'assemblage du groupe motopropulseur (GMP), commandes associées.

Véhicules hybrides (série et parallèle) : principales architectures et lubrification.

Transmission à variation continue (CVT), architecture et fonctionnement. Applications non automobiles, transmission à variation infinie (IVT), transmission hydrostatique.

Exigences de lubrification, spécificités des constructeurs.

### Mise au point groupe motopropulseur électronique

0,25 j

Boîte de vitesses mécanique robotisée, boîte de vitesses à double embrayage, boîte de vitesses automatique hydraulique : règles générales de mise au point.

Architectures électroniques et calculateurs, paramètres de mise au point.

### Adaptation

0,5 j

Contraintes d'installation, de thermique. Impact sur les architectures véhicules. Commande de vitesse, mécanique, semi-mécanique ou électrique.

Principes d'adaptation véhicules, critères d'optimisation : performances, dépollution, consommation, acoustique et vibrations.

Prise en compte de contraintes supplémentaires.

*Exercices d'applications.*

### Boîtes de vitesses véhicules industriels

0,5 j

Boîtes mécaniques : principales différences avec les véhicules de tourisme (boîtes relais, ralentisseurs, ...). Exigences de lubrification. Spécificités des constructeurs.

Boîtes automatiques : spécificités de l'application par rapport aux véhicules de tourisme.

Cas des engins agricoles ou de chantier TP.

LANGUE	DATES	LIEU	PRIX HT	CONTACT	INSCRIPTION
FR	13 - 15 Oct	Rueil	1 750 €	ML	ml.rueil@ifptraining.com

Peut être adapté à vos besoins spécifiques et organisé dans le lieu de votre choix

# Évolution technique des moteurs

**2 Jours**

 Niveau : **Fondamentaux**

## FINALITÉ

Apporter une vue complète et actuelle du monde des moteurs automobiles ou poids lourds. Cette formation permet d'actualiser les connaissances des participants sur les évolutions techniques des moteurs thermiques de voitures particulières et les raisons qui ont conduit à ces évolutions. Elle donne les clés des cahiers des charges des donneurs d'ordre et est bien adaptée aux équipementiers de rang 1 ou 2 de l'automobile.

## PUBLIC

Ingénieurs travaillant dans le domaine des moteurs ou des équipements des moteurs, désireux de réactualiser leurs connaissances sur les évolutions techniques de ces derniers liées aux nouveaux procédés de combustion, à la sévèrisation des normes de dépollution, aux demandes de réduction de la consommation.

## OBJECTIFS

- Situer les solutions techniques par rapport à l'ensemble du contexte de conception d'un moteur.
- Connaître les évolutions techniques actuelles et futures des moteurs à essence et Diesel.
- Comprendre la physique qui a conduit à adopter ces solutions.
- Savoir échanger de manière compétente entre clients et fournisseurs.

## LES + PÉDAGOGIQUES

- Approche interactive et ludique des moteurs.
- Vidéos didactiques courtes.
- Un best-seller.

Responsable : Marc Bonnin

## PROGRAMME

### Introduction

Rendements et paramètres classiques d'un moteur : différents rendements, grandeurs couramment utilisées, graphes les plus utilisés. **0,25 j**

### Contraintes dépollution et consommation

Enjeu et évolution des normes de dépollution. **0,25 j**

Formation des polluants HC, CO, NOx, particules. Comparaison essence/Diesel.

Consommation : décomposition du rendement global du moteur en produit de 4 rendements, facteurs influençant chacun de ces rendements. Comparaison essence/Diesel, part du carburant, du moteur, de l'adaptation moteur-véhicule.

### Évolution des technologies essence

Combustion normale et anormale (cliquetis, préallumage, rumble). **0,5 j**

Remplissage en air des moteurs : influence de différents paramètres sur l'évolution du coefficient de remplissage en fonction du régime, utilisation des ondes de pression à l'admission et à l'échappement pour améliorer ce remplissage.

Distribution variable - Intérêt et solutions techniques : déphaseurs d'arbres à cames, systèmes bi-cames, variation continue mécanique, camless. Cycles Miller et Atkinson.

Injection directe essence (IDE) : technologie, avantages et inconvénients, stratégies richesse 1 et stratifié. Downsizing, intérêt du couplage IDE + suralimentation + distribution variable.

### Évolution des technologies Diesel

Combustion dans les moteurs Diesel à injection directe : formation des polluants, comportement des jets de carburant dans la chambre de combustion, rôle et génération du swirl. **0,5 j**

Recirculation des gaz d'échappement (EGR) : intérêt de l'EGR et de son refroidissement, by-pass de refroidisseur d'EGR, EGR haute et basse pression.

Intérêt de l'élévation des pressions d'injection et des multi-injections. Évolution des systèmes d'injection, injecteurs-pompes, common-rail.

Suralimentation par turbocompresseur, intérêt de la géométrie variable et du double turbo.

Nouveaux procédés de combustion Diesel : HCCI (Homogeneous Charge Compression Ignition).

### Post-traitement des gaz d'échappement

Moteurs essence : catalyse trifonctionnelle ; problématique de l'amorçage du catalyseur. **0,25 j**

Moteurs Diesel : catalyseur d'oxydation, performances et régénération du filtre à particules, avantages et inconvénients du 5<sup>ème</sup> injecteur. Piège à NOx. SCR (Selective Catalytic Reduction).

### Contrôle moteur

Structure générale d'un système de contrôle essence et Diesel. Gestion du couple moteur. **0,25 j**

Composants : actionneurs, capteurs, calculateurs.

Système électronique : alimentation, faisceaux, bus, multiplexage.

Logiciel : structure, traitement des entrées-sorties, stratégies, calibrations, évolutions.

Sûreté de fonctionnement. Diagnostic. Modes dégradés.

Méthodologie de développement : intervenants, étapes-clés, cycle en "V", outils.

# Physique de fonctionnement des moteurs

**14 Jours**

 Niveau : **Fondamentaux**

## FINALITÉ

Décrire la physique de fonctionnement des moteurs à la fois sous les aspects mécaniques, remplissage en air, combustion, carburant, post-traitement des gaz d'échappement.

## PUBLIC

Ingénieurs, cadres et techniciens travaillant dans les secteurs du bureau d'études de conception, de la fiabilité, des essais au banc ou de la mise au point moteurs et désirant consolider leurs connaissances sur le fonctionnement des moteurs, les lois physiques mises en œuvre, la conception des différentes pièces constitutives.

## OBJECTIFS

- Calculer des sections effectives d'écoulement dans la culasse, dans les circuits EGR ou autres circuits fluides.
- Comprendre et appliquer les formules de calculs utilisées lors des essais au banc moteur.
- Savoir interpréter certains résultats d'essais au niveau des émissions et du rendement.
- Savoir analyser les causes d'endommagement de pièces.
- Comprendre le langage et les outils utilisés pour l'analyse des vibrations.

## LES + PÉDAGOGIQUES

Cette formation est illustrée par de nombreux exercices pratiques issus de cas réels.

**Responsable** : Guillermo Ballesteros

## PROGRAMME

### Semaine 1

#### Fonctionnement thermodynamique du moteur

**1,5 jour**
**3,5 j**

- > Historique.
- > Notions de thermodynamique : premier et deuxième principe, limites de rendement d'un moteur. Énergie interne, enthalpie, entropie. Cycles thermodynamiques, cycle Beau de Rochas.

#### Architecture du moteur - Paramètres de performances et de rendement

**2 jours**

- > Paramètres géométriques : alésage, course, rapport volumétrique, diagramme de distribution.
- > Pression moyenne : PME, PMI, PMF.
- > Rendement global : analyse par le produit des 4 rendements et influence des paramètres de réglage.
- > Richesse, coefficient de remplissage, rendement volumétrique, pouvoir calorifique, énergie spécifique d'un mélange air-carburant.

### Semaine 2

#### Mécanique du moteur

**1,5 jour**
**3,5 j**

- > Acyclisme  
Efforts dus à la pression des gaz et aux efforts d'inertie. Conséquences de l'acyclisme et solutions pour atténuer leur impact.
- > Équilibrage  
Efforts d'inertie dus aux masses rotatives et aux masses alternatives. Utilité des contrepoids et des arbres d'équilibrage.
- > Distribution : description des différents types de commande de soupape, loi de levée.

#### Boucle d'air

**2 jours**

- > Lien entre remplissage et performances.
- > Remplissage en air : utilisation des ondes de pression dans les conduits d'admission et d'échappement
- > Distribution variable : présentation des principales technologies et de leurs applications.
- > Suralimentation par turbocompresseur : fonctionnement, technologie, adaptation.

### Semaine 3

#### Combustion

**2 jours**
**3,5 j**

- > Équation de combustion.
- > Combustion essence : propagation du front de flamme, influence de la turbulence ; influence du HLC et du calage (CA50) sur le rendement ; combustions anormales (cliquetis, préallumage, rumble).
- > Combustion Diesel : délai d'auto-inflammation, flammes de prémélange et de diffusion ; formation des polluants (PM, NOx, HC, CO), systèmes d'injection ; nombre de swirl ; EGR.

#### Carburants

**0,5 jour**

- > Familles d'hydrocarbures : indice d'octane et de cétane, viscosité, teneur en soufre ...
- > Biocarburants : mélanges essences-éthanol, huiles végétales, esters d'acides gras.

#### Post-traitement des gaz d'échappement

**1 jour**

- > Constitution et fonctionnement des catalyseurs d'oxydation (Diesel) et trifonctionnels (essence). Amorçage, efficacité. Mécanismes de vieillissement. OSC (Oxygen Storage Capacity). Sondes à oxygène. Pièges à NOx, réduction sélective (SCR). Filtration des particules.

### Semaine 4

#### Matériaux - Tenue mécanique

**1,5 jour**
**3,5 j**

- > Outils de base du métallurgiste : diagramme fer/carbone, TTT, TRC. Caractéristiques des alliages utilisés dans l'automobile : fontes, aciers, aluminiums. Procédés de fabrication des pièces brutes. Traitements de surface.
- > Propriétés mécaniques des pièces : module d'Young, limite élastique, résistance à la rupture. Analyse des pièces constitutives du moteur menant au choix du matériau et du procédé de fabrication.

#### Modes de dégradation des pièces

**1 jour**

- > Dégradation d'origine thermique, d'origine mécanique : diagramme de Goodman, aspects vibratoires. Dégradations d'origine tribologique : viscosité d'une huile, paramètres de lubrification, courbe de Stribeck.

#### Vibro-acoustique

**1 jour**

- > Grandeurs définissant une onde, mode de propagation. Vocabulaire du vibro-acousticien (dB, dBA, harmonique, résonance).
- > Création et acquisition du signal. Analyse et interprétation (sonagramme, tracking).
- > Bruits et vibrations du groupe motopropulseur, atténuation.

# Formation ingénieur motoriste

**60 Jours**

 Niveau : **Expertise**

## FINALITÉ

Apporter une formation moderne de haut niveau dans le domaine des moteurs (essence et Diesel). Apporter les éléments à la compréhension entre les différents corps de métiers de la R&D moteurs (motoristes, chimistes, acousticiens, électroniciens, ...).

## PUBLIC

Ingénieurs en activité dans l'industrie automobile (mécanique, électronique, ...) désirant acquérir la compétence moteurs. Cette formation intra-entreprise s'adresse aux sociétés souhaitant former un groupe de plus de 10 ingénieurs.

## OBJECTIFS

Acquérir les connaissances et les compétences requises pour exercer la fonction d'ingénieur motoriste.

## LES + PÉDAGOGIQUES

- TP utilisant des modèles de simulation (GT Power, Matlab, AMSIM, ...).
- Essais sur des moyens industriels (simulateurs, bancs d'essais).
- Nombreux exercices sur cas réels.
- Visite de moyens industriels.

Compte tenu de sa durée, la formation peut être validée, sous réserve de résultats satisfaisants aux contrôles de connaissances et d'une appréciation positive du travail réalisé dans le cadre de l'élaboration d'une thèse professionnelle, par un diplôme de Mastère Spécialisé Moteurs à Combustion Interne (MCI), délivré par IFP School.

## OBSERVATION

La formation est organisée sur une année calendaire en 12 modules de 5 jours à raison d'un module par mois, (pour un groupe d'au moins 10 personnes en partenariat avec l'entreprise demandeuse).

**Responsable** : Laurent Crestois

## PROGRAMME

### Introduction à l'étude et aux essais moteurs

Cycles de fonctionnement des moteurs alternatifs, théoriques et réels. Processus de combustion. Équation de combustion. Richesse. Aspects énergétiques de la combustion.

**3 j**

### Thermodynamique appliquée aux moteurs

Dépouillement de cycles réels, méthodes et travaux dirigés.

**2 j**

### Hydrocarbures et carburants pour automobiles

Introduction au raffinage. Supercarburants, gazole et biocarburants : caractéristiques et adaptations moteur-carburant. Relations composition/émissions à l'échappement.

**3 j**

### Combustion - Émissions à l'échappement et post-traitement

Combustion : combustion fondamentale, origine des polluants, processus et systèmes de combustion essence et Diesel, injection directe et indirecte, dépollution (EGR). HCCL.

Post-traitement des gaz d'échappement : catalyseurs et catalyse appliquée ; traitement HC, CO et NOx à richesse 1 ; traitement des particules et des NOx en mélange pauvre.

**7 j**

### Performances et mesures

*Travaux pratiques au banc d'essais moteur et sur simulateur : mesures physiques paramétriques, caractérisation des performances moteurs, analyses des gaz d'échappement, interprétations des résultats.*

**3 j**

### Architecture et technologies moteur

Parties fixes : bloc-cylindres et culasse, joint de culasse ; techniques de serrage.

Attelage mobile : vilebrequin, bielles, pistons, coussinets ; équilibrage.

Distribution : levée, dynamique, entraînement, technologies ; distributions variables.

**7 j**

### Matériaux et mise en œuvre

Métallurgie. Fonderie des métaux ferreux et non ferreux. Usinages. Matières plastiques. Process et méthodologies de prototypes. Visite d'une fonderie

**4 j**

### Thermique moteur - Lubrification et lubrifiants

Refroidissement : bilan thermique et besoins moteur, contraintes et conception du circuit de refroidissement, spécificités Diesel.

Lubrification et lubrifiants : tribologie, rôles, caractéristiques et classifications, influence sur le post-traitement, circuit de lubrification, gaz de carter (blow-by).

**2 j**

### Remplissage et composants du circuit d'air

Remplissage : pertes de charge, acoustique appliquée au remplissage, architectures lignes admission et échappement, cas de suralimentation.

Suralimentation : fonctionnement des turbocompresseurs, technologie, adaptation au moteur.

**6 j**

### Systèmes d'injection Diesel et essence - Allumage

Principes de base. Systèmes d'injection common-rail Diesel. IIE, IDE et allumage.

Common-rail : spécificités, pompe HP, rail, injecteurs. Problèmes technologiques. Contrôle.

**5 j**

### Contrôle et M.A.P. (Mise Au Point du GMP)

Contrôle GMP : automatismes, structure couple essence et Diesel, dépollution essence et Diesel, EGR et OBD, fonctions liées aux transmissions automatisées et à l'électrification du GMP. Supervision GMP et inter-systèmes.

Mise au point : MAP essence et Diesel, MAP transmissions automatisées.

*Sur simulateur : étude et calibration d'une loi de commande.*

**9 j**

### Boîtes de vitesses et transmissions

Boîtes manuelles, robotisées et automatiques : principes et technologie, embrayage et double volant amortisseur, différentiel, arbres et joints de transmission.

**2 j**

### Adaptation du GMP dans le véhicule

Vibro-acoustique : bases, caractérisation d'un GMP, bruits de bouche et qualité sonore.

Implantation du GMP dans un véhicule.

**2,5 j**

### GMP hybrides et électriques

Architectures séries et parallèles. Stockages d'énergie embarqués. Électronique de puissance. Moteurs électriques. Implantation et gestion thermique.

**1 j**

### Fiabilité

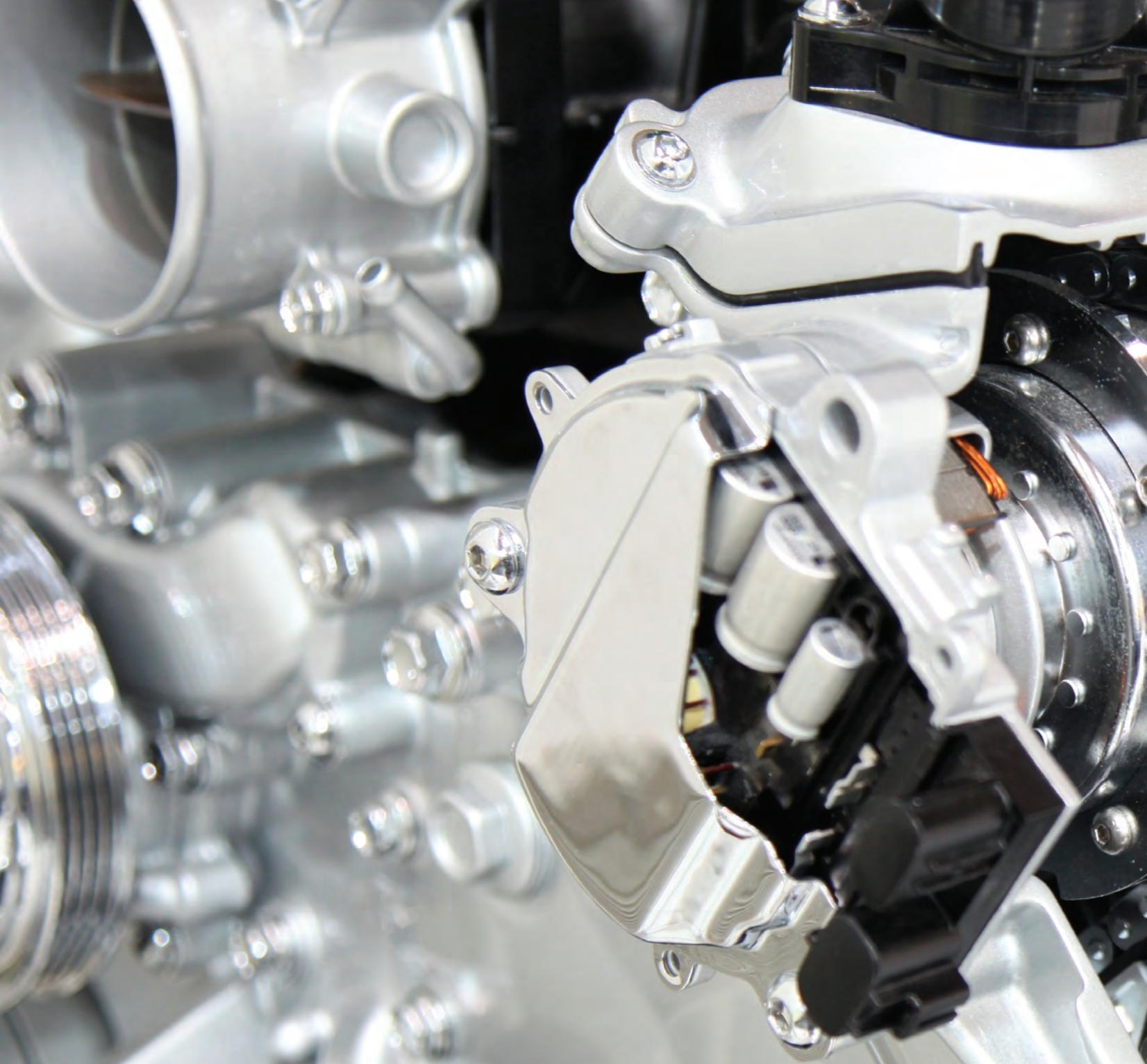
Introduction aux modes d'endommagement. Règles d'analyse. *Examens d'avaries.*

**3 j**

### Évaluation - Conclusions

**0,5 j**





# Conception de la base moteur



*p. 59 à 63*



# Conception moteur

Architecture - Dimensionnement - Procédés de Fabrication

4 Jours

Niveau : **Expertise**

## FINALITÉ

Apporter une vue d'ensemble sur les critères de conception et de dimensionnement de moteurs à pistons alternatifs, plus particulièrement ceux destinés à des applications automobiles.

## PUBLIC

Ingénieurs, cadres et techniciens travaillant dans le domaine des moteurs, désirant connaître la démarche aboutissant à des choix techniques et les méthodes de calculs utilisées pour le dimensionnement des pièces moteur.

## OBJECTIFS

- Décrire la démarche suivie pour les grands choix architecturaux d'un nouveau moteur en phase d'avant-projet : cylindrée, rapport alésage-course, structure de la culasse et du bloc, entraînement de distribution.
- Dimensionner par des méthodes simples les différentes parties de l'attelage mobile (piston et son axe, bielle, vilebrequin).
- Sélectionner et appliquer les critères retenus pour l'élaboration des lois de cames.
- Appliquer les principales règles utilisées pour le dessin du bloc et de la culasse.
- Être capable de choisir et justifier les choix des matériaux de chaque partie.

## LES + PÉDAGOGIQUES

Présentation très appliquée : nombreux exemples, exercices simples de dimensionnement réalisés par les stagiaires, études de cas.

Responsable : Marc Bonnin

## PROGRAMME

### Choix généraux d'architecture

Cahier des charges d'un nouveau moteur.

Présentation des principaux paramètres physiques du moteur.

Détermination des cotes principales : alésage, course, interfût, en fonction du cahier des charges : caractéristiques de PME et vitesse moyenne de piston de moteurs de même catégorie.

Démarche globale de conception attelage mobile, carter-cylindres, culasse, distribution.

0,5 j

### Dimensionnement de l'attelage mobile

Cinématique et dynamique de l'attelage mobile.

Choix de l'entr'axe de bielle. Mandoline. Calcul des efforts dans les liaisons.

Fonctions à assurer par le piston et sa segmentation. Dimensionnement de l'axe et des bossages.

Dimensionnement des coussinets.

Bielle : frettage de la bague et des coussinets, tenue à la fatigue et au flambement, dimensionnement des vis de bielle.

Vilebrequin : forme en fonction du nombre de cylindres, matière, contrepoids, sollicitations, méthode de prédimensionnement des manetons, tourillons, bras, circuit de graissage.

Équilibrage et dimensionnement des arbres d'équilibrage pour un moteur à 4 cylindres en ligne.

1,5 j

### Carter-cylindres et carter inférieur

Fonctions et sollicitations du carter-cylindres.

Choix du matériau et de l'architecture du bas moteur.

Construction de la chambre de bielle. Détermination de la hauteur carter.

Choix de la circulation d'eau.

Circuits d'huile, retours d'huile, cheminées de blow-by.

Face distribution, face accouplement, faces latérales.

Matériaux, procédés de fabrication, contraintes engendrées.

0,5 j

### Culasse

Fonctions de la culasse. Choix généraux d'architecture culasse. Matériau.

Définition du pas de cylindre : mise en place des fixations, de l'injecteur, des soupapes, de la commande de distribution. Conduits admission et échappement. Noyau d'eau, noyau d'huile. Circuit de graissage. Contraintes process.

Calcul de prédimensionnement des piliers.

Modes de défaillance. Validation.

Matériaux, procédés de fabrication, contraintes engendrées.

0,75 j

### Distribution

Technologies de commande de soupapes et d'entraînement de la distribution.

Soupapes, guides et sièges de soupapes, clavetages, ressorts.

Diagramme de distribution, section de passage. Détermination de la loi de levée.

Garde à l'affolement.

Critères de dimensionnement : efforts, pressions de Hertz, usure, bruit. Couple d'entraînement d'une came.

Exercice de calcul d'une loi de levée symétrique en attaque directe.

Codes de calcul, modélisation.

Systèmes de distribution variable.

0,75 j

LANGUE	DATES	LIEU	PRIX HT	CONTACT INSCRIPTION
FR	09 - 12 Juin	Rueil	1 990 €	ML ml.rueil@ifptraining.com

Peut être adapté à vos besoins spécifiques et organisé dans le lieu de votre choix

# Fiabilité moteur

**3 Jours**

Niveau : **Expertise**

## PROGRAMME

### FINALITÉ

Faire comprendre les phénomènes physiques à l'origine des dégradations des pièces moteurs, que ces phénomènes soient d'ordre thermique, mécanique, thermomécanique ou tribologique.

### PUBLIC

Ingénieurs, cadres et techniciens travaillant déjà dans le domaine des moteurs, en bureau d'études, bureau des méthodes ou dans des secteurs d'essais, de qualité ou d'après-vente, et concernés par les modes d'endommagement des pièces moteur au cours de leur utilisation.

### OBJECTIFS

- Posséder des éléments pour diagnostiquer l'origine probable d'un problème d'endommagement des pièces moteurs.
- Pouvoir dialoguer avec les spécialistes des essais et du laboratoire pour orienter l'analyse des pièces et les essais de validation à effectuer.
- Savoir suggérer des solutions susceptibles de résoudre le problème.

### PRÉ-REQUIS

Connaissances de base des moteurs.

### LES + PÉDAGOGIQUES

- Stage interactif appuyé sur de nombreux exemples de pièces réelles, des photos ou des vidéos.
- Exercice grandeur nature d'expertise de pièces, recherche des causes de défaillance, description du processus de détérioration.
- Possibilité de réaliser l'exercice sur une pièce préalablement fournie par un participant, avec ses conditions d'utilisation.

**Responsable :** Marc Bonnin

### Modes de dégradation des pièces moteurs

**0,75 j**

Outils du mécanicien, aspect statistique de la fiabilité.  
 Dégradation d'origine thermique : cokéfaction, perte de caractéristiques mécaniques, corrosion intergranulaire, brûlage, fluage, fusion, chute de viscosité du lubrifiant.  
 Dégradation d'origine mécanique : déformation plastique, défretage, rupture brutale ou par fatigue, aspects vibratoires.  
 Dégradation d'origine thermomécanique : contraintes générées par de la dilatation contrariée.  
 Dégradation d'origine tribologique : paramètres de lubrification, courbe de Stribeck, pitting, micro-reptation, desserrage, fretting/microsoudures, usure abrasive, usure adhésive, usure érosive, cavitation, scuffing, grippage, stick-slip.

### Endommagement des pièces mobiles

**0,75 j**

Bielle : modes de défaillance, sollicitations quasi-statiques, sollicitations dynamiques, flambement, tenue des vis.  
 Vilebrequin : sollicitations quasi-statiques (pression des gaz et inerties) et dynamiques (flexion et torsion), traitements de renforcement, galetage, calculs de dimensionnement, essais de fatigue.  
 Modes d'endommagement des coussinets : fatigue, usure, usure par cavitation, usure abrasive, usure par incrustation et pollution, microsoudures, grippage.  
 Piston : déformations, gommage des segments, tassement de jupe, grippage, contraintes dans les bossages d'axe.

### Endommagement des pièces fixes

**0,5 j**

Sollicitations mécaniques liées à la fabrication (assemblages, frettages, serrages) et à la pression de combustion.  
 Sollicitations thermiques et contraintes thermomécaniques.  
 Culasse : fissurations, matériaux, comportement de la face feu et solutions pour sa tenue, autres points critiques.  
 Collecteur d'échappement : sollicitations mécaniques et thermiques, matériaux, avaries rencontrées, solutions.  
 Joint de culasse : sollicitations, avaries, influence des déformations de culasse et de carter-cylindres, solutions.

### Refroidissement

**0,5 j**

Transferts de chaleur par conduction, convection, rayonnement, changement de phase. Bilan thermique.  
 Thermique et refroidissement du moteur : niveaux de températures atteints, points critiques, circulation du fluide de refroidissement dans le bloc et la culasse.  
 Circuit de refroidissement externe : branche permanente, branche thermostatée, pompe, échangeurs, thermostat, dégazage, fluide de refroidissement, dimensionnement.  
 Moyens de mesure thermique : thermocouples, thermistances, fluxmètres, pyrométrie infrarouge.

### Lubrification

**0,5 j**

Propreté du lubrifiant et conséquences sur l'usure.  
 Comportement rhéologique des huiles moteur et modification de ces propriétés en service :  
 - épaississement par oxydation, suies, boues noires et conséquences sur le démarrage à froid  
 - diminution de la viscosité par cisaillement du polymère ou par dilution et conséquences sur le moteur à chaud.  
 Stabilité thermique et à l'oxydation : craquage, épaississement, dépôts.  
 Lubrification de la distribution.

LANGUE	DATES	LIEU	PRIX HT	CONTACT INSCRIPTION
FR	04 - 06 Mai	Rueil	1 750 €	ML ml.rueil@ifptraining.com

Peut être adapté à vos besoins spécifiques et organisé dans le lieu de votre choix

# Refroidissement et environnement des moteurs

3 Jours

Niveau : **Expertise**

## FINALITÉ

Apporter aux participants les connaissances relatives à la thermique des moteurs et à la gestion énergétique du véhicule au travers des circuits externes de refroidissement.

## PUBLIC

Cadres et techniciens de conception ou d'essais de moteurs, concernés par la thermique, confrontés aux nouvelles contraintes thermiques, impactés par la gestion énergétique. Concepteurs des organes du système de refroidissement.

## OBJECTIFS

- Connaître les grands enjeux techniques associés.
- Savoir aborder une étude d'intégration moteur au véhicule.
- Savoir réaliser un dimensionnement rapide du circuit de refroidissement et proposer les compromis nécessaires.

## LES + PÉDAGOGIQUES

- Programme appuyé sur des exercices de dimensionnement simple apportant la connaissance des ordres de grandeur.
- Progression claire et spectaculaire des refroidissements simples aux gestions complexes des véhicules hybrides.
- Visualisation et examen de pièces.
- Dernière demi-journée consacrée à la simulation de diverses situations de fonctionnement.

Responsable : Marc Bonnin

## PROGRAMME

### Refroidissement des moteurs et circuits externes

0,4 j

Exigences des moteurs en termes de refroidissement, typologie des systèmes de refroidissement.

Bilan thermique moteur et "puissance thermique" à évacuer. Principes physiques utilisés.

Architecture des circuits de refroidissement liquide pour automobile, composants internes moteur (pompe à eau, thermostat, ...), composants externes (échangeurs, ventilateurs), split-cooling, fluide de refroidissement. Applications non automobile.

### Impact véhicule - Fonctionnement des composants externes

0,4 j

Circuit d'air de refroidissement : entrée d'air, groupe motoventilateur, circulation sous-capot, évacuation de l'air chaud.

Circuit du fluide de refroidissement : radiateur principal, refroidisseurs d'huile moteur, d'huile de transmission, d'EGR, d'air de suralimentation, radiateur de chauffage habitacle, vase d'expansion, boîte de dégazage, ...

### Régulation et pilotage - Approche de gestion énergétique

0,2 j

Paramètres de régulation : température, pression, débit.

Organes de contrôle : thermostat, thermocontacts, capteurs.

Organes de régulation, actionneurs, thermostat piloté, volets pilotés, vannes multivoies.

### Thermomanagement - Gestion thermique et énergétique

0,5 j

Objectifs du thermo management.

Moyens pour le thermo management : pompe électrique, split-cooling, vannes multivoies, circuits multi-fluides et multi-températures.

Gestion du compromis confort habitacle / consommation / émissions polluantes / fiabilité : contraintes de dépollution, contraintes de consommation, compromis ; principe de simulation.

Stratégie de récupération thermique : stockage, récupération à l'échappement par cycle Rankine, récupération à l'échappement par effet thermoélectrique.

### Gestion thermique des véhicules hybrides et électriques

0,5 j

Objectifs de la gestion thermique.

Thermique habitacle : situations de vie, situations critiques, impact consommation, solutions.

Gestion thermique des organes électriques : objectifs, solutions pour véhicules hybrides thermique/électrique, solutions pour véhicules full électriques.

### Thermique sous capot et environnement

0,5 j

Identification des sources d'échauffement, impact des systèmes de post-traitement des gaz d'échappement.

Températures, écoulement de l'air chaud, protection des organes par barrière thermique, par refroidissement convectif ou par refroidissement liquide. Isolation de l'habitacle.

### Exercices de simulation

0,5 j

Mise en application synthétique des chapitres précédents.

Dimensionnement des principaux organes de refroidissement.

Simulation des principales situations de fonctionnement (vitesse maxi, remorquage en pente, urbain, débit nul) avec logiciel GT Power.

Choix de stratégies et de solutions d'organes.

LANGUE	DATES	LIEU	PRIX HT	CONTACT INSCRIPTION
FR	18 - 20 Mai	Rueil	1 750 €	ML ml.rueil@ifptraining.com

Peut être adapté à vos besoins spécifiques et organisé dans le lieu de votre choix

# Vibro-acoustique des moteurs

3 Jours

Niveau : **Expertise**

## PROGRAMME

### FINALITÉ

Comprendre la vibro-acoustique des groupes motopropulseurs d'automobiles. Identifier les phénomènes à l'origine du bruit émis : les sources internes, le comportement dynamique de la structure et le rayonnement acoustique de l'enveloppe externe du moteur. Connaître les méthodes de mesures et d'analyse de vibro-acoustique. Mettre en œuvre les solutions techniques visant à réduire les bruits et les vibrations.

### PUBLIC

Ingénieurs et techniciens de conception ou d'essais de moteurs ou d'équipements montés sur des moteurs, concernés par les phénomènes vibratoires, soit sous l'aspect génération du bruit et propagation du bruit, soit sous l'aspect tenue mécanique.

### OBJECTIFS

- Identifier l'origine et la signature acoustique des sources principales du groupe motopropulseur (GMP).
- Connaître les paramètres utilisés pour caractériser le bruit et les vibrations.
- Comprendre le comportement et les paramètres de contrôle des systèmes vibrants.
- Connaître l'instrumentation et les méthodes de traitement du signal.
- Connaître les techniques expérimentales.
- Savoir interpréter les sonagrammes.
- Savoir construire un essai de validation en tenue vibratoire des pièces liées au moteur.

### PRÉ-REQUIS

Connaissance de base des moteurs.

### LES + PÉDAGOGIQUES

- Exemples réels et concrets des problématiques de vibro-acoustique GMP commentés par des experts issus du monde automobile.
- Solutions réelles et concrètes mises en œuvre dans l'industrie.

Responsable : Guillermo Ballesteros

### Acoustique et vibrations dans le monde industriel

0,25 j

Sons, grandeurs générales de l'acoustique : pression, intensité, puissance acoustique ; niveaux exprimés en décibels ; composition des niveaux sonores ; célérité d'un son. Variations temporelles et spatiales des ondes, ondes planes et sphériques, lois de propagation. Oreille humaine, propriétés de l'ouïe, sensibilité de l'oreille, pondération "A" des niveaux en décibels. Grandeurs de l'analyse vibratoire : accélération, vitesse, déplacement. Réponse libre ou forcée d'un oscillateur sans amortissement, fréquence propre, rôle de l'amortissement.

### Instrumentation et méthodes d'analyse des signaux

0,5 j

Classification et traitement des signaux ; transformée de Fourier rapide (FFT) : échantillonnage, fenêtres temporelles de pondération, spectres. Analyse temporelle, analyse spectrale, bruit blanc, bruit rose, analyse d'ordre. Représentations tridimensionnelles, sonagrammes, représentations temps-fréquence. Instruments de mesure des phénomènes acoustiques : microphones, capteurs de déplacement, d'accélération, imagerie acoustique, bancs anéchoïques. Analyse modale (expérimentations) : modes de vibration d'une plaque métallique ; réponse d'une structure à une sollicitation dynamique (haut-parleur, pot vibrant, moteur électrique avec balourd) ; visualisation des déformées par stroboscope.

### Vibro-acoustique du groupe motopropulseur (GMP)

0,75 j

Comportement dynamique du GMP. Efforts internes de combustion et d'inertie. Effet des déformations des pièces et des jeux. Déformation des structures GMP, modélisation par éléments finis. Principaux modes de résonance. Rayonnement acoustique du groupe motopropulseur. Enveloppes rayonnantes. Sources d'excitations. Puissance acoustique. Transferts vibratoires du GMP. Structures et effets des carters du GMP. Efforts d'inertie : dynamique d'un monocylindre, dynamique des moteurs 4 cylindres et 3 cylindres en ligne. Utilisation des arbres d'équilibrage. Composition des efforts d'inertie et de combustion. Effet du double volant amortisseur (DVA). Bruit de combustion : pression cylindre, dynamique de la pression ; analyse spectrale de la pression cylindre ; impact des technologies sur le bruit de combustion ; transfert et propagation du bruit de combustion ; mesure du bruit de combustion ; bruit de combustion en fonctionnement transitoire.

### Principaux bruits du groupe motopropulseur

0,75 j

Systèmes d'injection : description technique des systèmes, phénomènes acoustiques liés au fonctionnement du système, mécanismes de génération de bruit en moyenne et haute fréquence, interaction fluide-structure, effet des dispersions et des dérives, analyse des signaux mesurés. Piston slap : jeux de liaison de l'attelage mobile. Basculement du piston. Analyse du bruit. Bruits d'entraînement de la distribution : sirènement, raclement, frottements de courroie, rôle du carter de distribution. Sifflement du turbocompresseur : miaulement, bruit de souffle et bruit de décharge ; origines et solutions. Bruit des boîtes de vitesse : sirènement, gaillonnement ; origines et solutions. Bruits aérodynamiques : bruits liés au remplissage en air et à l'échappement.

### Signatures acoustiques des principales sources du groupe motopropulseur (GMP)

0,25 j

Démarche acoustique et vibratoire lors de la conception : réduction à la source ou filtrage des vibrations. Sources du GMP primaires et secondaires, glossaire des principales sources du moteur. Exemples de signatures acoustiques (analyse à partir des sonagrammes) : injecteurs Diesel, turbocompresseur, distribution, accessoires entraînés par courroies, boîte de vitesses, démarreur, bruit d'admission. Analyse des sources de bruit d'un moteur thermique ; analyse spectrale lors d'une montée en régime, interprétation.

### Tenue mécanique des pièces aux sollicitations vibratoires

0,5 j

Validation de pièces moteur à l'ensemble des sollicitations vibratoires : identification des fréquences et des régimes d'apparition des surtensions et des résonances, quantification des niveaux vibratoires en accélération et en déplacement, détermination des conditions et durées d'endurances. Exemples : validation d'un capteur p/T admission, d'un guide de jauge à huile, d'un tube de graissage turbo.

LANGUE	DATES	LIEU	PRIX HT	CONTACT	INSCRIPTION
FR	29 Sept - 01 Oct	Rueil	1 750 €	ML	ml.rueil@ifptraining.com

Peut être adapté à vos besoins spécifiques et organisé dans le lieu de votre choix

# Conception des pièces moteur

## Choix des matériaux et procédés de fabrication

**3 Jours**

Niveau : **Expertise**

### PROGRAMME

#### FINALITÉ

Décrire et expliquer les bases de la métallurgie des alliages ferreux et non ferreux, les procédés de fonderie, de forge, d'usinage, de mise en œuvre des matières plastiques, utilisés dans l'élaboration des pièces de moteurs d'automobiles.  
Positionner les conditions physiques et économiques de choix de procédé de réalisation.

#### PUBLIC

Ingénieurs, cadres et techniciens travaillant dans le domaine de la conception et du développement de moteurs d'automobiles ou similaires, et désirant approfondir leurs connaissances sur les procédés d'élaboration des pièces afin d'intégrer les contraintes liées à ceux-ci dans leurs études.

#### OBJECTIFS

- Savoir prendre en compte les contraintes liées à ces différents procédés de fabrication lors de la conception de pièces moteurs : choix de matière et de traitements, tolérances dimensionnelles, états de surface, formes, dépouilles, assemblages, nervurages.
- Être capable de choisir les procédés de réalisation adaptés aux contraintes physiques de la pièce étudiée et aux contraintes économiques du projet.

#### PRÉ-REQUIS

Connaître le fonctionnement et la technologie des moteurs : pièces constitutives d'un moteur, leurs fonctions, les contraintes mécaniques et thermiques auxquelles elles sont soumises. Au minimum, il est indispensable d'avoir acquis les notions exposées dans le stage "Introduction aux moteurs" (page 34).

#### LES + PÉDAGOGIQUES

- Exposés interactifs par des experts de chacun des domaines abordés.
- Nombreuses pièces réelles examinées en salle, à divers stades de réalisation : brut, semi-usiné, usiné, traité.
- Vidéos montrant des installations de réalisation des divers procédés abordés.

#### OBSERVATION

Ce stage est un excellent complément au stage "Conception Moteur" (page 59).

**Responsable** : Marc Bonnin

#### Métallurgie

Structure, composition, caractéristiques mécaniques (module d'Young, ductilité, ...) et conditions d'emploi des alliages utilisés dans l'automobile : fontes (à graphite lamellaire (GL), sphéroïdale (GS), vermiculaire (GV)), aciers, alliages d'aluminium.

Modes d'analyse des pièces.

Contrôle non destructif (ressuage, ultrasons, magnétoscopie, radiographie).

Choix des matériaux pour les principales pièces constitutives d'un moteur.

0,75 j

#### Forge

Principe et intérêt de la forge à chaud. Étapes de l'obtention d'une pièce. Conception des outillages.

Règles de dessin prenant en compte les contraintes du forgeage.

Exemples de pièces forgées et d'adaptation aux contraintes physiques : bielle.

Cas des pièces en aluminium forgé : piston.

0,25 j

#### Fonderie

Passage d'un métal de l'état liquide à l'état solide : retrait et santé matière.

Impératifs géométriques de conception d'une pièce de fonderie.

Procédés à moules non permanents : sable à vert, sable à prise chimique, principaux procédés de noyautage.

Procédés à moules permanents : moulages en coquille par gravité, basse pression, sous pression et procédés dérivés : squeeze casting, rhéomoulage.

Procédés à modèles perdus : cire perdue, lost foam.

Règles de conception liées à chacun des procédés ci-dessus.

Critères macro-économiques de choix des procédés.

Exemples de pièces de fonderie fonte : bloc cylindres, vilebrequin ; caractéristiques physiques associées.

Exemples de pièces de fonderie aluminium : bloc cylindres, culasse, piston ; caractéristiques physiques associées.

1 j

#### Usinage

Paramètres de coupe, opérations de base et outils associés : fraisage, perçage et forage, alésage, taraudage.

Isostatismes, montages d'usinage, méthodologie des gammes d'usinage, cotation.

Machines d'usinage et moyens associés : centres d'usinage, machines spéciales.

Exemples de problématiques industrielles : balancement de chambres de combustion, usinage de fûts, de lignes d'arbres à cames, rugosité de faces collecteurs.

Examen d'une chaîne de réalisation de culasses et d'une chaîne de réalisation de bloc cylindres.

0,5 j

#### Plastiques

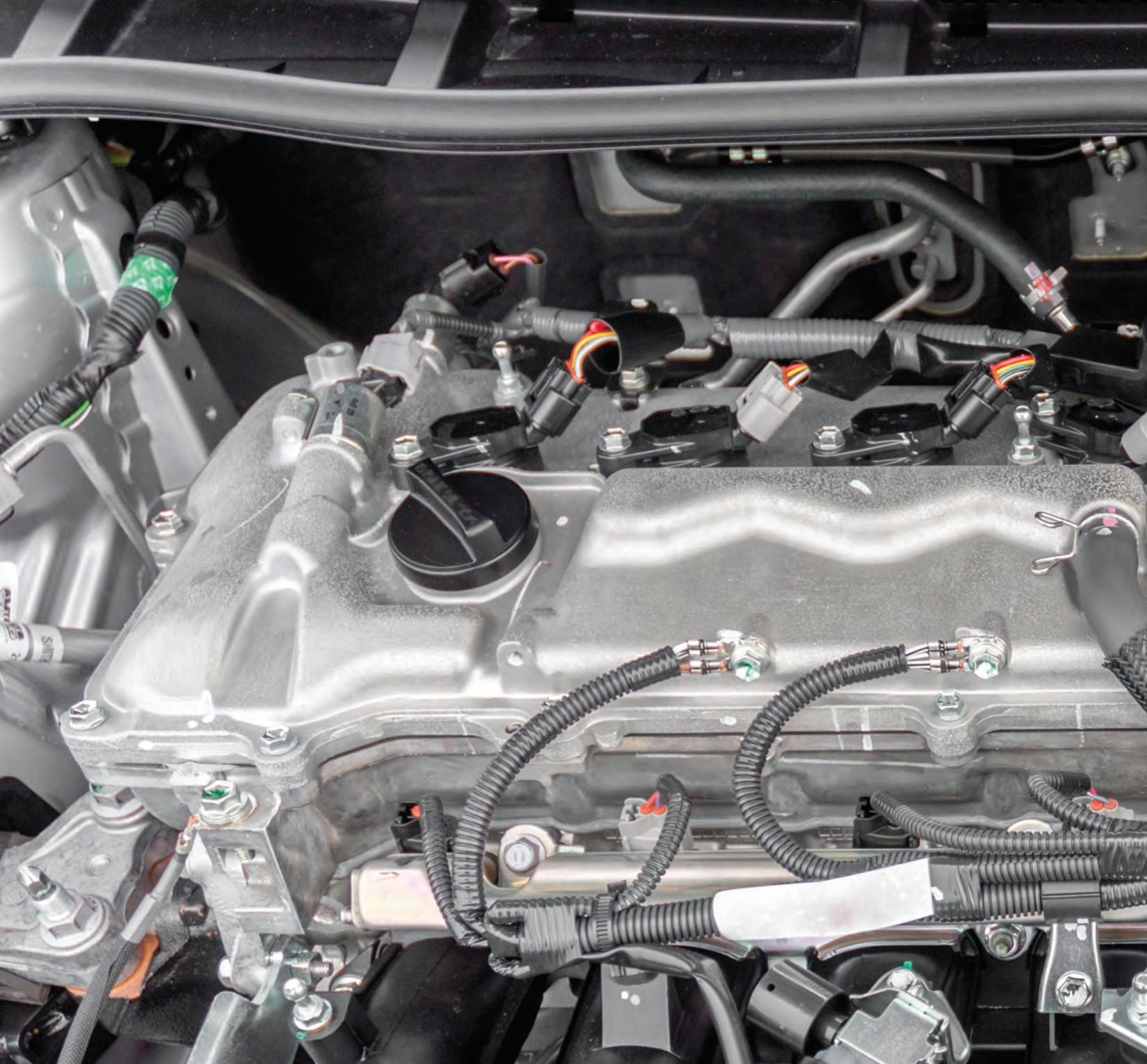
Obtention et caractéristiques des matières plastiques : polymérisation, thermoplastiques (caractéristiques, structure amorphe/cristalline, retrait), thermodurcissables, adjuvants et additifs, effet de l'humidité, fiches matières.

Mise en œuvre des plastiques : injection, techniques d'assemblage.

Règles de conception des pièces moteurs en matières plastiques : démoulage, dépouilles, plan de joint, nervures, soudures, soufflage. Techniques de prototypage.

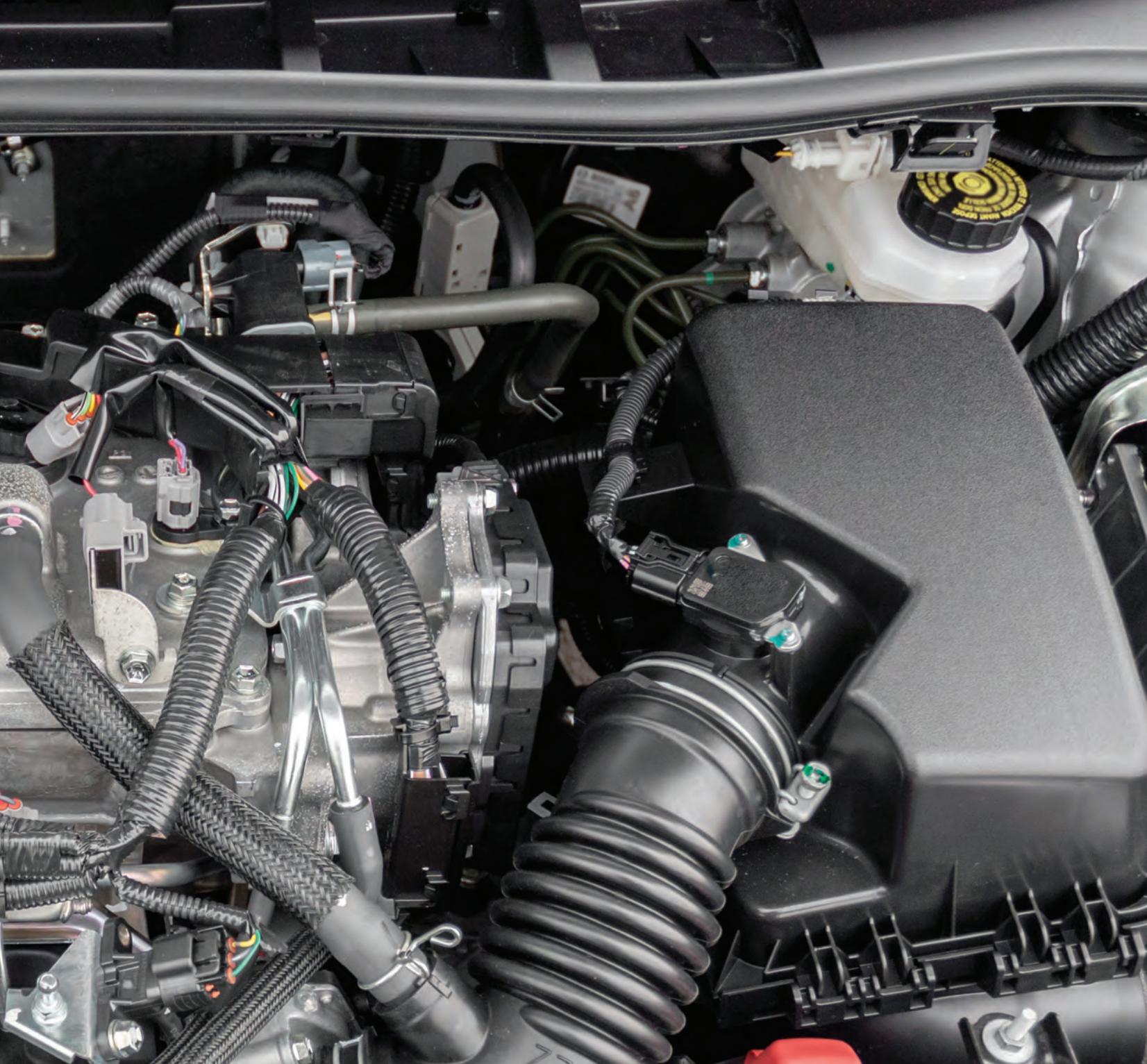
0,5 j

Peut être adapté à vos besoins spécifiques et organisé dans le lieu de votre choix



**Alimentation en air,  
combustion et dépollution**





*p. 67 à 75*





# Nouveaux systèmes de combustion dans les moteurs à allumage commandé

3 Jours

Niveau : Expertise

## FINALITÉ

Comprendre, dans les moteurs à allumage commandé :

- la physique de la préparation du mélange, de la combustion, de la formation des polluants
- l'influence des paramètres de réglage du moteur.

## PUBLIC

Ingénieurs, cadres et techniciens de conception ou d'essais de moteurs, appelés à optimiser la combustion des moteurs à allumage commandé ou à développer de nouveaux systèmes de combustion.

## OBJECTIFS

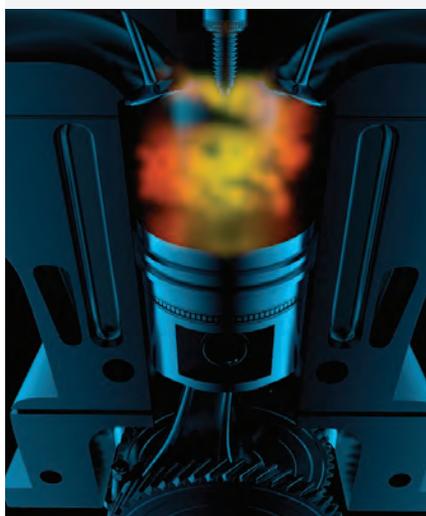
Disposer des éléments pour interpréter une campagne d'essais et en interpréter les résultats pour optimiser la combustion.

## PRÉ-REQUIS

Connaissances de base des moteurs.

## LES + PÉDAGOGIQUES

Exposé interactif jalonné d'exemples très actuels.



**Responsable :** Guillermo Ballesteros

## PROGRAMME

### Technologies actuelles et systèmes de combustion associés

0,5 j

Contexte réglementaire : CO<sub>2</sub>, particules, WLTP.

Technos moteurs actuelles et systèmes de combustion associés : injection indirecte (IIE), injection directe (IDE), jet central ou jet latéral, combustion homogène, stratifiée ou CAI. Configuration de boucle d'air, distribution variable.

### Approche générique des systèmes de combustion (IIE et IDE)

0,5 j

Combustions normales : turbulences, conditions thermodynamiques, allumage par étincelle.

Combustions anormales : cliquetis, rumble, superknock.

Distribution et impact sur combustion.

### Conception du système de combustion avec injection indirecte (IIE)

0,5 j

Forme de chambre, dessin des conduits, forme des bols, targeting injecteur, pression rail.

Combustion à chaud.

Combustion à froid.

### Conception du système de combustion avec injection directe homogène lambda 1

1 j

Jet central/jet latéral, forme de chambre.

Targeting injecteur.

Système d'injection, stratégie d'injection, injection multiples.

Particules, dilution.

Combustion à chaud.

Combustion à froid.

### Évolutions techniques

0,5 j

Impact de l'optimisation du système de combustion sur le choix 2, 3 ou 4 cylindres.

Contexte international (RON, encrassement admission, flex-fuel, ...).

Évolutions technologiques à l'horizon 2020.

LANGUE	DATES	LIEU	PRIX HT	CONTACT INSCRIPTION
FR	23 - 25 Juin	Rueil	1 750 €	ML ml.rueil@ifptraining.com

Peut être adapté à vos besoins spécifiques et organisé dans le lieu de votre choix

# Combustion dans les moteurs Diesel

**3 Jours**

 Niveau : **Expertise**

## PROGRAMME

### FINALITÉ

Comprendre, dans les moteurs Diesel :

- le rôle du système d'injection et de l'aérodynamique dans le cylindre sur le mélange air-carburant
- les mécanismes de l'inflammation du mélange, de la combustion, de la formation des polluants
- l'influence des paramètres de réglage du moteur sur les performances, le rendement, les émissions
- le comportement du turbocompresseur.

### PUBLIC

Ingénieurs, cadres et techniciens appelés à optimiser la combustion ou à développer de nouveaux systèmes de combustion sur des moteurs Diesel.

### OBJECTIFS

Construire une campagne d'essais et en interpréter les résultats en vue d'optimiser :

- le système de combustion (système d'injection, aérodynamique interne, géométrie de la chambre de combustion)
- les paramètres de réglage du moteur (avance, pression d'injection, multi-injections, recirculation de gaz d'échappement).

### PRÉ-REQUIS

Connaissances de base des moteurs.

### LES + PÉDAGOGIQUES

- Exposés interactifs jalonné d'exemples et d'exercices pratiques.
- Exercices pratiques d'interprétation de résultats d'essais au banc moteur.
- Exercice détermination d'un débit hydraulique.
- Présentation de pièces.

#### Inflammation du jet de carburant - Chimie des NOx et des suies

Historique du moteur Diesel.

Étapes de la combustion Diesel. Délais d'auto-inflammation, notion de flammes froides, influence des différents paramètres température, pression, richesse, gaz résiduels. Combustion en flamme de prémélange et en flamme de diffusion. Mécanismes de formation et d'oxydation des suies, formation des oxydes d'azote, du monoxyde de carbone.

Structure du jet au cours de la combustion.

**0,5 j**

#### Combustion Diesel

Contexte d'optimisation du système de combustion Diesel lors du processus de conception.

Formation des polluants en combustion hétérogène : particules, oxydes d'azote, hydrocarbures imbrûlés, monoxyde de carbone.

Les trois phases de la combustion. Bruit. Pré-injection et post-injection.

Comportement des jets d'injecteurs : taux d'introduction, pénétration et pulvérisation des jets, cavitation, recouvrement de jets ; optimisation de l'ensemble jets d'injecteur, forme et dimensions du bol, swirl.

Recirculation de gaz d'échappement (EGR) : action sur la combustion, refroidissement de l'EGR, intérêt de l'EGR basse pression.

Performances en pleine charge : paramètres limitatifs, tenue thermomécanique de la culasse ; suralimentation, intérêt d'un turbocompresseur à géométrie variable.

Démarrage et mise en action à froid. Bougie de préchauffage et post-chauffage.

Optimisation de la combustion au banc moteur : position des jets d'injecteurs, influence de l'avance à l'injection et de l'EGR à faible et forte charge, pression d'injection, pression de suralimentation. Évolutions du système de combustion.

Combustion Diesel homogène (HCCI) : principe de fonctionnement, intérêt, exemples de réalisation.

*Exercices pratiques d'interprétation de résultats d'essais au banc moteur.*

**2 j**

#### Aérodynamique - Génération et mesure du swirl

Interférence entre le swirl (tourbillon) et le squish (chasse).

Influence sur le mélange air-carburant et la combustion.

Définition du nombre de swirl et de la perméabilité d'une culasse. Mesure en soufflerie.

Différentes variantes de dessins de pipes d'admission pour générer le swirl. Dessin du bol dans le piston.

**0,25 j**

#### Systèmes d'injection

Buses d'injecteurs, coefficient de débit des trous d'injecteurs, débit hydraulique.

*Exercice : détermination d'un débit hydraulique.*

Technologies des systèmes d'injection common-rail : commande par solénoïde (électrovanne équilibrée ou non équilibrée), commande piézo-électrique, vannes 2 voies et 3 voies, commande piézo directe, systèmes d'amplification de pression.

**0,25 j**
**Responsable :** Laurent Crestois

LANGUE	DATES	LIEU	PRIX HT	CONTACT INSCRIPTION
FR	02 - 04 Juin	Rueil	1 750 €	ML ml.rueil@ifptraining.com

Peut être adapté à vos besoins spécifiques et organisé dans le lieu de votre choix

# Remplissage et suralimentation

**3 Jours**

 Niveau : **Expertise**

## FINALITÉ

Approfondir les connaissances sur l'alimentation en air des moteurs atmosphériques et suralimentés par turbocompresseur en vue d'augmenter les performances spécifiques.

## PUBLIC

Ingénieurs, cadres et techniciens travaillant dans le domaine des essais, des calculs, dans des bureaux d'études de conception, ou en relation avec ces secteurs, ou ayant des responsabilités dans des projets de développement de moteurs, et souhaitant bien comprendre les solutions permettant d'optimiser le remplissage ou choisir les caractéristiques d'un turbocompresseur en vue d'une application donnée.

## OBJECTIFS

- Expliquer les phénomènes de pertes de charge et d'ondes de pression à l'admission et à l'échappement qui régissent le remplissage en air du moteur et leurs actions sur le bruit de bouche.
- Établir les actions constructives (formes et dimensions des tubulures et volumes d'admission et d'échappement, calage des lois de levée des soupapes) visant à optimiser le remplissage, illustrées par des exemples de calculs simples.
- Adapter un turbocompresseur pour une application donnée, illustrée par un exemple à traiter par les stagiaires.
- Identifier les réactions du système moteur et turbocompresseur en fonction des conditions d'utilisation.

## PRÉ-REQUIS

Connaissance de base des moteurs.

## LES + PÉDAGOGIQUES

- Un de nos best-sellers.
- La dimension pratique est apportée par des exercices de dimensionnement et de matching.

## OBSERVATION

Ce programme peut être enrichi d'études du remplissage et de la suralimentation sur simulateur et d'un complément sur les structures à double suralimentation et les technologies à compresseurs volumétriques, choisissez page suivante le stage REMP+.

**Responsable** : Laurent Crestois

## PROGRAMME

### Remplissage en air des moteurs atmosphériques

**1,5 j**

Grandeurs caractéristiques : rendement volumétrique, coefficient de remplissage, rendement de livraison.

Phénomènes élémentaires régissant le transvasement.

Pertes de charge : équation de Bernoulli, section équivalente, part relative de chacun des éléments du circuit d'admission, mesure sur banc stationnaire, influence sur les performances du moteur en pleine charge.

Acoustique admission

Utilisation des ondes de pression pour améliorer le remplissage ; modes acoustiques de type "monocylindre" (régimes élevés) ou "multicylindre" (bas régimes).

Utilisation de paramètres sans dimension (nombre de Broome) pour caractériser le déphasage et l'amplitude de l'onde.

Compromis entre acoustique et perte de charge.

Optimisation des moteurs multicylindres : influence du nombre de cylindres, des éléments du circuit d'admission en amont du plenum. Acoustique variable : variation des longueurs de tubes, des volumes, compromis avec les pertes de charge.

Utilisation des phénomènes acoustiques sur les moteurs suralimentés par turbocompresseur.

Compromis entre le bruit de bouche engendré par les pulsations de pression et les performances.

Acoustique échappement : influence de la pression dans la pipe et du calage angulaire de l'ouverture de la soupape d'échappement (AOE). Modes monocylindre et multicylindre. Influence du nombre de cylindres et de l'architecture de la ligne d'échappement : échappements de type "3Y" ou "4 dans 1". Acoustique variable à l'échappement.

Distribution : optimisation des lois de levée et des angles d'ouverture et fermeture des soupapes. Distribution variable : différents types, intérêt.

### Suralimentation par turbocompresseur

**1,5 j**

Intérêt et limitations de la suralimentation : utilisation de l'énergie des gaz d'échappement, augmentation de la puissance du moteur mais aussi des pressions cylindre, des températures, des contraintes thermiques ; nécessité de pouvoir faire varier la perméabilité de la turbine par waste-gate ou géométrie variable.

Compresseur centrifuge : aérodynamique dans le compresseur, pompage, rendement isentropique de compression, régime critique. Travail de compression de l'air. Champ compresseur : courbes caractéristiques et représentation des points de fonctionnement du moteur dans le diagramme rapport de compression/débit corrigé. Paramètres de réglage du compresseur : diamètre d'entrée, diamètre de roue, section volute, forme des ailettes, ported shroud, géométrie variable. Technologie, limitations (éclatement, température).

Turbine centripète : énergie fournie par la turbine, rendement isentropique de détente, rendement mécanique. Courbes caractéristiques dans le diagramme débit corrigé/taux de détente. Récupération de l'énergie des bouffées d'échappement. Choix de la turbine. Waste-gate. Turbine à géométrie variable. Turbine "twin-scroll". Technologie de la turbine et du carter central et limitations : température, vibrations d'ailettes, fatigue, lubrification. Paliers, étanchéités.

*Adaptation d'un turbocompresseur à un moteur donné : exercice dirigé en salle.*

Détermination du débit et de la masse volumique de l'air à l'entrée de la culasse, calcul du débit corrigé, choix du compresseur, calcul de la puissance d'entraînement du compresseur, calcul du rapport de détente et choix de la turbine, calcul du débit dans la waste-gate, choix d'une turbine à géométrie variable, cas du fonctionnement en altitude.

Suralimentation par double turbo : différents types de montages, intérêt, inconvénients.

LANGUE	DATES	LIEU	PRIX HT	CONTACT INSCRIPTION
FR	13 - 15 Avr	Rueil	1 750 €	ML ml.rueil@ifptraining.com

Peut être adapté à vos besoins spécifiques et organisé dans le lieu de votre choix

# Remplissage et suralimentation - Modélisation, simulation et analyse

5 Jours

Niveau : **Expertise**

## FINALITÉ

Approfondir les connaissances sur l'alimentation en air des moteurs atmosphériques et suralimentés. Élargir les connaissances dans le domaine de la suralimentation en intégrant les architectures de type double suralimentation. Ce programme prolonge et complète la formation "Remplissage et suralimentation". Il permet également d'étudier les principales architectures de remplissage des moteurs par modélisation et simulation sous GT-Power.

## PUBLIC

Ingénieurs et techniciens désirant comprendre les solutions permettant d'optimiser le remplissage ou de choisir les caractéristiques d'un turbocompresseur en vue d'une application donnée.  
Ingénieurs et techniciens voulant développer leurs connaissances sur de nouvelles architectures de suralimentation et sur les nouvelles approches de conception basées sur la modélisation et la simulation.

## OBJECTIFS

- Expliquer les phénomènes acoustiques à l'admission et à l'échappement qui régissent le remplissage en air des moteurs.
- Établir les actions constructives visant à optimiser le remplissage.
- Adapter un turbocompresseur pour une application donnée.
- Identifier les réactions du système moteur et turbocompresseur en fonction des conditions d'utilisation.
- Expliquer les choix des nouvelles architectures de suralimentation.
- Modéliser et simuler les phénomènes acoustiques dans une ligne d'admission d'air et d'échappement.
- Modéliser, simuler et dimensionner les circuits d'air et de suralimentation.

## PRÉ-REQUIS

Connaissance de base des moteurs.

## LES + PÉDAGOGIQUES

- La dimension pratique est apportée par des exercices de dimensionnement et de matching.
- Utilisation de GT-Power pour modéliser et simuler le remplissage des moteurs.
- Études de cas du remplissage des principales architectures moteur.
- Analyses paramétriques à l'aide de la simulation du remplissage des moteurs

Responsable : Guillermo Ballesteros

## PROGRAMME

### Remplissage en air des moteurs atmosphériques

1,5 j

Grandeurs caractéristiques : rendement volumétrique, coefficient de remplissage, rendement de livraison.

Phénomènes élémentaires régissant le transvasement.

Pertes de charge : équation de Bernoulli, section équivalente, part relative de chacun des éléments du circuit d'admission, mesure sur banc stationnaire, influence sur les performances du moteur en pleine charge.

Acoustique admission

Utilisation des ondes de pression pour améliorer le remplissage ; modes acoustiques de type "monocylindre" (régimes élevés) ou "multicylindre" (bas régimes). Utilisation de paramètres sans dimension (nombre de Broome) pour caractériser le déphasage et l'amplitude de l'onde.

Compromis entre acoustique et perte de charge.

Optimisation des moteurs multicylindres : influence du nombre de cylindres, des éléments du circuit d'admission en amont du plenum.

Acoustique variable : variation des longueurs de tubes, des volumes, compromis avec les pertes de charge.

Utilisation des phénomènes acoustiques sur les moteurs suralimentés par turbocompresseur.

Compromis entre le bruit de bouche engendré par les pulsations de pression et les performances.

Acoustique échappement : influence de la pression dans la pipe et du calage angulaire de l'ouverture de la soupape d'échappement (AOE). Modes monocylindre et multicylindre. Influence du nombre de cylindres et de l'architecture de la ligne d'échappement : échappements de type "3Y" ou "4 dans 1". Acoustique variable à l'échappement.

Distribution : optimisation des lois de levée et des angles d'ouverture et fermeture des soupapes. Distribution variable : différents types, intérêt.

### Suralimentation par turbocompresseur

1,5 j

Intérêt et limitations de la suralimentation : utilisation de l'énergie des gaz d'échappement, augmentation de la puissance du moteur mais aussi des pressions cylindre, des températures, des contraintes thermiques ; nécessité de pouvoir faire varier la perméabilité de la turbine par waste-gate ou géométrie variable.

Compresseur centrifuge : aérodynamique dans le compresseur, pompage, rendement isentropique de compression, régime critique. Travail de compression de l'air. Champ compresseur : courbes caractéristiques et représentation des points de fonctionnement du moteur dans le diagramme rapport de compression/débit corrigé. Paramètres de réglage du compresseur : diamètre d'entrée, diamètre de roue, section volute, forme des ailettes, ported shroud, géométrie variable. Technologie, limitations (éclatement, température).

Turbine centripète : énergie fournie par la turbine, rendement isentropique de détente, rendement mécanique. Courbes caractéristiques dans le diagramme débit corrigé/taux de détente. Récupération de l'énergie des bouffées d'échappement. Choix de la turbine. Waste-gate. Turbine à géométrie variable. Turbine "twin-scroll". Technologie de la turbine et du carter central et limitations : température, vibrations d'ailettes, fatigue, lubrification. Paliers, étanchéités.

Adaptation d'un turbocompresseur à un moteur donné : exercice dirigé en salle.

Détermination du débit et de la masse volumique de l'air à l'entrée de la culasse, calcul du débit corrigé, choix du compresseur, calcul de la puissance d'entraînement du compresseur, calcul du rapport de détente et choix de la turbine, calcul du débit dans la waste-gate, choix d'une turbine à géométrie variable, cas du fonctionnement en altitude.

Suralimentation par double turbo : différents types de montages, intérêt, inconvénients.

### Compléments sur la suralimentation automobile

0,5 j

Autres compresseurs. Compresseurs volumétriques et à onde (technologies, caractéristiques et intérêts). Utilisation dans les architectures modernes des véhicules. Couplage suralimentation VVT - Couplage suralimentation EGR.

Architectures de suralimentation : double suralimentation en série et en parallèle. Utilisation de compresseurs volumétriques.

Acoustiques des moteurs suralimentés. Impacts des machines de suralimentation sur l'acoustique. Acoustique des moteurs suralimentés.

### Modélisation et simulation du remplissage

1,5 j

Fondamentaux de la modélisation et de la simulation 1D du remplissage et de la suralimentation.

Modèles des composants : conduits, volumes, jonctions, vannes, compresseurs volumétriques, à ondes et turbocompresseurs.

Études de cas des principales architectures moteur sur base de modèles GT-Power (moteur atmosphérique à allumage commandé). Moteur suralimenté Diesel. Moteur à allumage commandé à double suralimentation série (compresseur volumétrique et turbocompresseur).

LANGUE	DATES	LIEU	PRIX HT	CONTACT	INSCRIPTION
FR	13 - 17 Avr	Rueil	2 490 €	ML	ml.rueil@ifptraining.com

Peut être adapté à vos besoins spécifiques et organisé dans le lieu de votre choix

# Post-traitement des gaz d'échappement

**3 Jours**

 Niveau : **Expertise**

## FINALITÉ

Apporter, compléter ou actualiser les connaissances des participants sur les techniques de post-traitement dans le cadre des réglementations relatives aux émissions polluantes.

## PUBLIC

Ingénieurs, cadres et techniciens désirant connaître le fonctionnement des systèmes actuels et futurs de post-traitement des gaz d'échappement.

## OBJECTIFS

- Situer les contraintes réglementaires.
- Connaître le fonctionnement des dispositifs de dépollution des moteurs Diesel et à allumage commandé, en relation avec le mode de combustion.
- Comprendre la physique qui se trouve dans un modèle de simulation : bilan thermique, bilan de masse des polluants, cinétique de réactions chimiques sur des transitoires de charge et de régime.

## LES + PÉDAGOGIQUES

- Travaux dirigés sur Matlab Simulink.
- Dimensionner et optimiser une ligne d'échappement par simulation issu de cas réels.

**Responsable** : Laurent Crestois

## PROGRAMME

### Catalyse d'oxydation et trifonctionnelle

Catalyse d'échappement automobile : réactions catalytiques, mécanismes, catalyseurs, métaux précieux, critères de performances, définitions fonctionnelles (taux de conversion, contraintes liées au post-traitement, essence et Diesel).

Constitution des catalyseurs : industrie du pot catalytique, différents supports, propriétés : céramique, métallique, nappes de maintien (MAT), structure du washcoat et imprégnation des substances actives.

Catalyse d'oxydation : efficacité, domaine, amorçage, taux de conversion, cas du méthane, soufre et oxydation des particules.

Catalyse trifonctionnelle : conditions stœchiométriques, régulation de richesse, conditions à froid (HC, gestion de la thermique échappement), débouclage à forte puissance.

Vieillessement des catalyseurs : nature du vieillissement, thermiques (température et frittage), chimiques (empoisonnements), par accumulation de dépôts issus des lubrifiants, carburants ou additifs. Limitation fonctionnelle du vieillissement des catalyseurs.

Diagnostic embarqué (OBD), perspectives et conclusions.

**1 j**

### Traitement des oxydes d'azote

Pièges à NOx : principe de fonctionnement (mécanisme de stockage, plage de température à utiliser, phase de réduction en mélange riche), désulfatation du piège.

Réduction catalytique sélective (SCR) : par l'ammoniac, stratégie d'injection de l'urée, contraintes d'utilisation. Catalyseurs "clean-up".

**0,5 j**

### Filtration des particules (Diesel Particulates Filter - DPF)

Structure et constitution de l'élément filtrant.

Stratégie de régénération soit avec additif carburant, Fuel Born Catalyst (FBC), soit avec filtre catalysé Catalytic Diesel Particulates Filter (CDPF). Utilisation du 5<sup>ème</sup> ou 7<sup>ème</sup> injecteur.

Implantation sur véhicule

Évolution vers la catalyse 4 voies : combinaison dans un même pot du filtre à particules d'un système de traitement des oxydes azotés (SCR ou NOx-trap) et d'un catalyseur d'oxydation.

**0,5 j**

### Optimisation par simulation d'une ligne d'échappement diesel (travaux dirigés sur Matlab Simulink)

Un exemple de ligne d'échappement Diesel type Euro 6 comprenant un catalyseur d'oxydation (DOC), un filtre à particules (FAP) et un catalyseur de réduction des Nox (SCR) servira de base de travail à l'introduction à la modélisation/simulation des systèmes de post-traitement. Il sera montré comment le calcul peut remplacer une longue suite de tests et cadrer les essais de validation au juste nécessaire.

Divers outils numériques seront analysés puis mis en œuvre pour optimiser cette ligne. Les données d'entrée étant connues (température, débit des gaz et émissions du moteur à la source) plusieurs scénarii seront simulés pour optimiser :

- le volume du catalyseur et sa charge en métaux précieux
- la quantité d'hydrocarbures à post-injecter dans la ligne d'échappement pour assurer la régénération du filtre à particules
- le positionnement et l'interaction des différentes briques dans la ligne pour assurer l'efficacité de dépollution
- la commande de la ligne d'échappement par le software.

Un modèle de ligne essence pourra aussi être abordé pour montrer les interactions d'un TWC avec un filtre à particule.

Ces travaux dirigés permettront aux participants de comprendre la physique qui se trouve dans le modèle : bilan thermique, bilan de masse des polluants, cinétique de réactions chimiques sur des transitoires de charge et de régime.

**1 j**

LANGUE	DATES	LIEU	PRIX HT	CONTACT INSCRIPTION
FR	16 - 18 Juin	Rueil	1 890 €	ML ml.rueil@ifptraining.com

Peut être adapté à vos besoins spécifiques et organisé dans le lieu de votre choix

# Mesures et mise au point moteur

**3 Jours**

 Niveau : **Expertise**

## FINALITÉ

Comprendre le “comment” et le “pourquoi” des mesures des moteurs à allumage commandé et Diesel. Mieux connaître le fonctionnement, les limites et les résultats que l’on peut attendre des différents appareils de mesure utilisés sur bancs moteur ou sur véhicules.

## PUBLIC

Ingénieurs et techniciens faisant ou exploitant des mesures moteur à des fins de mise au point. Ingénieurs et techniciens souhaitant connaître le processus des mesures et de calibration des moteurs, le principe de fonctionnement des appareils de mesure et les dysfonctionnements.

## OBJECTIFS

- Connaître les fondamentaux de la mise au point, de la calibration des moteurs et des essais associés.
- Connaître le schéma de développement d’un moteur, les types de mesure et les moyens de mesures nécessaires à un processus de calibration et de mise au point moteur.
- Connaître la constitution des différents types de bancs moteurs et leurs systèmes de pilotage et de contrôle.
- Connaître les méthodes de mesure dites “lentes” et les méthodes de mesures instantanées et leur utilisation.
- Identifier quelques dysfonctionnements type afin d’éviter des interprétations erronées.
- Connaître les méthodes classiques de prélèvement et d’analyses de gaz.

## PRÉ-REQUIS

Il est recommandé d’avoir des connaissances de base sur le fonctionnement des moteurs à combustion interne.

## LES + PÉDAGOGIQUES

- Exemples de bilan thermique et d’essais de mise au point issus de cas réels.

## OBSERVATION

Ce programme peut être enrichi d’études sur bancs virtuels de moteurs à allumage commandé et diesel afin d’appliquer la théorie des essais et de perfectionner l’analyse et la compréhension des paramètres moteur. Choisissez page suivante le stage MBM+.

**Responsable : Guillermo Ballesteros**

## PROGRAMME

### Introduction à la mise au point et à la calibration

Différentes prestations à prendre en compte : réglages de base, performances, agrément, fonctionnement à froid, dépollution/normes à respecter, régénération du filtre à particules, OBD et diagnostic. Prise en compte des dispersions, des conditions ambiantes, du vieillissement. Choix des points de fonctionnement représentatifs du cycle. Impact des différents paramètres de réglage du moteur.

Exemple de l’optimisation des calibrations avance et EGR sur un point de stabilité faible charge. Impact de la température d’eau sur les paramètres de mise au point.

**0,5 j**

### Mesures au banc moteur stationnaire

Essais effectués sur bancs moteurs stationnaires : essais de fiabilité de composants moteur ou de systèmes de post-traitement, essais de mise au point d’architecture ou de contrôle moteur.

Système de pilotage et de contrôle d’un banc d’essais automatisé.

Mesures lentes : circuit de refroidissement, critères de stabilité, essais de tenue thermomécanique des pièces ; circuits d’huile et de carburant ; circuits d’air.

Mesures instantanées : mesure et acquisition de pression cylindre, pressions instantanées d’admission et d’échappement, codage angulaire, analyse de combustion.

Visite virtuelle de banc.

**0,5 j**

### Interprétation des mesures aux bancs moteur, à rouleaux et dynamique

Démarche de validation du bon déroulement d’un essai par analyse des résultats obtenus comparativement aux attendus.

Détermination des raisons d’une non validation.

Visite virtuelle de banc.

**0,25 j**

### Bancs spéciaux et essais véhicules spécifiques

Équipement, instrumentation, objectif des mesures et des essais en terme de mise au point et de calibration en : chambre climatique, banc de mise en action, enceinte d’évaporation, banc altimétrique, banc aéro-climatique, essais sur piste, sur cycle, en condition client, en conditions extrêmes, ...

Visite virtuelle de banc.

**0,25 j**

### Méthodes de prélèvement au banc moteur et au banc à rouleaux

Prélèvements chauds ou froids, analyse de gaz humides ou à sec.

Système de dilution à débit constant (CVS : Constant Volume Sampling).

Systèmes à débit total et à débit partiel, avantages et limitations.

**0,25 j**

### Méthodes classiques de mesure des polluants gazeux et des particules

Mesure du monoxyde et dioxyde de carbone par détecteur à absorption d’infrarouges.

Mesure des oxydes d’azote par chimiluminescence.

Mesure de l’oxygène par détecteur paramagnétique.

Mesure des hydrocarbures imbrûlés par détecteur à ionisation de flamme.

Mesure des particules par méthode gravimétrique, par fumimètre, par opacimètre.

**0,25 j**

### Mesure des polluants gazeux non réglementés

Mesure différenciée des HC : aldéhydes, HAP.

Analyse de gaz par transformée de Fourier dans l’infrarouge (FTIR) et dans l’ultraviolet (FTUV) pour le NH<sub>3</sub>.

Principe de mesure, comparaison avec d’autres méthodes : temps de réponse, prélèvement en gaz chauds humides, absence d’étalonnage avec des gaz titrés, résultats obtenus.

**0,25 j**

### Granulométrie des particules

Mesure des polluants non réglementés (PNR) : HC, aldéhydes, NH<sub>3</sub>, HAP.

Granulométrie des particules : impacteur basse pression à détection électrique (ELPI), Scanning Mobility Particle Sizing (SMPS). Difficultés d’interprétation des résultats de mesure.

Mesures de masse dynamiques (TEOM, Micro Soot Sensor).

**0,25 j**

### Méthodes numériques de la mise au point

Choix des points de fonctionnement représentatifs d’un cycle. Impact des différents paramètres de réglage du moteur. Définition d’un plan d’expérience : définition des essais, définition des points de fonctionnement du champ moteur, définition des mesures et des moyens de mesures. Identification de modèles numériques des critères à optimiser (consommation, émissions, bruit, agrément, performance). Méthodes d’optimisation des calibrations.

**0,5 j**

LANGUE	DATES	LIEU	PRIX HT	CONTACT INSCRIPTION
FR	20 - 22 Avr	Rueil	1 750 €	ML ml.rueil@ifptraining.com

Peut être adapté à vos besoins spécifiques et organisé dans le lieu de votre choix

## Mesures, essais et analyses - Mise au point moteur

5 Jours

Niveau : Expertise

## FINALITÉ

Comprendre le "comment" et le "pourquoi" des mesures et l'influence des paramètres de réglage des moteurs. Mieux connaître le fonctionnement, les limites et les résultats que l'on peut attendre des différents appareils de mesure utilisés sur bancs moteur ou sur véhicules.

## PUBLIC

Ingénieurs et techniciens faisant ou exploitant des mesures moteur à des fins de mise au point. Ingénieurs et techniciens souhaitant connaître le processus des mesures et de calibration des moteurs, le principe de fonctionnement des appareils de mesure et les dysfonctionnements et désirant perfectionner leurs connaissances dans le domaine des paramètres de fonctionnement des moteurs.

## OBJECTIFS

- Connaître les fondamentaux de la mise au point des moteurs et des essais associés.
- Connaître le schéma de développement d'un moteur, les types de mesure et les moyens de mesures nécessaires.
- Expérimenter sur des bancs moteur virtuels pour les régler, mesurer, analyser et en déduire les calibrations.
- Connaître la constitution des différents types de bancs moteurs et leurs systèmes de pilotage et de contrôle.
- Identifier quelques dysfonctionnements type afin d'éviter des interprétations erronées.
- Connaître les méthodes classiques de prélèvement et d'analyses de gaz.
- Connaître l'évolution des principaux paramètres des moteurs.

## PRÉ-REQUIS

Il est recommandé d'avoir des connaissances de base sur le fonctionnement des moteurs à combustion interne.

## LES + PÉDAGOGIQUES

- Cette formation combine savoir théorique et savoir-faire appliqué sur simulateur numérique en utilisant des modèles de banc moteur à allumage commandé et de banc diesel.
- Le participant peut directement visualiser l'influence de chaque paramètre de chaque dispositif et l'importance des mesures.
- Le participant peut expérimenter le comment et le pourquoi des mesures moteur à des fins de compréhension et de réglage.

Responsable : Guillermo Ballesteros

## PROGRAMME

## Introduction à la mise au point et à la calibration

Différentes prestations à prendre en compte : réglages de base, performances, agrément, fonctionnement à froid, dépollution/normes à respecter, régénération du filtre à particules, OBD et diagnostic.

0,5 j

## Mesures au banc moteur stationnaire

Essais effectués sur bancs moteurs stationnaires. Système de pilotage et de contrôle d'un banc d'essais automatisé.

Mesures lentes. Mesures instantanées. Visite virtuelle de banc.

0,5 j

## Interprétation des mesures aux bancs moteur, à rouleaux et dynamique

Démarche de validation du bon déroulement d'un essai par analyse des résultats obtenus comparativement aux attendus. Détermination des raisons d'une non validation.

0,25 j

## Bancs spéciaux et essais véhicules spécifiques

Équipement, instrumentation, objectif des mesures et des essais en terme de mise au point et de calibration : chambre climatique, banc de mise en action, enceinte d'évaporation, banc altimétrique, banc Aéro-climatique, essais sur piste, sur cycle, en condition client, ...

Visite virtuelle de banc.

0,25 j

## Méthodes de prélèvement au banc moteur et au banc à rouleaux

Prélèvements chauds ou froids, analyse de gaz humides ou à sec. Système de dilution à débit constant. Systèmes à débit total et à débit partiel, avantages et limitations.

0,25 j

## Méthodes classiques de mesure des polluants gazeux et des particules

Mesure du monoxyde et dioxyde de carbone par détecteur à absorption d'infrarouges. Mesure des oxydes d'azote par chimiluminescence. Mesure de l'oxygène par détecteur paramagnétique. Mesure des hydrocarbures imbrûlés par détecteur à ionisation de flamme. Mesure des particules par méthode gravimétrique, par fumimètre, par opacimètre.

0,25 j

## Mesure des polluants gazeux non réglementés

Mesure des HC, aldéhydes, HAP et NH<sub>3</sub> : principes de mesure, comparaison avec d'autres méthodes.

0,25 j

## Granulométrie des particules

Mesure des polluants non réglementés : HC, aldéhydes, NH<sub>3</sub>, HAP.

Granulométrie des particules : impacteur basse pression à détection électrique, difficultés d'interprétation des résultats de mesure.

0,25 j

## Méthodes numériques de la mise au point

Choix des points de fonctionnement représentatifs d'un cycle. Impact des différents paramètres de réglage du moteur. Définition d'un plan d'expérience : définition des essais, définition des points de fonctionnement du champ moteur, définition des mesures et des moyens de mesures. Identification de modèles numériques des critères à optimiser. Méthodes d'optimisation des calibrations.

0,5 j

## Banc moteur à allumage commandé virtuel

Le simulateur proposé est un banc moteur virtuel sur lequel des essais virtuels vont être menés en faisant varier les paramètres pour montrer leur impact. De nombreuses mesures sont effectuées sur le moteur.

Simulateur, caractérisation d'un moteur pleine charge et à régime constant : détermination d'avance optimale ; élaboration d'une courbe de puissance, de couple, de consommation spécifique, analyse du remplissage ; impact des conditions d'essais sur les performances ; analyse paramètres moteur.

Simulateur, intérêt de la distribution variable : cycle de Miller/Atkinson à charge partielle ; gain en performances, CSE et polluants ; intérêt du balayage en pleine charge.

1 j

## Banc moteur Diesel virtuel

Simulateur, caractérisation d'un moteur pleine charge : détermination des réglages optimaux ; élaboration d'une courbe de puissance, de couple, de consommation spécifique, analyse du remplissage ; impact des conditions d'essais sur les performances.

Simulateur, caractérisation d'un moteur sur des points représentatifs du cycle d'homologation : balayages de paramètres (motif d'injection, pression rail, taux d'EGR, pression de suralimentation) ; analyse des impacts sur le CA50, de la CSE, de la CSI, des différents rendements du moteur, les émissions, le bruit de combustion.

1 j

LANGUE	DATES	LIEU	PRIX HT	CONTACT INSCRIPTION
FR	20 - 24 Avr	Rueil	2 490 €	ML ml.rueil@ifptraining.com

Peut être adapté à vos besoins spécifiques et organisé dans le lieu de votre choix

# Performances moteurs Diesel

Niveau 1

2 Jours

Niveau : **Expertise**

Le programme concerne les moteurs de véhicules industriels.

## FINALITÉ

Renforcer les connaissances dans le domaine de la conception et de la mise au point des moteurs industriels : grandeurs de base, combustion, systèmes d'injection, suralimentation, carburants et lubrifiants.

## PUBLIC

Ingénieurs, cadres et techniciens travaillant dans des secteurs en liaison avec celui des motoristes et ayant besoin de connaître le langage, les paramètres utilisés, la physique de fonctionnement et la technologie des moteurs Diesel.

## OBJECTIFS

- Définir les paramètres utilisés dans la conception et le développement des moteurs.
- Comprendre la physique qui conduit à la formation des polluants PM, NOx, HC, CO, et celle des technologies destinées à réduire ces polluants (injection, swirl, recirculation de gaz d'échappement, avance à l'injection).
- Comprendre les technologies des systèmes d'injection utilisés.
- Expliquer le principe de fonctionnement des turbocompresseurs et comment l'adapter à un moteur.

Responsable : Laurent Crestois

## PROGRAMME

### Rendement et performances

Différents types de moteur. Comparaison essence/Diesel.

Puissance, couple, pression moyenne effective, vitesse moyenne de piston : situation des moteurs de poids lourds par rapport aux autres moteurs à combustion interne.

Coefficient de remplissage et rendement volumétrique, influence sur les performances.

Rendements d'un moteur : rendement global, rendement de combustion, rendement thermodynamique, rendement de forme de cycle, rendement organique. Influence des réglages sur ces différents rendements. Consommation spécifique. Bilan thermique.

0,5 j

### Combustion et injection Diesel

Mécanismes de la combustion Diesel. Formation des polluants : PM, NOx, HC, CO.

Représentation sur le diagramme de Pischinger.

Différentes phases de la combustion : délai d'auto-inflammation, combustion en prémélange, combustion en flamme de diffusion. Bruit lié à la combustion. Indice de cétane du carburant.

Système de combustion : définition, mesure et génération du swirl ; caractéristiques du jet de carburant : taux d'introduction, pénétration, pulvérisation, forme extérieure ; chambre de combustion dans le piston.

Technologie des différents systèmes d'injection : injecteurs-pompes, pompes unitaires, common-rail, système à amplification de pression.

Recirculation des gaz d'échappement : mode d'action sur la réduction des oxydes d'azote, intérêt du refroidissement d'EGR, technologies de réalisation.

Nouveaux procédés de combustion Diesel (HCCI).

1 j

### Carburants - Lubrifiants

Élaboration des carburants en raffinerie. Principales caractéristiques du gazole en relation avec l'utilisation sur moteur : cétane, opérabilité à froid, distillation, pouvoir lubrifiant.

Principales propriétés demandées au lubrifiant.

0,25 j

### Suralimentation

Principe de fonctionnement d'un turbocompresseur.

Choix du turbocompresseur pour adaptation à un moteur donné.

Turbocompresseur à géométrie variable, double turbo.

0,25 j

Peut être adapté à vos besoins spécifiques et organisé dans le lieu de votre choix

# Performances moteurs Diesel

Niveau 2

5 Jours

Niveau : **Expertise**

Le programme concerne les moteurs de véhicules industriels.

## FINALITÉ

Renforcer les connaissances des participants dans leur domaine d'activité (mise au point performances) et élargir leurs connaissances sur les domaines connexes (pollution, carburants, lubrifiants, conception moteur, évolution des technologies d'injection et de suralimentation).

## PUBLIC

Ingénieurs et techniciens ayant des activités de mise au point performances ou en lien étroit avec ces activités sur des moteurs industriels.

## OBJECTIFS

- Comprendre le contexte environnemental qui justifie les réglementations relatives aux émissions à l'échappement.
- Expliquer la physique de la combustion et de l'injection Diesel, les paramètres d'amélioration du rendement et des performances.
- Comprendre les spécifications et expliquer les impacts sur le fonctionnement moteur du carburant et du lubrifiant.
- Adapter un turbocompresseur à un moteur.
- Comprendre le principe de fonctionnement et établir les stratégies de commande des différents systèmes de post-traitement des gaz d'échappement.

Responsable : Laurent Crestois

## PROGRAMME

### Pollution atmosphérique et réglementations

Pollution atmosphérique, principaux impacts sur la santé, contribution des transports. Polluants émis par les moteurs (réglementés et non réglementés). Réglementations.

0,25 j

### Rendements et performances

Rendement global, rendement de combustion, rendement thermodynamique, rendement de cycle, rendement mécanique. Remplissage et rendement volumétrique.

0,25 j

### Lubrifiant

Classification de viscosité SAE des huiles moteurs. Classifications API et ACEA des huiles pour moteurs Diesel.

Comportement du lubrifiant vis-à-vis des suies (dispersivité) ; teneur en soufre du carburant (TBN et teneur en cendres) ; polissage de cylindre ; compatibilité du lubrifiant avec les systèmes de post-traitement (FAP). Filtration de l'huile. Suivi des lubrifiants en service.

0,5 j

### Gazole

Élaboration en raffinerie, contraintes de fabrication Europe et US.

Caractéristiques en relation avec l'utilisation sur moteur : cétane, opérabilité à froid, distillation, viscosité, teneur en soufre.

Spécifications : gazole Europe, gazole US, carburant pour engins de chantiers, pour bateaux.

0,5 j

### Combustion et injection Diesel

Formation des polluants : HC, CO, NOx, particules, en fonction de la température et du rapport air-carburant local dans la chambre de combustion.

Formation et caractérisation du jet de carburant dans la chambre. Rôle du swirl.

Influence des paramètres moteur sur les émissions, la consommation, le bruit : charge, avance à l'injection, recirculation de gaz d'échappement (interne, externe, refroidissement), swirl, pression d'injection.

Exemples d'interprétation de quelques résultats d'essais.

Fonctionnement des systèmes d'injection Diesel : injecteurs-pompes, common-rail à solénoïde, piezo, avec amplification de pression.

Information sur l'intérêt et la technologie des systèmes de distribution variable.

1,5 j

### Post-traitement

Mécanismes des réactions spécifiques de la catalyse d'oxydation Diesel : structure des catalyseurs et principes de fonctionnement (matériaux, performances, impact du soufre).

Traitement des particules : structure des particules, filtres à particules, régénérations FAP, conséquences.

Traitement des oxydes d'azote : décomposition, réduction catalytique sélective (SCR) hydrocarbures et ammoniac, séquentielle Diesel. Pièges à NOx, DeNOx urée liquide/solide, réduction SCR par les HC.

Diagnostic embarqué (OBD) Diesel.

1 j

### Suralimentation

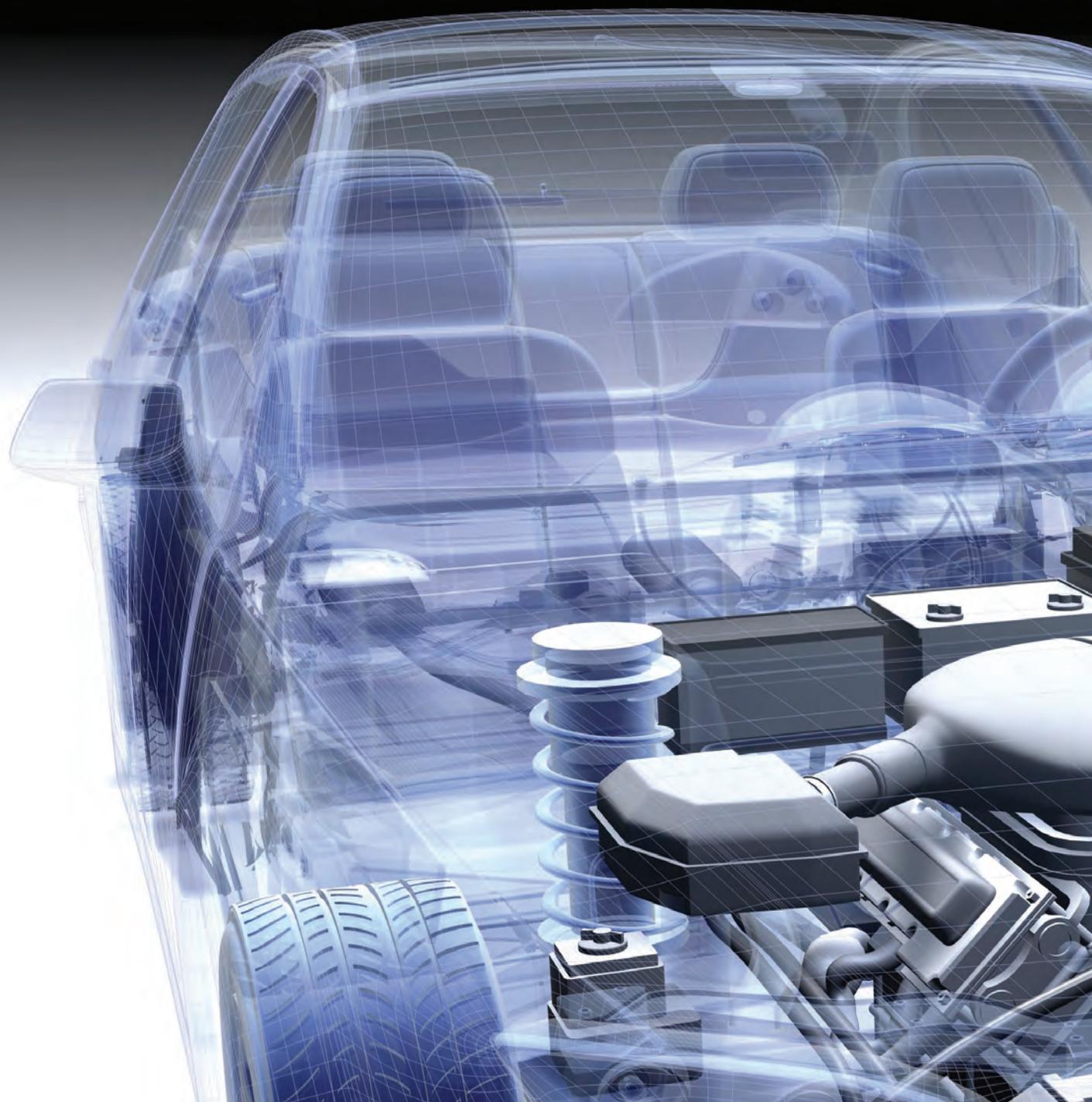
Principe de fonctionnement des turbocompresseurs : énergies de compression et de détente, caractéristiques géométriques, régulation de débit, refroidissement.

Carte pression-débit du compresseur et limites de fonctionnement. Caractéristiques de turbine, saturation.

Technologie des différentes parties du turbocompresseur : matériaux, lubrification, aspects fiabilité, twin scroll, double suralimentation, géométrie variable

Adaptation d'un turbocompresseur sur un moteur : choix du compresseur et de la turbine en fonction des caractéristiques et performances du moteur.

1 j



# Contrôle moteur



*p. 79 à 85*



Moteurs alternatifs : carburants, combustion, pollution

**Module 4 : Introduction au contrôle moteur****3 Jours**Niveau : **Fondamentaux****FINALITÉ**

Faire connaître les stratégies utilisées pour gérer le fonctionnement du moteur de façon à en améliorer les performances ou les prestations.

**PUBLIC**

Ingénieurs, cadres et techniciens concernés par les études, les essais, le développement et la mise au point des moteurs désirant découvrir le contrôle moteur.  
Il est souhaitable que les participants aient une bonne connaissance de base des moteurs.

**OBJECTIFS**

- Connaître les fondamentaux de contrôle moteur.
- Savoir déterminer et réaliser une consigne de couple des moteurs à allumage commandé et Diesel, par gestion de l'air, de l'allumage et du carburant.
- Connaître les stratégies de dépollution et d'OBD nécessaires pour satisfaire les normes.

**PRÉ-REQUIS**

Il est recommandé de suivre au préalable les modules 1, 2 et 3 (pages 36, 37 et 39).

**LES + PÉDAGOGIQUES**

Formation de type conférence utilisant de nombreux exemples d'application et faisant appel à la physique des phénomènes.

**PROGRAMME****Bases du contrôle moteur**

Enjeux, définitions, architectures.

Automatismes : régulateurs PID (principe, réglage, régulation de ralenti en essence et d'EGR en Diesel), nouvelles méthodes de réglage et perspectives.

Physique des moteurs Diesel et essence appliquée à la problématique contrôle, par les paramètres : air, carburant, couple, régime, dépollution.

**1 j****Détermination et réalisation de la consigne de couple**

Interprétation de la volonté du conducteur et prise en compte des demandes externes.

Prise en compte de l'agrément de conduite, régime de ralenti.

Comment satisfaire la consigne de couple en moteur à allumage commandé et en moteur Diesel.

Gestion de l'air : traduire la consigne en quantité d'air et pilotage du papillon, mesure des débits d'air par la stratégie pression/vitesse, recyclage des gaz d'échappement EGR.

Gestion carburant : alimentation en carburant, démarrage, recyclage des vapeurs d'essence (canister).

En Diesel, gestion de la pression d'injection du carburant et quantité injectée, pilotage des injecteurs, modes d'injection.

Gestion de l'allumage : pilotage des variations de couple par l'avance à l'allumage/cliquetis (chaîne de calcul d'allumage).

**1,25 j****Dépollution et OBD (Diesel et allumage commandé)**

Normes : présentations des objectifs.

Stratégies d'optimisation des paramètres influençant la dépollution (démarrage, régulation de richesse).

Régénération des filtres à particules, NOx trap, SCR.

On Board Diagnostic (OBD) : stratégies associées au contrôle moteur pour satisfaire les normes.

**0,75 j****Responsable** : Guillermo Ballesteros

LANGUE	DATES	LIEU	PRIX HT	CONTACT INSCRIPTION
FR	09 - 11 Juin	Rueil	1 560 €	ML ml.rueil@ifptraining.com

Peut être adapté à vos besoins spécifiques et organisé dans le lieu de votre choix

# Contrôle moteur : développement des lois de commande et calibrations

5 Jours

Niveau : **Expertise**

## FINALITÉ

Connaître et pratiquer les différentes étapes du processus de développement d'une stratégie de contrôle moteur.

## PUBLIC

Ingénieurs, cadres et techniciens travaillant dans le domaine du contrôle moteur ou dans le domaine des essais moteur et véhicule ou en relation avec ces secteurs, désirant mieux comprendre la façon dont est élaborée et validée une loi de commande et dont on effectue les calibrations pour satisfaire des prestations clients. Cette formation est basée sur un apprentissage par la pratique de la conception d'un système de contrôle moteur et donne une vue d'ensemble de ce domaine.

## OBJECTIFS

- Développer des stratégies de contrôle moteur, basées sur les phénomènes physiques, sous forme d'une loi de commande programmée dans un calculateur.
- Définir, concevoir, simuler, intégrer et valider une stratégie selon un cycle de développement en V.
- Coder et comprendre les contraintes du codage et des codes temps réels.
- Calibrer et concevoir les outils de calibration des stratégies de contrôle moteur.
- Comprendre et appliquer les plans d'expériences dans une démarche d'optimisation de la calibration et de la mise au point.

## LES + PÉDAGOGIQUES

Un mini-projet de contrôle moteur sert de base à l'apprentissage. L'apprenant est actif au cours de cette formation : il conçoit, il réalise, il teste, il calibre et il valide lui-même la loi de commande qu'il a développée. Les étapes de l'enseignement actif sont :

- conception, réalisation et calibration de stratégies de contrôle et des modèles d'environnement sous Matlab-Simulink
- validation des stratégies sous Matlab-Simulink : MIL et HIL
- codage manuel et automatique des stratégies de contrôle développées en environnement Simulink et en langage C
- intégration du logiciel dans un calculateur
- validation et calibration de la loi de commande sur un banc moteur
- comparaison et analyse des résultats obtenus pour chacune des étapes du cycle en V.

**Responsable :** Guillermo Ballesteros

## PROGRAMME

### Fonctions et structure d'un système de contrôle moteur

Introduction : pourquoi l'électronique dans les moteurs.  
Structure générale d'un système de contrôle moteur essence et Diesel.  
Composants : actionneurs, capteurs, calculateurs.  
Système électronique : alimentation, réseaux, faisceaux, multiplexage.  
Logiciel : structure, traitement des entrées/sorties, stratégies, calibrations, évolutions.  
Méthodologie de développement et de mise au point : intervenants, étapes-clés, cycle en "V", outils.

0,25 j

### Élaboration d'une loi de commande

Notions d'automatique : réglages d'un régulateur PID (Proportionnel-Intégral-Dérivé).  
Modélisation d'un moteur essence : entrées et sorties du système, estimation de la masse d'air admise, modélisation du collecteur d'admission, estimation de la pression collecteur, calcul du débit au boîtier papillon par application de la loi de Barré de Saint Venant, rendement d'avance à l'allumage, équation de la dynamique du moteur et calcul du régime.  
*Travaux dirigés d'élaboration d'une loi de commande sur station Matlab : conception d'une structure couple et d'une régulation de ralenti d'un moteur à allumage commandé.*  
Représentation en schémas blocs. Mise en place des différents sous-modèles : calcul du débit d'air, du couple indiqué, du régime. Introduction des bruits de richesse et de mesure du régime. Régulation PID du régime.

1,5 j

Exercices d'utilisation de la loi de commande créée : actions sur les perturbations et réglage des paramètres de régulation PID. Observation du signal de régime obtenu.

Exercices d'utilisation de la loi de commande créée : actions sur les perturbations et réglage des paramètres de régulation PID. Calibration du régulateur PID et de la structure couple. Étude la robustesse de la loi de commande.

### Validation d'une loi de commande

*Les étapes de validation sont réalisées en environnement Matlab-Simulink, sur calculateur et sur moteur au banc d'essai.*

Étapes de validation : Quelles en sont les raisons ? Quels en sont les objectifs ? Quels sont les technologies et les outils employés ?

Validation Model In the Loop (MIL) : validation fonctionnelle de la stratégie avec un modèle moteur environnemental sous Matlab-Simulink.

Validation Software In the Loop (SIL) : présentation de la démarche, intérêts de cette étape, génération de code automatique.

Validation Hardware In the Loop (HIL) : présentation de la démarche, intérêts de cette étape, intégration de la stratégie dans calculateur après codage, test sur un banc Hardware.

Validation fonctionnelle sur un moteur : test de la stratégie sur banc moteur, comparaison entre la simulation et la mesure, méthodologie de calibration appliquée sur le moteur.

1,5 j

### Implémentation d'une loi de commande sur calculateur

Transcription de la loi de commande en un code intégrable dans le calculateur.  
Programmation et calibration du calculateur.  
Outils de développement : maquettage et prototypage rapide des stratégies de contrôle moteur.  
Virgule fixe et virgule flottante.

0,75 j

### Calibration et mise au point

Développement des méthodologies de calibrations en fonction de la nature de la stratégie de contrôle moteur. Développement des premiers outils de calibration par le concepteur de la stratégie de contrôle. Industrialisation et intégration de l'ensemble des méthodologies de calibration dans un planning cohérent afin de réduire le nombre d'essais et le coût de la mise au point.

Différentes prestations à prendre en compte : réglages de base, performances, agrément, fonctionnement à froid, dépollution/normes à respecter, régénération du filtre à particules, OBD et diagnostic. Prise en compte des dispersions, des conditions ambiantes, du vieillissement. Choix des points de fonctionnement représentatifs du cycle. Impact des différents paramètres de réglage du moteur.

Définition du plan d'expérience. Théorie du plan d'expérience. Méthodologies d'essais moteurs associées au plan d'expérience.

Optimisation des calibrations. Impact des paramètres environnementaux de mise au point.

1 j

LANGUE	DATES	LIEU	PRIX HT	CONTACT	INSCRIPTION
FR	05 - 09 Oct	Rueil	2 490 €	ML	ml.rueil@ifptraining.com

Peut être adapté à vos besoins spécifiques et organisé dans le lieu de votre choix

# Mise au point et calibration des moteurs

5 Jours

Niveau : **Expertise**

## FINALITÉ

Développer ou renforcer des connaissances dans le domaine de la mise au point et de la calibration des systèmes de contrôle moteur. Donner une vue globale de ce domaine à des spécialistes du contrôle moteur quelque soient leurs spécialités (projet, architecture, conception système, développement logiciel, développement de composants, intégration du logiciel, validation fonctionnelle, calibration, ...).

## PUBLIC

Ingénieurs et techniciens ayant des activités de mise au point ou de conception de fonctions, de systèmes ou de composants de contrôle moteur ou ayant un lien étroit avec ces activités.

## OBJECTIFS

- Comprendre le lien entre physique de fonctionnement des moteurs et les prestations clients (agrément, brio, consommation, émissions, performance du moteur).
- Comprendre le rôle et la fonctionnalité de la Mise Au Point et de la calibration dans un processus de développement de système de contrôle moteur.
- Connaître les procédures et les outils modernes de calibration et de mise au point.
- Comprendre la théorie et l'intérêt des plans d'expérience. Pratiquer le plan d'expérience.
- Comprendre et pratiquer les outils numériques d'optimisation et les modèles numériques de mise au point.
- Objectiver un compromis entre les différentes prestations.
- Faire la synthèse des calibrations et de la mise au point d'un contrôle moteur complet.

## LES + PÉDAGOGIQUES

- Cette formation est une synthèse du savoir de la mise au point moteur présenté par des professionnels de l'industrie sur la base d'exemples concrets et vivants.
- L'enseignement du plan d'expérience est renforcé par l'utilisation d'outils informatiques (Matlab).
- L'enseignement de l'optimisation des réglages est facilité par la mise en œuvre et l'utilisation d'outils informatiques utilisés dans l'industrie.

Responsable : Guillermo Ballesteros

## PROGRAMME

### Introduction

Fondamentaux sur le développement des systèmes de contrôle moteur. Positionnement de la MAP dans un cycle en V.

Notions de prestations clients, liens avec la définition technique du système de contrôle moteur. Enjeu, contexte et perspectives.

0,25 j

### Fondamentaux de la mise au point de la performance et du brio des moteurs

Notions de couple/puissance. Notions d'accélération, de vitesse véhicule, impact du rapport de transmission.

Contraintes liées à l'architecture du moteur, à la tenue des composants, aux aspects GMP, aux véhicules, à la dépollution, aux dispersions et dérives des caractéristiques système.

Performance et brio lié aux caractéristiques de l'injection, au remplissage des moteurs et des stratégies de contrôle de la chaîne d'air (comportement en stabilisé et en transitoire).

Mesures, nature, chronologie et analyse des essais, bancs et outils. Compromis inter-prestation. Plan de validation.

0,75 j

### Fondamentaux de la mise au point de la dépollution et de l'OBD des moteurs

Notions sur la réglementation des émissions, nature des polluants, cycles et niveaux mondiaux.

Notions fondamentales sur les émissions à la source. Contraintes liées à l'architecture du moteur et aux caractéristiques des composants.

Calibration et mise au point des émissions à la source. Calibration et mise au point des systèmes de post-traitement. Mesures, nature, chronologie et analyse des essais, bancs et outils. Compromis inter-prestation. Plan de validation.

0,75 j

### Fondamentaux de la mise au point de la consommation des moteurs

Notions sur la réglementation des émissions de CO<sub>2</sub> et les incitations fiscales.

Notions fondamentales sur la consommation des moteurs. Impact des caractéristiques du carburant sur les émissions de CO<sub>2</sub>.

Contraintes liées à l'architecture du moteur et aux caractéristiques des composants.

Calibration et mise au point liées aux caractéristiques de l'injection, des stratégies de contrôle du carburant, du système d'air et du contrôle de la combustion.

Mesures, bancs, outils et analyse des essais. Compromis inter-prestation. Plan de validation.

0,75 j

### Fondamentaux de la mise au point de l'agrément GMP

Définition de l'agrément de conduite. Objectivation de l'agrément.

Contraintes liées à l'architecture du moteur et des caractéristiques des composants.

Notions fondamentales sur les stratégies de confort.

Calibration et mise au point des phases de vie du GMP : décollage, conduite sur route, conduite sur autoroute, accostage, accélération, stabilisé, régulation de ralenti.

Mesures, nature, chronologie et analyse des essais, bancs et outils. Compromis inter-prestation. Plan de validation.

0,5 j

### Plan d'expérience appliqué à la mise au point des moteurs

Choix des points de fonctionnement représentatifs d'un cycle. Définition du plan d'expérience. Théorie du plan d'expérience. Pratique du plan d'expérience sous Matlab. Impact des différents paramètres de réglage.

Choix des modèles numériques des variables à optimiser. Validation de la qualité et de la prédictivité du modèle. Plex Local ou Plex Global.

Méthodologies d'essais moteurs associées au plan d'expérience.

1 j

### Synthèse et optimisation de la mise au point des moteurs

Outils de calibration numérique adaptés aux stratégies de contrôle et génériques du commerce (du type AVL CAMEO).

Industrialisation et intégration des méthodologies numériques de calibration dans un processus de développement.

Minimisation du nombre d'essais total. Création de bases de données d'essais.

Prise en compte des dérives et des dispersions, des conditions environnementales de mesure dans les modèles numériques de mise au point.

Exploitation des plans d'expérience. Méthodologies numériques d'optimisation.

Pilotage automatique de bancs. Mesures sur banc à faible dynamique (BFD).

Optimisation des calibrations multicritères. Synthèse et gestion du compromis inter-prestation sur un critère objectif. Lissage des cartographies.

1 j

LANGUE	DATES	LIEU	PRIX HT	CONTACT INSCRIPTION
FR	28 Sept - 02 Oct	Rueil	2 490 €	ML ml.rueil@ifptraining.com

Peut être adapté à vos besoins spécifiques et organisé dans le lieu de votre choix

# Contrôle moteur essence

3 Jours

Niveau : **Expertise**

## PROGRAMME

### FINALITÉ

Connaître dans le cas des moteurs à allumage commandé :

- les différentes fonctions liées à l'alimentation en air, l'alimentation en carburant, la combustion
- les capteurs et actionneurs liés à chacune de ces fonctions et leur mise en œuvre
- les stratégies utilisées.

### PUBLIC

Ingénieurs, cadres et techniciens travaillant dans le domaine des essais banc moteur et véhicule ou en relation avec ces secteurs, désirant approfondir leurs connaissances sur les différentes fonctions et stratégies mises en œuvre dans le contrôle des moteurs à essence, et acquérir ainsi une connaissance de l'ensemble du système.

### OBJECTIFS

- Avoir une vue globale sur le système de contrôle des moteurs à essence.
- Avoir des éléments pour diagnostiquer certains modes simples de défaillance.
- Pouvoir dialoguer avec les spécialistes pour comprendre et faire évoluer les stratégies de contrôle.

### LES + PÉDAGOGIQUES

Formation appuyée sur des exemples réels et exercices appliqués.

#### Architecture du système de contrôle moteur et structure couple

0,5 j

Calculateur, structure Hardware et Software, architecture contrôle moteur applicative. Interprétation de la volonté du conducteur. Gestion des transitoires et de l'agrément de conduite. Supervision des couples, gestion intersystème. Estimation des pertes PMF (frottements), PMI BP (pompage) : exemple d'analyse de données banc moteur. Notions sur la régulation de ralenti.

#### Fonction alimentation en air

1 j

Chaîne d'air standard  
 Capteurs et actionneurs : débitmètre d'air, capteur de pression, papillon motorisé et son asservissement.  
 Chaîne d'air en couple (ou inversée) : équation de combustion, équation de Barré de Saint Venant.  
 Chaîne d'air directe : équation de charge, gestion des transitoires.  
 Contrôle des dispersions : boucle fermée par sonde lambda, adaptatifs.  
 Chaînes d'air dérivées  
 Suralimentation par turbocompresseur, distribution variable : capteurs et actionneurs, impact sur la structure de contrôle.  
 Notions sur la sûreté de fonctionnement

#### Fonctions injection de carburant et allumage

1 j

Composants et stratégies associées pour les sous-systèmes suivants :  
 Capteurs PMH et arbre à cames, chaînes d'acquisition de position angulaire vilebrequin et arbre à cames.  
 Injection d'essence, indirecte et directe, injection de gaz.  
 Canister.  
 Sondes à oxygène amont et aval.  
 Allumage : évolution des technologies.  
 Cliquetis : chaîne d'acquisition du signal d'accéléromètre.

#### Diagnostic, dépollution et vieillissement du catalyseur

0,5 j

Stratégie dépollution  
 Aspects réglementaires, amorçage et vieillissement du catalyseur, OSC (Oxygen Storage Capacity).  
 Diagnostic catalyseur.  
 Diagnostic sonde lambda.  
 Diagnostic misfire.

Responsable : Guillermo Ballesteros

LANGUE	DATES	LIEU	PRIX HT	CONTACT INSCRIPTION
FR	01 - 03 Déc	Rueil	1 890 €	ML ml.rueil@ifptraining.com

Peut être adapté à vos besoins spécifiques et organisé dans le lieu de votre choix

# Contrôle moteur Diesel

**3 Jours**

Niveau : **Expertise**

## FINALITÉ

Connaître chacune des différentes fonctions utilisées dans le contrôle des moteurs Diesel, les composants (capteurs et actionneurs) utilisés, la stratégie mise en œuvre prenant en compte ces composants et la physique de fonctionnement du moteur.

## PUBLIC

Ingénieurs, cadres et techniciens concernés par le développement des moteurs Diesel et désirant élargir leurs connaissances à l'ensemble des fonctions du système de contrôle électronique : capteurs, actionneurs, stratégies de contrôle et de diagnostic.

## OBJECTIFS

- Connaître les actions mises en œuvre par le système pour la réalisation de la consigne de couple (structure couple).
- Connaître le fonctionnement et l'utilisation des différents capteurs et actionneurs.
- Définir les stratégies de contrôle du turbocompresseur, du taux de recirculation de gaz d'échappement (EGR), du système de swirl variable pour les moteurs qui en sont équipés, de la pression d'injection, du phasage et de la quantité injectée pour chacune des injections réalisées lors d'un cycle moteur.
- Définir les modes de détection des défaillances (diagnostic).

## LES + PÉDAGOGIQUES

Formation appuyée sur des exemples réels et des exercices appliqués.

**Responsable** : Guillermo Ballesteros

## PROGRAMME

### Structure couple

Déclinaison de la consigne de couple aux roues voulue par le conducteur en actions du contrôle moteur sur l'alimentation en air (turbocompresseur) et en carburant (système d'injection). Cartographie pédale. Fonctionnements en moteur entraîné ou en régulation de vitesse véhicule. Interaction des autres systèmes de stabilité véhicule (ESP, ASR).

Limitations de pleine charge. Stratégie anti-à-coups. Avantages de la structure couple.

0,5 j

### Fonction alimentation en air

Régulation du débit d'air par la vanne EGR et de la pression collecteur admission par la position de l'actionneur du turbocompresseur.

Interaction entre la régulation EGR et la régulation turbocompresseur.

Intérêt d'une sonde à oxygène pour la régulation EGR.

Mise au point sur cycle en dynamique pour optimiser les émissions polluantes.

Pilotage des volets de swirl variable, du by-pass de refroidisseur d'EGR.

0,75 j

### Fonction injection de carburant

Oscillations de pression créées lors d'une injection, influence sur les débits injectés lors de multi-injections. Correction par un modèle de simulation du comportement hydraulique.

Choix du rapport d'entraînement de la pompe haute pression, influence sur le débit injecté du volume du rail et de la longueur des tubes HP.

Régulation de pression rail sur la haute pression ou sur la basse pression.

Régulation du régime moteur, régulation poste à poste, régulation du ralenti, anti-à-coups.

0,5 j

### Contrôle du post-traitement

Contrôle de la richesse et de la température de la ligne d'échappement.

Contrôle du filtre à particules : estimateurs de suies et régénération du FAP.

Contrôle du SCR (Selective Catalyst Reduction).

Contrôle des pièces à NOx.

Contrôle du catalyseur d'oxydation.

0,75 j

### Diagnostics de défaillances et OBD

Diagnostics d'écarts de boucle de pression rail, de surveillance de pression mini, plausibilité du signal de capteur.

Diagnostic de pression de suralimentation.

Diagnostics du système de dépollution (EOBD).

0,5 j

LANGUE	DATES	LIEU	PRIX HT	CONTACT	INSCRIPTION
FR	08 - 10 Sept	Rueil	1 890 €	ML	ml.rueil@ifptraining.com

Peut être adapté à vos besoins spécifiques et organisé dans le lieu de votre choix

# Introduction au contrôle moteur : approche pratique par la modélisation et la simulation

9 Jours

Niveau : **Expertise**

## PROGRAMME

### FINALITÉ

Apprendre par la pratique le contrôle moteur. Développer ou renforcer des connaissances dans le domaine du contrôle moteur. Donner une vue globale de ce domaine à des spécialistes du contrôle moteur quelque soient leurs spécialités (Projet, Architecture, Conception système, développement logiciel, développement de composants, intégration du logiciel, validation fonctionnelle, calibration, ...).

### PUBLIC

Ingénieurs et techniciens voulant découvrir le contrôle moteur par la pratique ou ayant des activités spécialisées de mise au point ou de conception de fonctions, de systèmes ou de composants de contrôle moteur ou ayant un lien étroit avec ces activités désirant une vision globale et pratique du contrôle moteur.

### OBJECTIFS

- Comprendre le lien entre physique de fonctionnement des moteurs et le contrôle moteur.
- Comprendre le rôle du processus de développement d'un système de contrôle moteur.
- Acquérir les principes de base des stratégies de contrôle couple et dépollution des moteurs à allumage commandé et diesel.
- Acquérir les principes de base des stratégies transversales de synchronisation, de supervision et intersystème.
- Décrire le fonctionnement des stratégies transversales de synchronisation, de supervision et d'intersystème.
- Concevoir et développer des stratégies de contrôle moteur.
- Valider le fonctionnement des stratégies de contrôle moteur.
- Calibrer les stratégies de contrôle moteur.

### LES + PÉDAGOGIQUES

Cette formation donne une vision globale du contrôle moteur. Un mini-projet de contrôle moteur sous-tend l'apprentissage. L'apprenant est actif tout au long de cette formation : il conçoit, il réalise, il teste, il calibre et il valide lui-même la loi de commande qu'il a développée.

Les étapes de cet enseignement actif sont :

- conception, réalisation et calibration de stratégies de contrôle sous Matlab-Simulink
- conception d'un modèle moteur servant de base à la conception d'une structure couple sous Matlab-Simulink
- validation des stratégies à l'aide d'un modèle moteur sous Matlab-Simulink.

Responsable : Guillermo Ballesteros

### Introduction et découverte du contrôle moteur par la pratique

3,5 j

*Notions clefs du contrôle : capteurs, actionneurs, ECU, stratégies de contrôle, architecture, mise au point, valorisation des prestations. Des exemples sont donnés en diesel, le TP permet de travailler des exemples en allumage commandé. L'accent est mis sur une approche pragmatique par le TP. La partie académique et magistrale est volontairement réduite au strict nécessaire.*

Courte introduction des notions clefs du contrôle pour laisser plus de temps à la pratique (TP) car ces notions sont retravaillées dans le cadre du TP.

Courte introduction des notions clefs de la mise au point pour laisser plus de temps à la pratique (TP) car ces notions sont retravaillées dans le cadre du TP Fondamentaux sur le développement des systèmes de contrôle moteur.

Automatique appliquée au contrôle moteur : notions clefs des stratégies de contrôle (commandes boucle ouverte et boucle fermée, mise au point et calibration des stratégies et des régulateurs). Exemples de stratégies par le contrôle diesel :

- commande boucle ouverte : commande de l'injection et structure couple
- commande en boucle fermée : régulation de pression rail et de suralimentation

Travaux pratiques de conception d'une loi de commande. Toutes les notions introductives sont retravaillées dans le TP en prenant comme exemple un moteur à allumage commandé : conception et mise en œuvre d'une structure couple en essence, conception et mise en œuvre d'une stratégie de régulation de ralenti.

### Contrôle du couple et des émissions des moteurs à allumage commandé

1,75 j

Structure couple des moteurs à allumage commandé : philosophie des structures couples, fonctionnement de la structure couple essence, mise en pratique du cours par le TP.

Chaîne d'air des moteurs à allumage commandé. Introduction au contrôle de chaîne d'air : commande du débit d'air par les actionneurs boîtier papillon, VVT, suralimentation et mesure de débit d'air. Mise en œuvre d'une partie de ces notions dans le TP.

Allumage des moteurs à allumage commandé. Fonctionnement des composants et stratégies de contrôle de l'allumage dont les stratégies cliquetis et de détection du RON carburant. Illustration de la gestion de l'allumage dans le cadre de la régulation de ralenti prévue par le TP.

Contrôle de l'injection des moteurs à allumage commandé. Alimentation en carburant, injection MPI et GDI (enjeux Euro 6 sur les particules). Impacts fonctionnels de l'injection sur la combustion.

Dépollution des moteurs à allumage commandé. Philosophie des stratégies de dépollution à la source et de post-traitement (régulation de richesse) et de mise en action des catalyseurs.

### Contrôle du couple et des émissions des moteurs Diesel

1,75 j

Structure couple des moteurs diesel : philosophie des structures couple diesel ; pilotage du couple par l'injection.

Contrôle de l'injection des moteurs diesel : contrôle du système ; contrôle des motifs d'injection, de la pression rail ; stratégies de recalage et de corrections des injections.

Dépollution et chaîne d'air des moteurs diesel : contrôle de la quantité d'air ; suralimentation, quantité d'air frais et taux d'EGR ; contrôle des systèmes de post-traitement (catalyseur d'oxydation, FAP, Nox trap et SCR).

### Fonctions transversales du contrôle moteur

2 j

Fonctions de synchronisation moteur. Fonction transversale des contrôles moteur essence et diesel, synchronisation vilebrequin et came : stratégies, fonctionnement, technologies et composants.

Supervision GMP. Interprétation de la volonté conducteur, choix du point de fonctionnement du GMP, arbitrage intersystème.

OBD des moteurs. Problématique de l'OBD dans un contexte Euro 6 : impact sur l'architecture du contrôle moteur. Approche du diagnostic globalisée.

Intersystèmes. Problématique fonctionnelle de l'intersystème, réseaux CAN, VAN, liaisons numériques capteurs-ECU.

# Formation contrôle moteur

**30 Jours**

 Niveau : **Expertise**

## FINALITÉ

Donner à des ingénieurs l'ensemble des connaissances nécessaires sur la physique de fonctionnement du moteur et son contrôle électronique pour qu'ils puissent participer au développement de stratégies de contrôle et de calibrations au banc moteur et sur véhicule.

## PUBLIC

Ingénieurs de l'automobile désirant acquérir ou compléter leurs connaissances dans le domaine du contrôle électronique du groupe motopropulseur.

## OBJECTIFS

- Connaître les paramètres utilisés pour caractériser et contrôler les performances, le rendement, la combustion, les émissions.
- Connaître les mécanismes de la combustion et le fonctionnement des systèmes de post-traitement des gaz d'échappement.
- Connaître l'architecture et les fonctions des systèmes de contrôle moteur, les capteurs et actuateurs.
- Avoir des notions pratiques d'automatique appliquée au contrôle moteur.
- Comprendre l'intérêt et la construction d'une structure couple.
- Comprendre les stratégies de contrôle des moteurs essence et Diesel, éventuellement associés à une transmission automatique.
- Connaître la mise en place des fonctions diagnostic, à la fois sous l'aspect réglementaire et l'aspect sûreté de fonctionnement.
- Connaître la façon de construire une loi de commande.
- Connaître la démarche de mise au point et de calibration sur moteur.

## LES + PÉDAGOGIQUES

Formation jalonnée d'exercices (dimensionnement, plan d'expérience, ...) et de tests de validation.

## OBSERVATION

La formation est organisée en 6 semaines pleines de 5 jours chacune. Ces 6 semaines peuvent être réparties en fonction de la demande, avec éventuellement des semaines en entreprise intercalées entre deux semaines de formation.

**Responsable** : Guillermo Ballesteros

## PROGRAMME

### Fonctionnement et technologie des moteurs

**13 j**

Cycles thermodynamiques, architecture générale du moteur, technologie des différents composants.

Paramètres géométriques, de performances effectives et indiquées, de rendement, d'émissions, de remplissage en air.

Mécanique du moteur : transmission des efforts, équilibrage des masses rotatives et alternatives, acyclismes, vibrations.

Combustion dans les moteurs à allumage commandé et dans les moteurs par compression : formation des polluants, combustions normale et anormale.

Paramètres de contrôle : débit d'air, débit de carburant, température et pression à l'admission, gaz brûlés résiduels, avance à l'allumage ou à l'injection. Moyens d'action sur ces paramètres (papillon motorisé, recirculation de gaz d'échappement à l'admission, systèmes d'injection de carburant essence et Diesel, distribution variable, suralimentation par turbocompresseur).

Carburants : caractéristiques, influence sur le fonctionnement du moteur.

Systèmes de post-traitement des gaz d'échappement : catalyseurs, filtres, pièges ; systèmes de purge des pièges et de régénération des filtres ; stratégies de contrôle de ces systèmes.

### Contrôle moteur

**17 j**

Hardware

Architecture du système de contrôle électronique, échanges de données, processus de développement.

Définition technique, propriétés et mise en œuvre des capteurs (débit, régime, position, pression, température, sonde à oxygène) et des actuateurs (injecteurs, boîtier papillon motorisé, vannes EGR, allumage).

Software

Automatique appliquée au contrôle moteur. Régulation PID. Diagrammes de Bode et de Nyquist.

Structure couple. Contrôles lent et rapide. Élaboration d'une loi de commande sur l'exemple d'une régulation de ralenti sur moteur "essence".

Stratégie de contrôle des moteurs "essence" : architecture, synchronisation, boucle d'air, injection de carburant, régulation de richesse, avance à l'allumage, correction anti-cliquetis, purge du canister, mise en action du catalyseur.

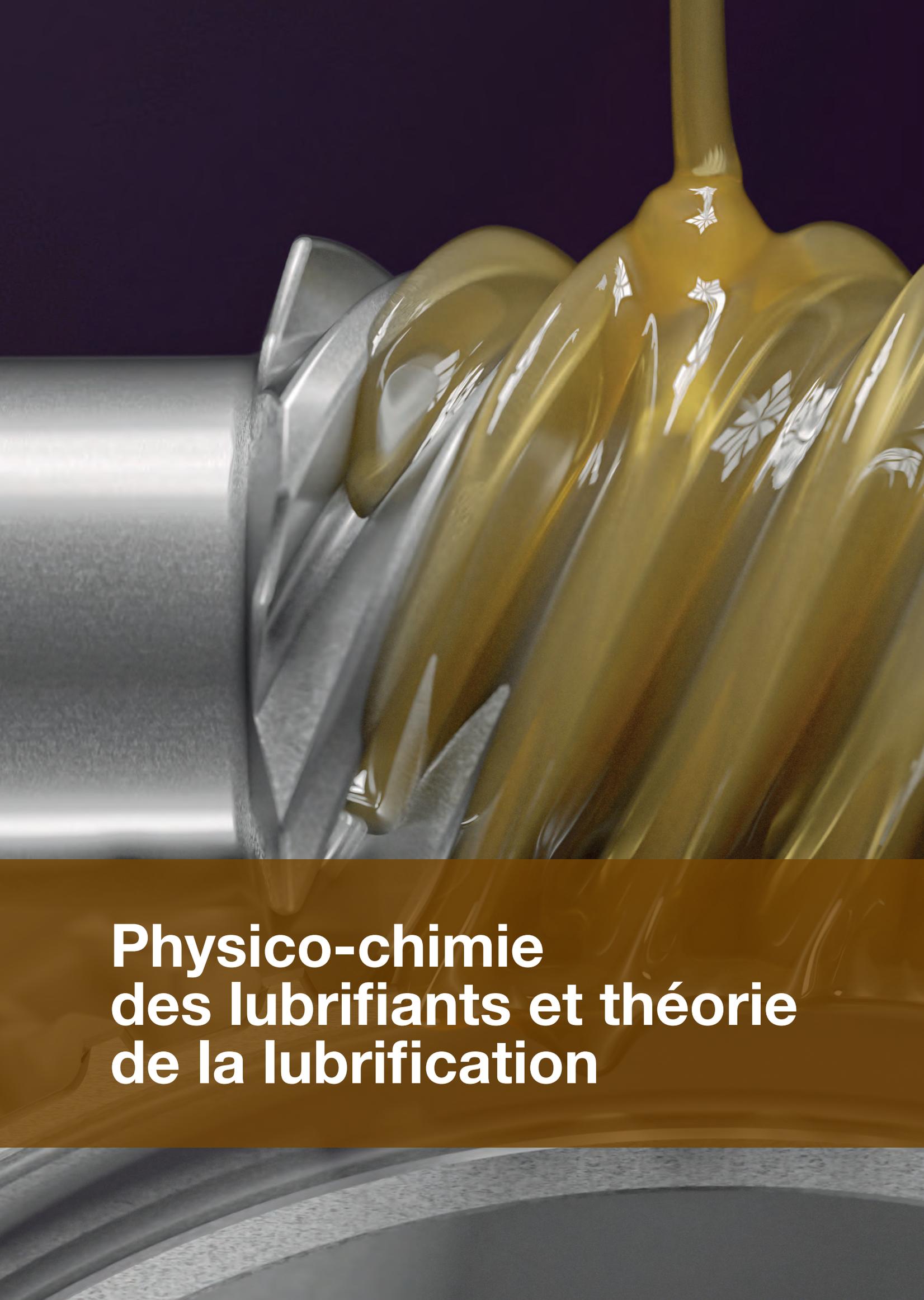
Stratégie de commande des moteurs "Diesel" : pression rail, débit injecté, multi-injections, corrections des dispersions, déséquilibres entre injecteurs, dérives, suralimentation, EGR, post-traitement.

Contrôle dans le cas d'une transmission automatique : lois de passage, interférence avec la structure couple.

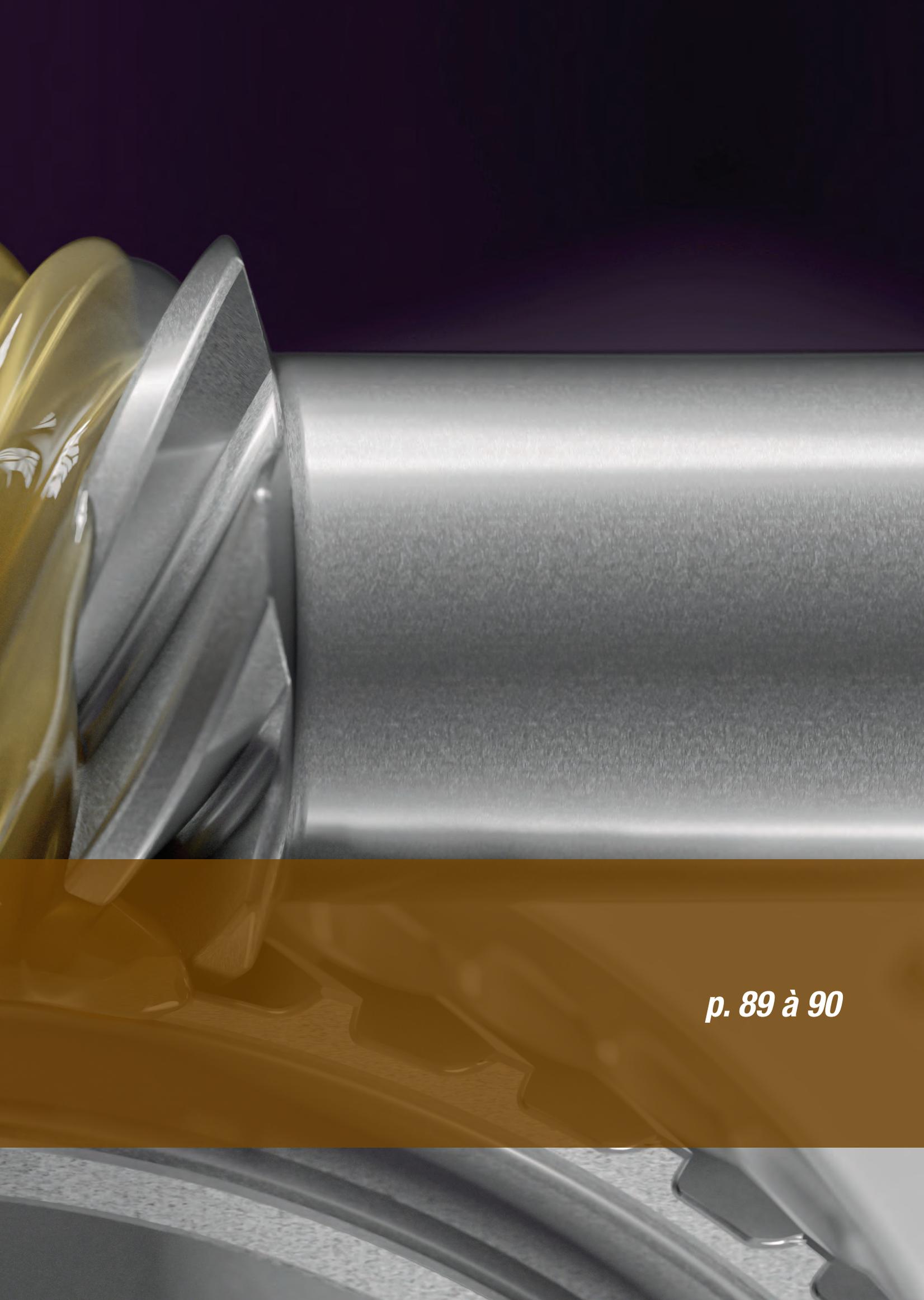
Diagnostic : réglementation EOBD, sûreté de fonctionnement ; écart de boucle.

Analyse statistique, défaillances, surveillance de la structure couple, modes dégradés.

Tâches et étapes du processus de mise au point. Calibration automatique, utilisation des plans d'expériences.



**Physico-chimie  
des lubrifiants et théorie  
de la lubrification**



*p. 89 à 90*



# Introduction à la lubrification

**3 Jours**

 Niveau : **Découverte**

## FINALITÉ

Apporter les informations sur le mode d'action des lubrifiants dans les moteurs thermiques et autres organes mécaniques.

Apporter des informations sur le comportement rhéologique des lubrifiants dans les moteurs thermiques, sur les différents régimes de lubrification et leurs mécanismes d'établissement selon les paramètres de fonctionnement.

Apporter une information sur les mécanismes d'usure des matériels et sur les méthodes de contrôle de l'usure.

Permettre une meilleure compréhension du fonctionnement et mode d'action d'un lubrifiant dans un moteur.

## PUBLIC

Ingénieurs, cadres et techniciens de l'industrie automobile et de l'industrie mécanique confrontés aux problèmes de lubrification et désirant acquérir une connaissance de base sur les principes de la lubrification et sur les lubrifiants.

## OBJECTIFS

- Comprendre l'ensemble des mécanismes mis en jeu dans l'établissement des régimes de lubrification, selon les conditions opératoires des matériels et les enjeux pour la protection des matériels contre les différentes formes d'usure.
- Connaître les propriétés essentielles des lubrifiants en relation avec leur composition chimique.

## LES + PÉDAGOGIQUES

Exercices interactifs de questions-réponses entre les participants, à l'aide de jeux de cartes, pour synthétiser les points essentiels des exposés.

**Responsable** : Laurent Crestois

## PROGRAMME

### Classification et spécifications des lubrifiants

Rhéologie des lubrifiants : les différents types de comportement à l'écoulement (Newtonien, non Newtonien, fluide de Bingham, fluide de Maxwell, thixotropie), variation de la viscosité avec la température, la pression et la déformation, les méthodes de mesure des propriétés rhéologiques, les classifications de viscosités des lubrifiants moteurs et transmissions automobiles.

Spécifications de service des lubrifiants moteurs : API, ACEA, ILSAC, essais moteurs d'évaluation de la performance.

**1 j**

### Éléments de tribologie

Lois du frottement.

Étude des différents régimes de lubrification (hydrodynamique, hydrostatique, élastohydrodynamique, limite, mixte, squeeze-film) et de leur mécanisme de génération. Courbe de Stribeck. Nombre de Sommerfeld.

**1 j**

### Propriétés fonctionnelles des lubrifiants - Composition

Propriétés fonctionnelles des lubrifiants en fonction du matériel lubrifié. Effet des propriétés sur le fonctionnement des matériels.

Composition des lubrifiants :

- huiles de base minérales et synthétiques, composition, performances comparées
- additifs : les différents types, leurs rôles et leurs modes d'action (détergents, dispersants, antioxydants, modificateurs de viscosité, abaisseurs du point d'écoulement, extrême-pression, anti-usure, modificateurs de frottement, inhibiteurs de rouille et de corrosion, antimousses)
- notions sur la formulation des lubrifiants

**1 j**

# Lubrification et lubrifiants

**5 Jours**

Niveau : **Expertise**

De nombreuses applications présentées lors de cette session proviennent de l'industrie automobile.

## FINALITÉ

Décrire les organes mécaniques de base, leur intégration dans les différents équipements automobiles et industriels et leurs principes de fonctionnement.  
Donner la raison d'être du lubrifiant, les propriétés fonctionnelles et leur impact sur le fonctionnement des machines.

Donner les lois du frottement et décrire les différents régimes de lubrification.

Faire une revue des différentes formes d'usure, de leurs origines et de la manière de les combattre.

Donner des éléments sur les aspects toxicité, environnement, label écologique.

## PUBLIC

Ingénieurs, cadres et techniciens débutants travaillant dans le développement, la fabrication, l'assistance technique et la vente de lubrifiants, dans les bureaux d'étude et ingénierie de l'industrie mécanique et automobile, dans les services de maintenance, désirant acquérir une connaissance de base sur les principes de la lubrification et sur les lubrifiants.

## OBJECTIFS

- Connaître les différents organes de base de la mécanique et leurs principes de lubrification.
- Comprendre l'importance de la normalisation des lubrifiants (classifications et spécifications).
- Comprendre l'ensemble des mécanismes intervenant dans la lubrification des équipements automobiles et industriels : frottement, régimes de lubrification, formes d'usure.
- Connaître la composition chimique des lubrifiants (huiles de base et additifs).
- Comprendre le mode d'action des lubrifiants, la relation entre la composition chimique et les propriétés fonctionnelles requises pour les différentes applications.
- Connaître les différentes méthodes d'évaluation des propriétés physico-chimiques et mécaniques.

## LES + PÉDAGOGIQUES

Exercices interactifs de questions-réponses entre les participants, à l'aide de jeux de cartes, pour synthétiser les points essentiels des exposés.

**Responsable :** Laurent Crestois

## PROGRAMME

### Hygiène - Toxicité - Environnement

Éléments sur la toxicité, l'hygiène, l'étiquetage.

Label écologique des lubrifiants.

0,25 j

### Matériels et mécanismes lubrifiés

Description générale des principaux organes mécaniques (paliers lisses et à roulements, engrenages) et de leur intégration dans les différents équipements industriels et automobiles.

Propriétés fonctionnelles des lubrifiants.

0,5 j

### Classification et spécifications des lubrifiants

Rhéologie des lubrifiants : les différents types de comportement à l'écoulement (Newtonien, non Newtonien, fluide de Bingham, fluide de Maxwell, thixotropie), variation de la viscosité avec la température, la pression et la déformation, les méthodes de mesure des propriétés rhéologiques, les classifications de viscosités des lubrifiants automobiles et industriels.

Classifications et spécifications des lubrifiants industriels : classifications ISO 6743-99 et ISO 6743-xx, spécifications.

Spécifications de service des lubrifiants moteurs : API, ACEA, ILSAC.

0,5 j

### Éléments de tribologie

Lois du frottement.

Étude des différents régimes de lubrification (hydrodynamique, hydrostatique, élastohydrodynamique, limite, mixte, squeeze-film) et de leur mécanisme de génération. Courbe de Stribeck. Nombre de Sommerfeld.

Étude des différentes formes d'usure, de leur mécanisme, de la manière de les combattre (usure abrasive, corrosive, par fatigue, corrosion de contact, cavitation). Relation entre usure et paramètres tribologiques.

0,75 j

### Composition des lubrifiants

Huiles de base minérales : groupes ATIEL, propriétés exigées selon le type de lubrifiant, composition chimique, étude succincte des différentes opérations de raffinage, méthodes d'évaluation de la composition.

Huiles de base de synthèse : groupes ATIEL, les différents types d'huiles de base de synthèse, synthèse des produits, domaines d'application et propriétés comparées avec les huiles minérales.

Huiles végétales : modes d'obtention, propriétés, modifications, utilisations.

Additifs pour lubrifiants : structure chimique, propriétés et mode d'action (détergents, dispersants, antioxydants, inhibiteurs de rouille et de corrosion, modificateurs de viscosité, abaisseurs du point d'écoulement, extrême-pression et anti-usure, anti-mousses).

Les lubrifiants solides : les différents types, caractéristiques et propriétés, principales utilisations.

1,75 j

### Évaluation des propriétés

Méthodes d'essais physico-chimiques : stabilité thermique et à l'oxydation, propriétés thermiques (points d'éclair, cendres, résidus de carbone), protection contre la rouille et la corrosion, propriétés de surface (moussage, désaération, séparation d'eau), évaluation de la contamination particulaire et de l'aptitude à la filtration, compatibilité avec les élastomères.

Méthodes d'essais mécaniques : notions sur les essais moteurs, essais mécaniques sur organes (essais sur roulements, essais engrenages, essais sur pompes hydrauliques), essais sur machines de simulation et tribomètres de laboratoire (4-billes, FALEX, TIMKEN, CAMERON PLINT, SRV, ...).

Méthodes d'analyse de la composition : méthodes d'analyse élémentaire et spectrométriques.

0,75 j

### Principe de la formulation des lubrifiants et exemples

Formulation des lubrifiants industriels.

Formulation des lubrifiants pour moteurs.

0,5 j

LANGUE	DATES	LIEU	PRIX HT	CONTACT	INSCRIPTION
FR	16 - 20 Mars	Rueil	2 190 €	ML	ml.rueil@ifptraining.com
FR	23 - 27 Nov	Rueil	2 190 €	ML	ml.rueil@ifptraining.com

Peut être adapté à vos besoins spécifiques et organisé dans le lieu de votre choix



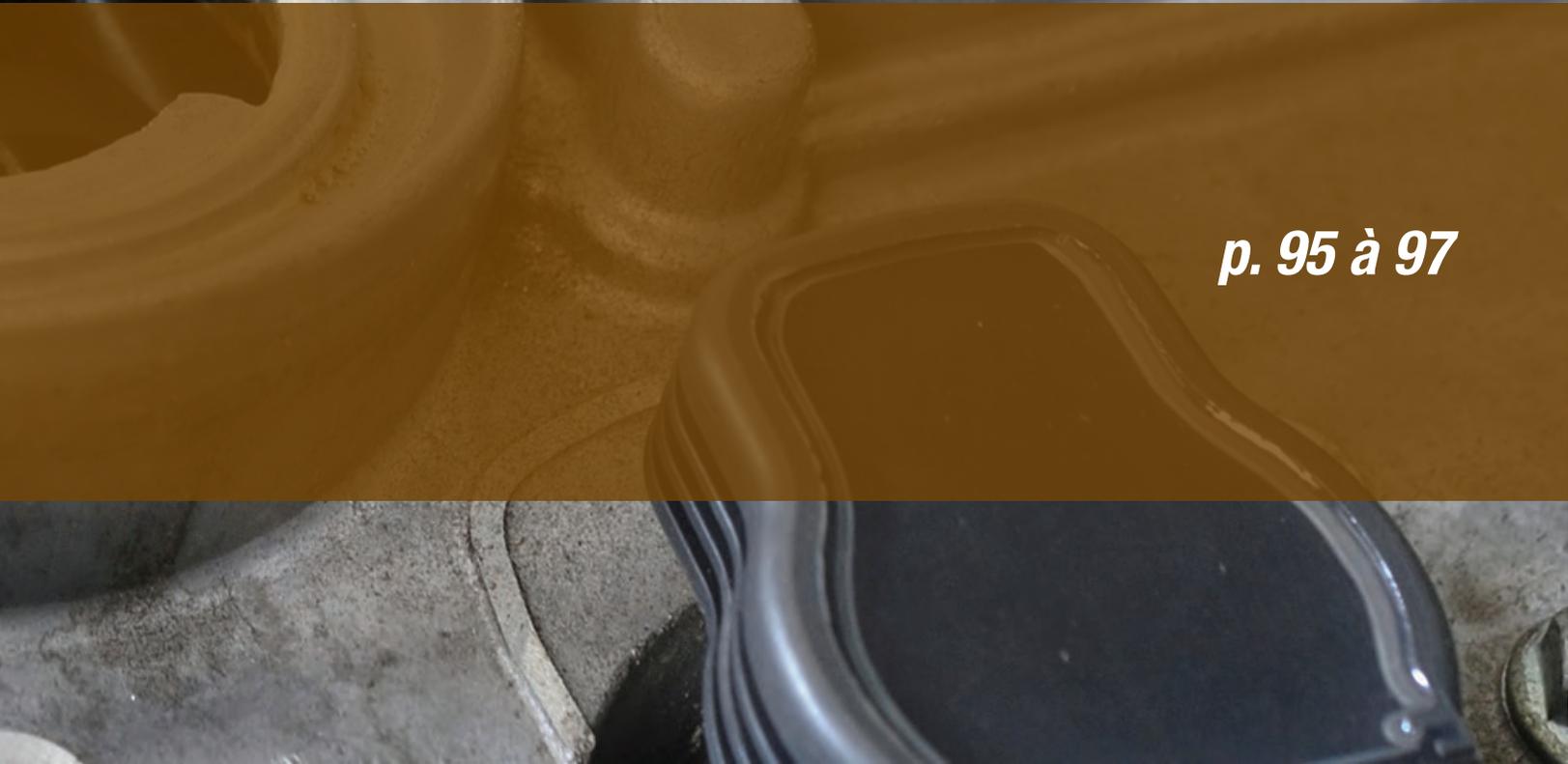


# **Lubrification automobile et des moteurs industriels**





*p. 95 à 97*





## Lubrification des moteurs d'automobiles

3 Jours

Niveau : Expertise

## FINALITÉ

Apporter les connaissances nécessaires pour comprendre le rôle et le mécanisme d'action du lubrifiant.  
Comprendre la complexité du système de développement des lubrifiants moteurs.  
Donner les principes généraux de développement des lubrifiants, des essais physico-chimiques et mécaniques utilisés pour valider la performance.  
Apprendre à lire le carnet de maintenance d'un véhicule.  
Décrypter ce qu'il y a derrière les différentes classifications et spécifications.

## PUBLIC

Ingénieurs et techniciens de l'industrie des lubrifiants concernés par le développement, la préconisation, la fabrication, la vente et le suivi technique des lubrifiants.  
Ingénieurs et techniciens concernés par les études, les essais, l'utilisation, le développement et la mise au point des moteurs.

## OBJECTIFS

- Faire une revue complète du circuit de lubrification des moteurs et des propriétés fonctionnelles requises pour assurer la lubrification des différents organes par rapport à leur criticité.
- Détailler la composition chimique des produits. Donner les notions sur les codes de pratiques imposés par les organismes de normalisation et de certification.
- Expliquer le principe de formulation des lubrifiants moteurs, les méthodes de caractérisation de la performance.
- Donner les principes de suivi des lubrifiants moteurs en service et apprendre à interpréter les résultats.

## PRÉ-REQUIS

Pour tirer le meilleur parti de cette formation, il est conseillé aux non mécaniciens d'avoir suivi le stage "Introduction aux moteurs" page 34.

## LES + PÉDAGOGIQUES

- Exercices interactifs avec l'animateur pour détermination du lubrifiant à utiliser selon le type de véhicule, les conditions climatiques et les conditions de fonctionnement.
- Exercices d'analyses d'huiles en service.
- Exercices interactifs de questions-réponses entre les participants, à l'aide de jeux de cartes, pour synthétiser les points essentiels des exposés.

Responsable : Laurent Crestois

## PROGRAMME

## Fonctionnement moteur et circuit de lubrification

0,75 j

Rappels sur le fonctionnement des moteurs essence et Diesel, leurs spécificités.  
Présentation des différents systèmes de post-traitement.  
Principe, rôle et description du circuit de lubrification. Éléments constitutifs (carters, pompes à huile, limiteur de pression, filtres, refroidisseurs).  
Points lubrifiés/refroidis : piston, paliers (bielle, arbre à cames), turbocompresseur.  
Ventilation des gaz de carter.

## Lubrification zone piston - Segment - Chemise

0,5 j

Propriétés essentielles du lubrifiant. Consommation d'huile. Mécanisme de lubrification.  
Formation de dépôts sur pistons. Cokéfaction. Modes de dégradation de la zone (usure adhésive, abrasive, corrosive). Polissage de cylindre.

## Lubrification ligne d'arbre et distribution

0,5 j

Lubrification des coussinets de palier, régimes de lubrification, analyse des modes de dégradation des coussinets, culbuteurs, poussoirs hydrauliques (usure abrasive, adhésive, par fatigue, cavitation, ...). Propriétés essentielles du lubrifiant et impact sur les économies de carburant. Focus sur la viscosité et les huiles de base.

## Additifs lubrifiant

0,25 j

Principaux additifs utilisés en formulation d'huile moteur : dispersants, détergents, anti-usure, modificateurs de friction, antioxydant, ...  
Évolutions liées aux systèmes de post-traitement.

## Classifications et spécifications des huiles moteurs

0,25 j

Évolution du marché des lubrifiants moteur (véhicule de tourisme et utilitaire).  
Classification SAE de viscosité ; classifications API, ILSAC, ACEA et globales.  
Spécifications de service des huiles moteurs ACEA, API et globales.  
Évaluation de la performance des lubrifiants moteurs par essai au banc : protection contre l'usure, tendance à la formation de dépôts, stabilité à l'oxydation (épaississement), moussage, aération, ...

## Système ATIEL de développement des huiles moteurs et résultats du développement

0,25 j

Notions sur la composition des lubrifiants pour moteurs (huiles de base et additifs).  
Notions sur le système ATIEL de développement des huiles moteurs et principes de développement d'une huile moteur.  
Essais physico-chimiques sur les huiles moteurs.

## Analyse des huiles moteurs en service

0,5 j

Évolution des caractéristiques du lubrifiant avec son vieillissement (viscosité, teneur en éléments de constitution, ...). Caractéristiques liées à la contamination, à l'usure du matériel.  
Moyens d'analyse et interprétation des résultats.

LANGUE	DATES	LIEU	PRIX HT	CONTACT INSCRIPTION
FR	29 Sept - 01 Oct	Rueil	1 750 €	ML ml.rueil@ifptraining.com

Peut être adapté à vos besoins spécifiques et organisé dans le lieu de votre choix

## Lubrification et technologie des transmissions automobiles

3 Jours

Niveau : **Expertise****FINALITÉ**

Apporter les informations technologiques succinctes sur tous les organes de transmission automobile et leur principe de fonctionnement.

Apporter des informations sur les types de lubrifiants utilisés, leurs classifications et leurs spécifications selon le type de transmission.

Apporter des informations sur les spécificités de certains constructeurs quant aux types de lubrifiants à utiliser.  
Apporter une information sur l'évolution des transmissions automobiles.

**PUBLIC**

Ingénieurs, cadres et techniciens concernés par la préconisation, la vente et le suivi technique des lubrifiants pour les transmissions automobiles dans les différents secteurs d'activité concernés et aux ingénieurs et techniciens de l'industrie automobile.

**OBJECTIFS**

- Faire un rappel technologique sur les différents types d'engrenages utilisés dans les transmissions automobiles.
- Faire un rappel sur la lubrification des engrenages.
- Donner les différentes classifications et spécifications des fluides de transmission.
- Donner les éléments sur l'architecture, le principe de fonctionnement, les exigences de lubrification des différents types de transmissions selon les types de véhicules (tourisme, industriels, off road).

**LES + PÉDAGOGIQUES**

Exercices interactifs de questions-réponses entre les participants, à l'aide de jeux de cartes, pour synthétiser les points essentiels des exposés.

Responsable : Laurent Crestois

**PROGRAMME****Introduction**

Nécessité de la transmission dans un véhicule automobile.  
Les différentes solutions pour la propulsion.  
Rappels technologiques sur les engrenages et leur lubrification.  
Notions succinctes sur le calcul d'une boîte de vitesses, son ouverture et son étage.  
Construction d'une boîte de vitesses.

0,5 j

**Classifications et spécifications**

Classification SAE J 306 de viscosité.  
Classification API.  
Spécifications constructeurs.

0,25 j

**Boîtes véhicules de tourisme**

Boîtes mécaniques : architecture et principe de fonctionnement. Synchronisation. Exigences de lubrification. Spécificités des constructeurs.  
Boîtes automatiques : architecture et principe de fonctionnement. Exigences de lubrification. Spécificités des constructeurs.  
Évolution des boîtes de vitesses de tourisme : robotisation, double embrayage, CVT. Description technique. Impact sur la lubrification.  
Véhicules hybrides (série et parallèle) : principales architectures et lubrification.

1 j

**Ponts et différentiels**

Différentiels : rappel sur les trains épicycloïdaux et sur le fonctionnement du train de Pecqueur ; limitations et solutions techniques.  
Ponts : différents types (coniques, hypoides, roue et vis). Avantages et inconvénients respectifs.  
Lubrification : exigences selon les types.

0,25 j

**Boîtes de vitesses véhicules industriels**

Boîtes mécaniques : principales différences avec les véhicules de tourisme (boîtes relais, ralentisseurs, ...). Exigences de lubrification. Spécificités des constructeurs.  
Boîtes automatiques : spécificités de l'application par rapport aux véhicules de tourisme.

0,5 j

**Engins agricoles et travaux publics (off road)**

Spécificités de l'application.  
Quelques solutions particulières : tracteurs agricoles, engins de chantier, engins d'exploitation forestière, bennes à ordures.

0,5 j

Peut être adapté à vos besoins spécifiques et organisé dans le lieu de votre choix

# Graisses lubrifiantes Applications industrielles et automobiles

3 Jours

Niveau : **Expertise**

## FINALITÉ

Donner des rappels succincts sur la technologie des roulements, des transmissions automobiles et industrielles.  
Apporter des connaissances fondamentales sur les graisses.  
Étudier plus particulièrement la lubrification des roulements à la graisse, les critères de choix d'une graisse selon les conditions de fonctionnement.  
Savoir identifier les causes d'avaries de roulements.  
Étudier la lubrification des transmissions automobiles et industrielles à la graisse.

## PUBLIC

Ingénieurs, cadres et techniciens concernés par le développement, la fabrication, la préconisation et l'utilisation des graisses dans les organes automobiles et industriels susceptibles d'être lubrifiés avec ce type de lubrifiants.  
Ingénieurs, cadres et techniciens des industries mécanique et automobile.

## OBJECTIFS

- Connaître l'essentiel sur les graisses : structure, propriétés, modes de fabrication, méthodes d'essais et de caractérisation de la performance, les différents types de graisses et les critères de choix selon les applications.
- Connaître les applications de graisses, autres que celles sur les roulements (engrenages, transmissions automobiles et industrielles, accouplements).
- Savoir préconiser une graisse pour roulements selon les conditions de fonctionnements, calculer les durées de vie et les intervalles de lubrification.
- Savoir reconnaître les avaries de roulements et identifier les origines.

## LES + PÉDAGOGIQUES

- Exercices interactifs avec l'animateur pour déterminer une graisse pour roulements, les intervalles de lubrification, calculer la durée d'un roulement selon les conditions de fonctionnement.
- Exercices interactifs de questions-réponses entre les participants, à l'aide de jeux de cartes, pour synthétiser les points essentiels des exposés.

**Responsable** : Laurent Crestois

## PROGRAMME

### Graisses lubrifiantes

1 j

Structure et propriétés, selon le type.  
Composition : huiles de base, agents épaississants, additifs.  
Caractérisation : méthodes d'essais physico-chimiques et mécaniques.  
Classifications et spécifications : ISO 6743-9, ISO 12924, DIN 51502, DIN 51825.  
Fabrication : description de l'équipement industriel de fabrication, principes de fabrication, étapes de fabrication, conditionnement et contrôles de qualité.  
Propreté des graisses : définition, caractérisation, problèmes de fabrication.  
Description des différents types de graisses : propriétés selon compositions, avantages et inconvénients, compatibilité des graisses entre elles.

### Roulements et lubrification

1 j

Rappels succincts : la technologie des roulements, les différents types de roulements selon les efforts à supporter, roulements destinés aux moyeux automobiles, étanchéité des roulements et des paliers, nomenclature des roulements.  
Lubrification des roulements : huile ou graisse ? Modes d'application des graisses. Mécanisme de la lubrification à la graisse. Choix d'une graisse selon les conditions de fonctionnement. Intervalles de lubrification et quantités à injecter. Durée de vie des roulements : influence de la graisse et de sa propreté.  
Lubrification des roulements de moyeux automobiles.  
Avaries des roulements : identification des différents types d'avarie et reconnaissance des causes.

### Exercices d'application

0,5 j

Exercices de définition et de sélection de graisses en fonction des conditions d'utilisation.

### Applications des graisses autres que sur roulements

0,5 j

Exercices de définition et de sélection de graisses en fonction des conditions d'utilisation.

LANGUE	DATES	LIEU	PRIX HT	CONTACT INSCRIPTION
FR	13 - 15 Oct	Rueil	1 750 €	ML ml.rueil@ifptraining.com

Peut être adapté à vos besoins spécifiques et organisé dans le lieu de votre choix



**Lubrification industrielle**





*p. 101 à 102*



# Lubrification et technologie des matériels industriels

**5 Jours**

Niveau : **Expertise**

## FINALITÉ

Apporter les informations techniques nécessaires sur les matériels aux non-mécaniciens pour une meilleure compréhension du rôle du lubrifiant ; donner les propriétés essentielles des lubrifiants selon les matériels et leurs conditions de fonctionnement ; apprendre à sélectionner un lubrifiant pour un matériel donné.

## PUBLIC

Ingénieurs, cadres et techniciens concernés par les préconisations, utilisation des lubrifiants dans les équipements industriels, la maintenance des équipements, l'identification des origines des avaries.

## OBJECTIFS

- Décrire les différents organes mécaniques et machines utilisés par l'industrie.
- Expliquer le rôle et l'importance de la normalisation dans le domaine des lubrifiants.
- Expliquer le mode d'action des lubrifiants et les propriétés requises pour une application donnée.
- Apprendre à préconiser un lubrifiant selon le matériel et les conditions d'utilisation.
- Détecter les origines des avaries sur les matériels.
- Apprendre à interpréter les résultats des analyses des lubrifiants en service.

## PRÉ-REQUIS

Pour tirer le meilleur parti de cette formation, il est conseillé d'avoir suivi le stage "Lubrification et Lubrifiants".

## LES + PÉDAGOGIQUES

- À partir des données techniques des matériels et de leurs conditions de fonctionner, exercices interactifs avec l'animateur pour détermination du lubrifiant à utiliser.
- Exercices interactifs de questions-réponses entre les participants, à l'aide de jeux de cartes, pour synthétiser les points essentiels des exposés.

**Responsable** : Laurent Crestois

## PROGRAMME

### Généralités sur les matériels rappels sur les lubrifiants

Description des différents organes mécaniques de base ; propriétés fonctionnelles des lubrifiants ; les normes ISO de classifications et spécifications ; caractérisation physico-chimique des produits ; composition chimique des lubrifiants

0,25 j

### Lubrification des circuits hydrauliques

Description des différents types de pompes et des organes de distribution et de régulation (débit, pression). Circuits hydrauliques. Propriétés fonctionnelles des fluides hydrauliques. Classifications et spécifications des fluides hydrauliques. Préconisation d'un fluide hydraulique. Fluides hydrauliques en service (maintenance, filtration, suivi). Avaries : identification et remèdes.

1 j

### Lubrification des machines outils

Description des différents types de glissières et de leurs exigences de lubrification. Propriétés fonctionnelles, classifications et spécifications des lubrifiants pour machines outils. Plan de graissage des machines outils. Problèmes possibles en service.

0,25 j

### Lubrification des réducteurs industriels

Description et fonctionnement des différents types d'engrenages (parallèles droits et hélicoïdaux, coniques, roue et vis). Rappels sur la lubrification EHD (élastohydrodynamique). Propriétés fonctionnelles, classifications et spécifications, essais mécaniques des fluides pour engrenages industriels. Modes d'application des lubrifiants. Préconisation d'un fluide pour engrenages. Avaries des engrenages en service : identification et remèdes.

1 j

### Lubrification des paliers lisses et à roulements

Technologie des paliers lisses et des roulements. Rappels sur les régimes de lubrification (hydrodynamique, hydrostatique, limite, mixte). Modes d'application des lubrifiants. Propriétés fonctionnelles, classifications et spécifications. Exercices de sélection d'un lubrifiant huileux pour roulements. Avaries des paliers lisses et des roulements en service.

0,5 j

### Lubrification des turbines et des compresseurs dynamiques

Description et fonctionnement des turbines à vapeur, à gaz, à cycle combiné, hydrauliques, des compresseurs axiaux et radiaux. Circuits de lubrification. Propriétés fonctionnelles, classifications et spécifications selon le type de matériels. Suivi en service et problèmes possibles.

0,75 j

### Lubrification des compresseurs volumétriques et frigorifiques

Description et fonctionnement des compresseurs alternatifs, rotatifs et frigorifiques. Les fluides frigorigènes (CFC, HCFC, HFC) ; remplacement des CFC. Propriétés fonctionnelles, classifications et spécifications selon le type de gaz comprimé (air, gaz industriels, fluides frigorigènes). Exercice de sélection d'huile pour compresseur frigorifique. Problèmes possibles en service.

0,75 j

### Suivi des lubrifiants en service

Intérêt. Les différents types de maintenance (curative, préventive, conditionnelle). Vieillesse des composants, surveillance des lubrifiants et des machines. Conduite des analyses et méthodes analytiques mises en œuvre. Menus selon les lubrifiants et périodicité des prélèvements. Interprétation des résultats.

0,5 j

LANGUE	DATES	LIEU	PRIX HT	CONTACT INSCRIPTION
FR	13 - 17 Avr	Rueil	2 490 €	ML ml.rueil@ifptraining.com

Peut être adapté à vos besoins spécifiques et organisé dans le lieu de votre choix

## Lubrification du travail des métaux et machines-outils

3 Jours

Niveau : **Expertise****FINALITÉ**

Apporter les informations techniques nécessaires sur les opérations de travail des métaux par enlèvement de matière et déformation plastique aux non-spécialistes pour une meilleure compréhension du rôle du lubrifiant.

Apporter une connaissance technologique sur les différents types de produits (propriétés fonctionnelles, composition chimique, méthodes de caractérisation).

Apporter une connaissance sur la problématique de ces produits en exploitation, depuis la mise en service jusqu'à l'élimination, incluant les aspects hygiène, toxicité et environnement.

**PUBLIC**

Ingénieurs, cadres et techniciens concernés par le développement, la préconisation, l'utilisation, la maintenance, le suivi des fluides de mise en œuvre (essentiellement coupe, laminage, traitement thermique) et de lubrification des machines outils, ainsi que la résolution des problèmes d'exploitation.

**OBJECTIFS**

- Décrire les différentes machines utilisées pour les opérations par enlèvement de matière et le laminage.
- Décrire les différentes opérations de travail des métaux.
- Décrire les différents types de fluides pour l'usinage des métaux et le traitement thermique.
- Donner les informations nécessaires sur la mise en œuvre des produits, leur suivi, leur élimination.
- Résoudre les problèmes possibles en service.
- Donner les informations nécessaires sur les aspects toxicité, hygiène, environnement.

**LES + PÉDAGOGIQUES**

- Exercices interactifs avec l'animateur pour détermination du lubrifiant à utiliser selon le type et les conditions des opérations.
- Exercices interactifs de questions-réponses entre les participants, à l'aide de jeux de cartes, pour synthétiser les points essentiels des exposés.

Responsable : Laurent Crestois

**PROGRAMME****Machines-outils et laminoirs**

Description des différents types de machines outils et de laminoirs. Plans de lubrification des différents matériels. Problèmes possibles en service.

0,5 j

**Principales opérations de travail des métaux**

Description, principe et mécanismes des opérations par enlèvement de matière (coupe et électro-érosion). Usinabilité des matériaux, modes d'usure des outils de coupe.

Description et mécanismes des opérations de déformation des métaux (laminage, emboutissage, forge, extrusion, tréfilage, ...).

Description et mécanisme des opérations de traitement thermique (trempe, recuit, revenu).

0,5 j

**Fluides pour l'usinage des métaux et le traitement thermique**

Classification générale et spécifications

Travail des métaux : classification ISO 6743-7 et spécification ISO 12927.

Traitement thermique : classification ISO 6743-14.

Les fluides entiers : composition chimique (huiles de base et additifs), caractérisation des produits et évaluation de la performance, relation composition performance.

Les fluides à base d'eau

Composition chimique (huiles de base et additifs), caractérisation des produits et évaluation de la performance, relation composition performance.

Biologie des fluides à base d'eau (phénomènes bactériens, dégradation des fluides, prévention de la dégradation bactérienne).

Les produits de trempe et de revenu : les différentes catégories (huiles, solutions aqueuses de polymères, sels) composition, caractérisation, évaluation de la performance ; relation composition performance.

1,25 j

**Fluides en service**

Vieillessement des produits en service et suivi (mécanisme du vieillissement, méthodes de suivi en service et interprétation des résultats).

Problèmes possibles en service : pollution par les huiles étrangères (hydrauliques, glissières, produits de protection) ; pollutions diverses (métaux, calamine) ; traitements des produits en service (bactéricides, anti-mousses, etc.)

Élimination des produits : méthodes, les différentes filières.

0,5 j

**Hygiène - Toxicité - Environnement**

Toxicité et étiquetage des produits.

Produits susceptibles de poser des problèmes ou en débat : acide borique, alcanol amines, paraffines chlorées C10-C13, formol et dérivés, ... étiquetages correspondants et phrases de risques associées.

Aérosols des fluides entiers et aqueux.

Toxicité des émulsions en service.

0,25 j

Peut être adapté à vos besoins spécifiques et organisé dans le lieu de votre choix





# Gestion des projets moteurs



***p. 107 à 111***



# Gérer un développement GMP avec un partenaire chinois

**2 Jours**

 Niveau : **Découverte**

## FINALITÉ

Préparer les ingénieurs et managers français à mieux travailler avec des interlocuteurs chinois dans le domaine automobile.

Développer les compétences comportementales pour gérer efficacement des projets en environnement multiculturel avec des chinois.

Apprendre à identifier les leviers liés à l'interculturel pour développer la cohésion d'une équipe projet et mieux gérer les risques inhérents à un contexte international et multiculturel avec des équipes chinoises.

## PUBLIC

Ingénieurs, cadres et techniciens qui doivent partir travailler en Chine, ou qui doivent intégrer des équipes projets multiculturelles avec des partenaires chinois.

## OBJECTIFS

- Comprendre le cadre de référence politique, économique et culturel chinois.
- Comprendre et savoir détecter les comportements liés à l'interculturel
- Comprendre le secteur automobile et celui des GMP en particulier, en Chine.
- Comprendre l'art de la négociation avec les chinois.
- Savoir identifier les opportunités de développement avec des partenaires chinois.
- Tenir compte des différences culturelles dans l'animation de réunions projet.
- Intégrer les dimensions culturelles dans la gestion d'une équipe projet entre des personnes d'origines occidentales et des chinois.

## LES + PÉDAGOGIQUES

Formation dispensée par un chef d'entreprise franco-chinois, très didactique et ludique.

**Responsable** : Claude Nunez

## PROGRAMME

### Le marché automobile en chine

Marché automobile chinois.  
Acteurs majeurs : constructeurs étrangers et chinois.  
Ambitions des constructeurs chinois.  
Constructeurs français en Chine : PSA et Renault.  
Équipementiers français en Chine : Valéo, Faurecia, ...  
Enjeux majeurs des GMP en Chine.  
Technologies existantes et maîtrisées.  
Évolutions réglementaires.  
Évolutions techniques des GMP.  
Organismes de recherche liés aux sous-traitants.  
Motoristes occidentaux en Chine.  
Perspective de la Joint Venture.  
Étude de cas.

**1 j**

### Travailler et négocier en Chine

Cadre politique, économique et culturel en Chine.  
Valeurs traditionnelles et nouvelles générations.  
Comprendre les différences culturelles.  
Regard des Chinois sur les Français.  
Regard des Français sur les Chinois.  
Communiquer efficacement avec les Chinois.  
Contexte multiculturel en gestion de projet.  
Négocier avec les chinois.  
Réaliser les achats en Chine.  
Protection des IP en Chine.  
Facteurs clés pour réussir.  
Étude de cas.

**1 j**

LANGUE	DATES	LIEU	PRIX HT	CONTACT INSCRIPTION
FR	29 - 30 Juin	Rueil	1 450 €	ML ml.rueil@ifptraining.com

*Peut être adapté à vos besoins spécifiques et organisé dans le lieu de votre choix*

# Gestion d'un projet moteur

**3 Jours**

Niveau : <b>Fondamentaux</b>	<b>PROGRAMME</b>				
<b>FINALITÉ</b>					
Acquérir une vue d'ensemble du déroulement d'un projet GMP, des méthodologies de construction et pilotage associées et de l'organisation nécessaire.	<b>Organisation</b> Cycles de vie d'un projet GMP. Maître d'ouvrage et maître d'œuvre. Organisation d'un projet GMP (organisation matricielle, rôle des métiers et du projet, et constitution de l'équipe). Découpage du projet : organigramme des tâches (WBS et OBS), phasage et validation des projets par jalons. Documents fondateurs : du plan produit au cahier des charges du projet, contractualisations (entre le maître d'ouvrage et le maître d'œuvre, avec les métiers, plan de management des risques, plan qualité projet, etc.). Introduction au développement d'un système complexe : ingénierie système. Planification : référentiels et schéma de développement, ordonnancement du travail (diagramme de PERT/GANTT), gestion du planning/chemin critique, gestion des ressources et lissage des charges. Budget et rentabilité : ressources prévisionnelles et adéquation aux objectifs, évaluation du budget et gestion des risques et opportunités, calcul de rentabilité du projet, cadrage du projet.			<b>1 j</b>	
<b>PUBLIC</b>	Chefs de projet débutants, aux ingénieurs appelés à participer à une équipe projet.				
<b>OBJECTIFS</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Acquérir une vue d'ensemble et de détail du déroulement d'un projet GMP, des outils, méthodes et critères de pilotage associés et de l'organisation.</li> <li>- Prendre un premier poste de chef de projet GMP.</li> </ul>				
	<b>Conduite d'un projet organe moteur ou transmission</b> Pilotage et maîtrise des délais. Pilotage et maîtrise des coûts. Pilotage et maîtrise de la qualité. Pilotage et maîtrise des risques. Gestion des exigences : processus menant du besoin du client à l'exigence. Gestion de configuration. Gestion de la diversité. Pilotage d'un projet en mode coopération entre constructeurs. Pilotage d'un projet : tableau de bord et indicateurs. Management visuel. Relation fournisseurs. Clôture d'un projet (bilan d'un projet et capitalisation).			<b>1,5 j</b>	
	<b>Rôle du chef de projet</b> Rôles du chef de projet. Pratiques managériales. Résistance au changement. Gestion des conflits. Gestion de l'information. Négociation. Management interculturel. Certifications.			<b>0,5 j</b>	
<b>Responsable</b> : Claude Nunez	LANGUE	DATES	LIEU	PRIX HT	CONTACT INSCRIPTION
	FR	23 - 25 Juin	Rueil	1 750 €	ML ml.rueil@ifptraining.com

Peut être adapté à vos besoins spécifiques et organisé dans le lieu de votre choix

# Lean Management et Lean Engineering

**3 Jours**

 Niveau : **Fondamentaux**

## FINALITÉ

Acquérir une vue d'ensemble du Lean Management et du Lean Engineering, comprendre les méthodologies, et être acteur du déploiement des politiques d'amélioration continue dans l'entreprise, dans le cadre des équipes de R&D.

## PUBLIC

Ingénieurs R&D, managers et cadres dirigeants qui souhaitent déployer le Lean Management et le Lean Engineering au sein de leurs organisations.

## OBJECTIFS

- Acquérir une vue d'ensemble et de détail du Lean Management et du Lean Engineering.
- Décrire et comprendre les outils, méthodes et critères de déploiement et de pilotage associés, de l'organisation Lean et du Lean Thinking.

## PROGRAMME

### Fondamentaux de l'ingénierie des systèmes complexes

**0,5 j**

Historique de l'ingénierie des systèmes.  
 Retour d'expérience.  
 Qu'est-ce qu'un système ? Ses propriétés.  
 Qu'est-ce que l'Ingénierie système ? Ses concepts.  
 Processus et objets (produit, process).  
 Cycle en V : le modèle de donnée de l'Ingénierie Système.  
 Conception par étapes/rang de maturité.  
 Développement simultané du produit et du process.

### Décomposition et représentations d'un système complexe

**0,5 j**

Complicé vs Complexe : comment maîtriser la complexité ?  
 Représentations du système : les points de vue et les vues du système.  
 Arbres/structures d'un système.  
 Systèmes associés.  
 Modélisation/Simulation d'un système : les langages/notations (SysML) et les outils.

### Processus d'ingénierie technique + Exercices pratiques

**1,5 j**

Recueil du besoin : parties prenantes, scénarii opérationnels/diagrammes de contexte et de séquence.  
 Définition des exigences techniques : fonctions de service, environnement, exigences, justification ; diagrammes de bloc, machines à états.  
 Conception fonctionnelle : arbres fonctionnelles, architectures fonctionnelles et logiques, interfaces, comportement dynamique, dérivation/allocation des exigences.  
 Conception organique : architectures organiques et interfaces, allocation des fonctions aux constituants, AMDEC / analyses de sûreté de fonctionnement.  
 Évaluation et optimisation - Vérification et validation de la conception.  
 Réalisation des constituants - Sous-traitance.  
 Intégration, vérification, validation, qualification : stratégie, préparation, planification, acceptation.

### Processus de gestion de projet

**0,5 j**

Cycle de développement/revues.  
 Management projet - Pilotage et maîtrise des délais, des coûts, de la qualité, de la performance.  
 Tableau de bord.  
 Assurance qualité.  
 Pilotage et maîtrise des risques.  
 Gestion des exigences : analyse d'impact.  
 Gestion de configuration.  
 Gestion de la diversité/lignes de produit.

**Responsable** : Claude Nunez

LANGUE	DATES	LIEU	PRIX HT	CONTACT INSCRIPTION
FR	01 - 03 Déc	Rueil	1 750 €	ML ml.rueil@ifptraining.com

Peut être adapté à vos besoins spécifiques et organisé dans le lieu de votre choix

## Ingénierie des systèmes

3 Jours

Niveau : **Fondamentaux****FINALITÉ**

Acquérir une vue d'ensemble des processus et méthodologies de l'ingénierie systèmes et du déroulement d'un projet.

**PUBLIC**

Managers et ingénieurs appelés à développer un nouveau produit.

**OBJECTIFS**

- Acquérir une vue d'ensemble des processus de l'ingénierie systèmes.
- Expliquer et utiliser les outils et méthodes de l'ingénierie systèmes (IS).
- Mettre en place une organisation pour concevoir en IS.

**PROGRAMME****Fondamentaux de l'ingénierie des systèmes**

0,5 j

Historique de l'ingénierie des systèmes.

Définition de système.

Cycle de vie.

Ingénierie système.

Ingénierie système dans l'automobile.

Processus et objets (produit, process, service).

Cycle en V : ingénierie (spécifier, concevoir), réalisation (fabriquer, acheter), intégration (intégrer, valider, justifier).

Autres méthodologies de développement de produits.

**Décomposition arborescente d'un système**

0,5 j

Arborescence d'un système.

Arborescence de développement produit et décomposition par strates.

Arborescence de développement process.

Systèmes associés.

Conception par étapes/rang de maturité.

Développement simultané du produit et du process.

**Processus d'ingénierie technique**

1 j

Définir le besoin.

Spécifier : définir les exigences (cahier des charges, spécification technique).

Concevoir : d'un point de vue fonctionnel et organique le système pour satisfaire aux exigences (analyse fonctionnelle interne, analyse fonctionnelle externe, AMDEC, architectures fonctionnelles, architectures organiques et interfaces, dossier de conception).

Évaluation et optimisation (dossier de justification).

Intégration et validation : plan d'intégration validation, dossier d'intégration validation.

*Exercices pratiques.*

**Processus de gestion de projet**

0,5 j

Ingénierie systèmes en mode projet.

Planning produit et process.

Pilotage et maîtrise des délais.

Pilotage et maîtrise des coûts.

Pilotage et maîtrise de la qualité.

Pilotage et maîtrise des risques.

Gestion des exigences : processus menant du besoin du client à l'exigence.

Gestion de configuration.

Gestion de la diversité.

**Application sur une étude de cas**

0,5 j

Responsable : Claude Nunez

LANGUE

FR

DATES

15 - 17 Déc

LIEU

Rueil

PRIX HT

1 750 €

CONTACT INSCRIPTION

ML

ml.rueil@ifptraining.com

Peut être adapté à vos besoins spécifiques et organisé dans le lieu de votre choix

# Sûreté de fonctionnement système et GMP

5 Jours

Niveau : **Expertise**

## FINALITÉ

Décrire la démarche sûreté de fonctionnement et son impact sur les architectures des groupes motopropulseurs dans le cadre des systèmes automobiles et aéronautiques.

## PUBLIC

Ingénieurs, cadres et techniciens impliqués dans le développement de systèmes mécatroniques et des groupes motopropulseurs, de la conception au service après-vente qui veulent intégrer dans la conception et dans leurs pratiques les principes de sécurités de fonctionnement.

## OBJECTIFS

- Identifier les enjeux de la sûreté de fonctionnement dans les systèmes mécatroniques automobiles.
- Comprendre la problématique SdF, dans l'ingénierie système, sur toute la durée de vie du produit et sous tous ses aspects : matériel, logiciel et interfaces.
- Échanger entre acteurs d'un projet afin de répartir et contractualiser les exigences de SdF, au sein d'une même entreprise comme dans la relation client-fournisseur.
- Élaborer et mettre en œuvre un processus de construction d'une architecture sûre de fonctionnement adapté au contexte du projet et à la criticité des risques identifiés.
- Constituer ou valider un dossier justificatif de la SdF.
- Évaluer l'intérêt, les limites et les conditions d'emploi des données qualitatives et quantitatives en relation avec la SdF et les exploiter.
- Identifier les principales exigences réglementaires (Norme 26262) et les référentiels actuels (VDA) en matière de SdF.

## LES + PÉDAGOGIQUES

- Pédagogie à base de travail de groupe et d'exercices.
- Des cas pratiques d'analyse des risques sur des moteurs à allumage commandé, Diesel et sur boîte automatique.
- Les supports d'exercices adaptables à tous les problèmes de sûreté de fonctionnement réels auxquels les stagiaires seront confrontés dans leur vie professionnelle.

**Responsable** : Guillermo Ballesteros

## PROGRAMME

### Sûreté de fonctionnement automobile

Définition des fondamentaux : analyse préliminaire de risque, analyse des modes dégradés et de leur criticité (AMDE, AMDEC), diagramme de fiabilité, arbres de défaillance, cotation du risque.

Développement de la problématique spécifique aux systèmes mécatroniques.

Grands principes de l'ingénierie système.

Cadre normatif et réglementaire.

État de l'art dans la prise en compte du risque sécuritaire.

1 j

### Démarche sûreté de fonctionnement en projet

Principales étapes de la construction et de la validation de la SdF de l'innovation à la série.

Intégration de ces étapes dans une démarche d'ingénierie système.

Adaptation du processus aux exigences du projet et à la criticité et à la nature des risques.

0,5 j

### Démarche SdF en conception d'une architecture système

Identification, évaluation et priorisation des risques d'un système mécatronique.

Déclinaison des objectifs systèmes aux sous-systèmes et composants matériels et logiciels.

Choix et évaluation des architectures.

Choix et évaluation des composants.

Utilisation des outils et référentiels de la SdF : aspects systèmes et matériels, aspects spécifiques au logiciel.

0,5 j

### Démarche SdF en conception d'une architecture GMP

Études de cas pratiques :

- moteur à allumage commandé, moteur diesel et boîte de vitesse automatique
- identification, évaluation et priorisation des risques dans un GMP
- déclinaison des objectifs systèmes aux sous-systèmes et composants matériels et logiciels dans un GMP
- choix et évaluation des architectures GMP liés à la SdF
- choix et évaluation des composants d'un GMP liés à la SdF
- utilisation des outils et référentiels de la SdF à la conception d'un GMP.

Prise en compte de l'état de l'art : exemple : le VDA.

Application de la norme ISO 26262, cotations ASIL.

2 j

### Formalisation et contractualisation des exigences SdF

Rédaction d'un cahier des charges de SdF.

Précautions contractuelles à prendre.

0,5 j

### Analyse et validation des performances SdF

Principaux moyens d'évaluation des performances de SdF (essais, validation, simulation).

0,25 j

### Traitement et prise en compte du retour d'expérience

Utilisation du suivi de la vie série et du développement système : intérêt et limites.

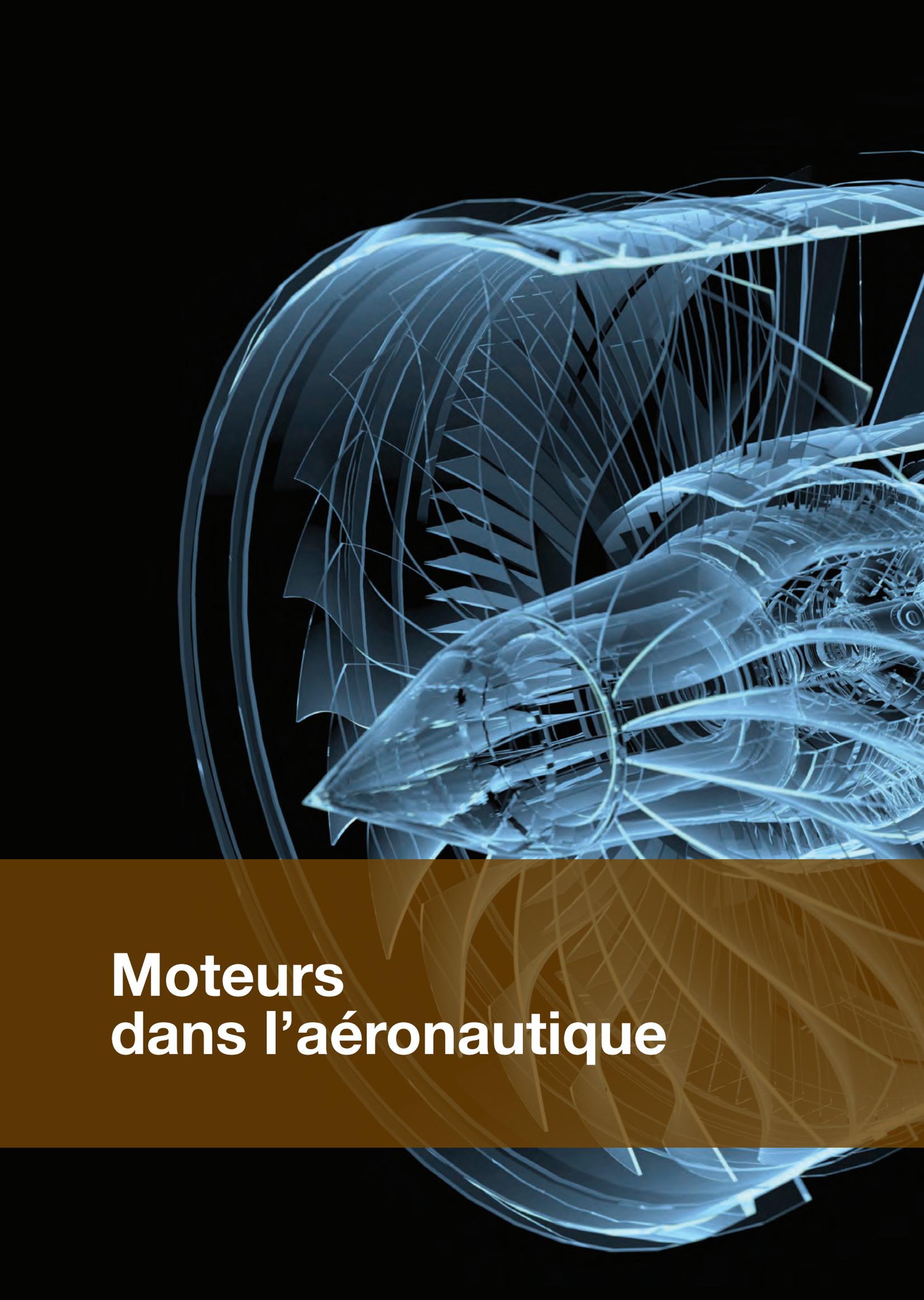
Capitalisation de la vie série et du développement pour améliorer l'évaluation prévisionnelle de la SdF.

Bases de données existantes et leurs limites.

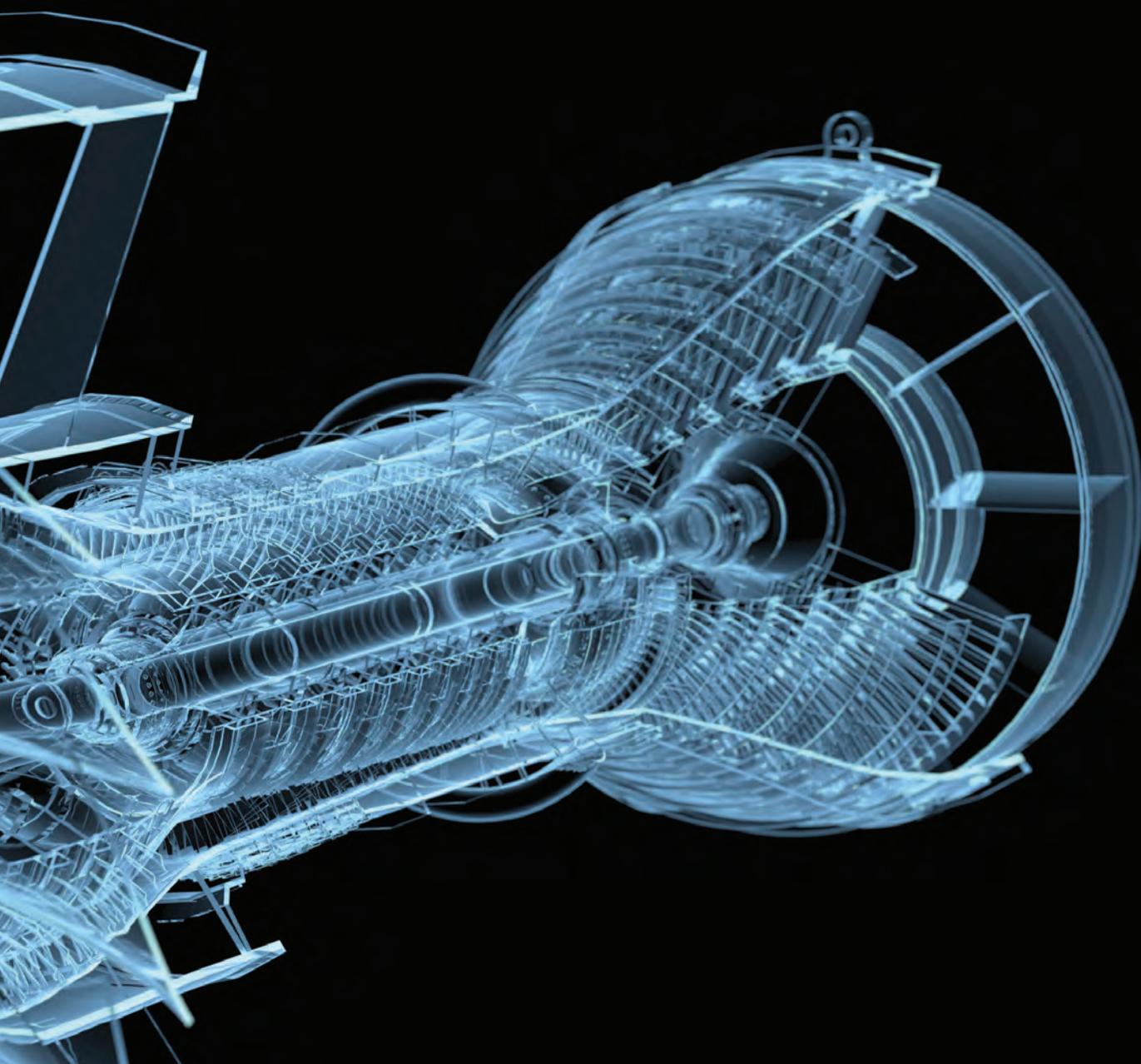
0,25 j

LANGUE	DATES	LIEU	PRIX HT	CONTACT INSCRIPTION
FR	21 - 25 Sept	Rueil	2 390 €	ML ml.rueil@ifptraining.com

Peut être adapté à vos besoins spécifiques et organisé dans le lieu de votre choix



# Moteurs dans l'aéronautique



***p. 115 à 118***



## Introduction à l'aéronautique et à l'astronautique

5 Jours

Niveau : **Découverte**

## FINALITÉ

Aborder les spécificités des domaines de l'aéronautique et de l'espace. Aborder les spécificités des principaux aéronefs (avions, drones, hélicoptères, fusée) et leurs technologies. Permettre de mieux appréhender les fonctions des propulseurs dans le contexte global des fonctions de l'aéronef.

## PUBLIC

Ingénieurs, cadres et techniciens désireux élargir leurs connaissances et développer une culture générale dans les domaines de l'aéronautique et de l'espace, et en particulier, dans le domaine des propulseurs.

## OBJECTIFS

- Connaître le contexte général du domaine de l'aéronautique et de l'espace.
- Connaître les principes fondamentaux et les principales étapes ou phase du vol des aéronefs.
- Connaître les principes de fonctionnement des aéronefs : avion, hélicoptère et fusées.
- Connaître les architectures des aéronefs, les composants de leur structure et les contraintes de fonctionnement.
- Connaître les prestations essentielles des aéronefs (stabilité, bruit, consommation, sécurité, ...).
- Comprendre le fonctionnement des propulseurs : moteurs à piston, moteurs à flux continu (turbomoteur, turbopropulseur, turboréacteur, statoréacteur, propulseurs aux propergol liquide et solide).
- Connaître les fonctionnements et les technologies liés à la production de l'énergie à bord de type APU (Auxiliary Power Unit).

## LES + PÉDAGOGIQUES

- Cette formation est une introduction aux domaines aéronautiques et astronautiques et donne une vision globale des technologies et des problématiques liées à ces domaines illustrée par des exemples réels.
- Fondamentalement interactive, elle aborde les principaux domaines techniques de l'aéronautique et de l'astronautique.

Responsable : Guillermo Ballesteros

## PROGRAMME

## Introduction à l'aéronautique

Enjeux et contexte. Types de propriétaires et d'utilisation d'aéronefs. Conception et production. Fonctions avioniques.

Types d'aéronefs : avions à réacteur, avions à hélice (à pistons et turbopropulsés), hélicoptères et convertibles.

0,5 j

## Introduction à l'astronautique

Histoire de la conquête spatiale. Fondamentaux de l'astronautique. Centres de lancement. Lanceurs. Navettes. Stations spatiales. Charges utiles. Pollution de l'espace.

Principes des fusées : fusée multi-étages, moteur-fusée, orientation de poussée, principe du moteur ionique.

0,5 j

## Introduction aux hélicoptères

Historique. Sustentation. Principe du vol vertical. Principe du vol horizontal. Articulations du rotor. Anti-couple. Convertible.

Phénomènes physiques et technologies : calage de la boîte de transmission principale, forces de Coriolis, précession gyroscopique, vrillage des pales, dérive latérale causée par le rotor anti-couple.

0,5 j

## Introduction à la mécanique et à la qualité de vol des avions

Enseignement des techniques de base concernant les caractéristiques du vol (performances et qualités de vol) et les différentes limites du domaine de vol des avions.

Écoulements d'air : propriétés physiques, couche limite, onde de choc, problèmes de similitude ; ailes et profils.

Étude du mouvement et des qualités de vol. Expression des forces et moments. Étude de l'équilibre. Stabilité dynamique. Stabilisation artificielle. Mécanique de vol.

Certification - Règlements : qualification des avions militaires, certification des avions de transport civils.

0,5 j

## Introduction aux circuits de bord des aéronefs

Présentation des architectures des circuits intervenant dans la réalisation des aéronefs : électriques, hydrauliques, de conditionnement d'air, d'oxygène, de dégivrage et de carburant, ainsi que les principaux organes qui les composent.

Circuits et systèmes pneumatiques, d'oxygène, d'eau, d'électricité, d'hydraulique, de détection incendie de carburant, de conditionnement d'air et de dégivrage.

0,5 j

## Introduction à la propulsion aéronautique par les moteurs à flux continu

Types de propulseurs. Domaine d'utilisation des moteurs au cours du vol. Prestations des moteurs, cahier des charges des moteurs aéronautiques. Entrée d'air. Compresseur. Chambre de combustion. Turbine. Tuyère. Inverseurs. Circuits du moteur. Démarrage - Allumage. Commande des turbomachines. Intégration des moteurs. Maintenance des moteurs. Prestations. Matériaux. Certification.

1 j

## Introduction à la propulsion aéronautique par les moteurs à piston

Cahier des charges d'un moteur à piston aéronautique utilisé pour la propulsion. Utilisation des moteurs à piston en aéronautique. Architecture des moteurs à piston. Fonctionnement des moteurs à piston. Certification.

0,5 j

## Introduction à la conception d'un avion

Financement d'un projet aéronautique. Philosophies de conception. Spécification et mission. Architecture et structure. Matériaux et structure. Aérodynamique. Système de bord et avionique. Essais en vol - Certification.

0,5 j

## Introduction aux drones

Historique. Technologies. Utilisations actuelles. Segmentation. Insertion des drones dans la circulation aérienne. Évolutions technologiques et projets.

0,5 j

LANGUE	DATES	LIEU	PRIX HT	CONTACT INSCRIPTION
FR	25 - 29 Mai	Rueil	2 390 €	ML ml.rueil@ifptraining.com

Peut être adapté à vos besoins spécifiques et organisé dans le lieu de votre choix

## Moteurs à flux continus de l'aéronautique

4 Jours

Niveau : **Fondamentaux**

## FINALITÉ

Acquérir ou élargir une culture technique favorisant la compréhension du fonctionnement des moteurs à flux continu.

Ce stage apporte une vue d'ensemble des critères de conception et de dimensionnement des moteurs à flux continu destinés à des applications aéronautiques.

## PUBLIC

Ingénieurs, cadres et techniciens désirant des connaissances techniques relatives au fonctionnement des moteurs à flux continu de l'aéronautique : statoréacteur, pulsoréacteur, turboréacteur à simple et double flux, turboréacteur à simple, double et triple corps, turbopropulseur et turbomoteur équipant les avions ou les hélicoptères.

## OBJECTIFS

Connaître les besoins, les principales phases de vie et les contraintes liés aux propulseurs et moteurs de l'aéronautique liés à leur utilisation.

Connaître les principes fondamentaux des moteurs à flux continu : statoréacteur, pulsoréacteur, turboréacteur, turbomoteur et turbopropulseur.

Comprendre le fonctionnement des éléments constituant les turboréacteurs et des turbopropulseurs.

Dimensionner et calculer de manière macroscopique les caractéristiques du moteur.

## PRÉ-REQUIS

La formation "Introduction à l'aéronautique et à l'astronautique" est conseillée pour les personnes étrangères au monde de l'aéronautique ou débutant dans ce secteur.

## LES + PÉDAGOGIQUES

- Illustrée par des exemples réels, cette formation donne une vision globale des technologies et des problématiques liées à la motorisation.
- Fondamentalement interactive, elle aborde les principaux domaines techniques des moteurs à flux continu, elle se concentre sur les turboréacteurs et les turbopropulseurs à titre d'exemple.
- Des exercices de dimensionnement des moteurs et des systèmes associés de cristalliser le savoir sous forme de savoir-faire.

Responsable : Guillermo Ballesteros

## PROGRAMME

## Cahier des charges des moteurs aéronautiques

0,5 j

Rappels technologiques aéronautiques : rappels techniques simples sur la structure d'un avion et d'un hélicoptère, rappels sur les principes de fonctionnement.

Positionnement technique : positionnement technique des moteurs à flux continu dans le monde des moteurs aéronautique ; type d'utilisation, conditions d'utilisation, gamme de puissance, rendement de propulsion, type d'aéronef associé.

Enjeux et contexte : consommation, bruit, masse, puissance spécifique, fiabilité, sûreté, durabilité, performance, maintenance, l'intégration, pollution, prix de revient de fabrication.

Profil de mission : profils de mission des moteurs selon le type d'aéronef et le type d'utilisation des aéronefs ; influence du milieu ambiant : altitudes, pression, températures, vitesse, givrage, résistance aux agressions (foudroiement, obstacles, ...).

## Performances des moteurs

0,5 j

Fonctionnement détaillé des moteurs à flux continu : technologie et fonctionnement, focus sur le fonctionnement des turboréacteurs à simple et double flux et des turbopropulseurs.

Performance des moteurs à flux continu : cycle thermodynamique de Brayton ; efficacité thermique et propulsive ; calcul des rendements ; optimisation des paramètres, effet du by-pass ratio ; dimensionnement d'un turboréacteur et d'un turbopropulseur ; effet de l'intégration du moteur ; impact des choix d'architecture et des choix de matériaux ; performances en fonction du profil de mission du vol ; exercices de calcul.

## Compresseurs

0,75 j

Rappels sur les écoulements d'air : propriétés physiques, couche limite, onde de choc, problèmes de similitude ; profils ; vitesse des gaz - mach ; notion de pression statique, dynamique et de pression totale.

Rappels sur les principes des compresseurs : conservation de l'énergie mécanique, bilan énergétique de fluides compressibles, prise en compte des pertes de charge et des transferts d'énergie ; compression adiabatique et compression réelle.

Technologie des compresseurs aéronautiques : compresseur et soufflantes aéronautique ; fonctionnalités ; caractéristiques ; aérodynamique des compresseurs ; champ compresseur ; pompage et ses remèdes ; roue directrice d'entrée ; stator à calage variable ; vanne de décharge ; exercices de calcul et de dimensionnement.

## Chambre de combustion

0,75 j

Notions fondamentales de combustion : carburant, comburant, pouvoir comburivore et calorifique, enthalpie de réaction ; influence de l'aérodynamique ; équilibre chimique et cinétique chimique ; combustion dans les systèmes ouverts ; contrôle de la combustion.

Nature du carburant pour les applications aéronautiques : formulation et spécifications, variétés de carburant, biocarburants et aéronautique.

Fonctionnement et technologie d'une chambre de combustion : cahier des charges d'une chambre de combustion, architecture des chambres de combustion, chambre à flux inversé, refroidissement des chambres de combustion, taux de dilution, dégagement d'énergie, températures, pressions, émissions dans une chambre de combustion, exercices de calcul et de dimensionnement.

## Turbines

0,75 j

Rappels sur les principes des turbines : détente adiabatique et détente réelle, caractéristiques des turbines, principes de contrôle, bilan énergétique.

Technologie des turbines aéronautiques : cahier des charges des turbines, architecture des turbines, principes de fonctionnement, fonctionnalités, caractéristiques mécaniques, fixations, aérodynamique des turbines, évolution de la pression et de la température, refroidissement des aubages et des disques, fluage et corrosion, exercices de calcul et de dimensionnement.

## Nacelles et systèmes auxiliaires

0,5 j

Systèmes internes : système d'air (refroidissement, ...), système d'alimentation en carburant, système de lubrification, système de contrôle et antigivrage, la boîte à accessoires.

Démarrage - Allumage : séquence de démarrage, domaine de rallumage.

Nacelle : entrées d'air, attaches moteur et tuyères.

Intégration des moteurs. Maintenance des moteurs.

## Évolution des systèmes propulsifs

0,25 j

Enjeux : amélioration des rendements (rendement thermique, rendement de propulsion et de consommation spécifique).

Évolutions technologiques : Turbofan double corps, Turbofan avec réducteur, open rotor, configurations pusher et puller, récupération d'énergie, intercooling ; évolution des matériaux ; générations N+1, N+2 et N+3 d'avions et leurs propulsion ; projets aéronautiques ; annonce des constructeurs et des motoristes.

LANGUE	DATES	LIEU	PRIX HT	CONTACT	INSCRIPTION
FR	02 - 05 Juin	Rueil	1 990 €	ML	ml.rueil@ifptraining.com

Peut être adapté à vos besoins spécifiques et organisé dans le lieu de votre choix

## Moteurs à piston de l'aéronautique

4 Jours

Niveau : **Fondamentaux**

## FINALITÉ

Comprendre le fonctionnement des moteurs à piston des principaux aéronefs.  
Connaître les utilisations du moteur à piston comme propulseur ou source d'énergie et l'influence de ses utilisations sur les choix d'architecture.

## PUBLIC

Ingénieurs, cadres et techniciens désirant des connaissances techniques relatives au fonctionnement des moteurs à piston de l'aéronautique pouvant servir de propulseur ou de source auxiliaire d'énergie pour des avions ou des hélicoptères.

## OBJECTIFS

- Comprendre les besoins et les contraintes des moteurs à piston de l'aéronautique.
- Connaître les principales phases de vie des moteurs à piston en propulsion et en fourniture auxiliaire d'énergie.
- Connaître les principes fondamentaux et le cahier des charges des moteurs à piston développés pour l'aéronautique.
- Comprendre les spécificités aéronautiques des éléments constituant les moteurs à piston.
- Effectuer un choix d'architecture d'un moteur à piston : 2 temps/4 temps, allumage commandé/Diesel, ...
- Dimensionner et calculer de manière simple les caractéristiques du moteur et du turbocompresseur.

## PRÉ-REQUIS

La formation "Introduction à l'aéronautique et à l'astronautique" est conseillée pour les personnes étrangères au monde de l'aéronautique ou débutant dans ce secteur.  
La formation "Introduction aux moteurs" ou une connaissance de base du fonctionnement des moteurs à piston est également conseillée.

## LES + PÉDAGOGIQUES

- Illustrée par des exemples réels, cette formation donne une vision globale des technologies et des problématiques liées à la motorisation.
- Fondamentalement interactive, elle aborde les principaux domaines techniques des moteurs à piston, elle se concentre sur les moteurs turbocompressés à titre d'exemple.
- Des exercices de choix d'architecture moteur, de dimensionnement des moteurs et des systèmes associés permettent de cristalliser le savoir sous forme de savoir-faire.

Responsable : Guillermo Ballesteros

## PROGRAMME

## Cahier des charges des moteurs aéronautiques

Rappels sur les moteurs à piston. Rappels technologiques aéronautiques.  
Positionnement technique : type d'utilisation, conditions d'utilisation, gamme de puissance, rendement de propulsion, type d'aéronef associé.  
Enjeux et contexte : consommation, bruit, masse, puissance spécifique, suralimentation, fiabilité, sûreté, durabilité, performance, maintenance, intégration, pollution, prix de revient de fabrication, notion de durée de vie vs coût.  
Émissions, consommation. Maintenance, coût d'exploitation et d'opération.  
Motoristes et alliances majeurs. Produits, stratégies et marchés des motoristes vis-à-vis des moteurs à piston.  
Profils de mission : profils de mission des moteurs selon le type d'aéronef et le type d'utilisation des aéronefs.  
Conception et production : maquette numérique, les différents matériaux utilisés dans un moteur à piston aéronautique et leurs localisations, assemblage et production.  
Réglementation et certification.

0,5 j

## Performances des moteurs à piston aéronautique

Rappels sur les écoulements d'air : propriétés physiques, couche limite, onde de choc, problèmes de similitude ; voilures tournantes et profils des hélices (caractéristiques géométriques, efforts aérodynamiques, décrochage, troubles transsoniques) ; vitesse des gaz- mach ; notion de pression statique, dynamique et de pression totale.  
Rappels de thermodynamique : définition des grandeurs thermodynamiques, principes fondamentaux de la thermodynamique, cycles thermodynamiques de référence, calcul des puissances et des rendements (bilan énergétiques).  
Performance des moteurs à piston : puissance spécifique, efficacité thermique et propulsive, calcul des rendements, optimisation des paramètres, choix d'architecture optimum (moteur 2 temps, 4 temps, Diesel ou à allumage commandé), choix de matériaux, premières notions sur l'impact de l'altitude sur le dimensionnement de la suralimentation, performances en fonction du profil de mission du vol, performances en utilisation APU, exercices de calcul et de dimensionnement macroscopiques.

0,5 j

## Suralimentation en aéronautique

Rappels : technologies de suralimentation, compresseurs volumétriques, compresseur à ondes, turbocompresseurs, ... Quelles sont les technologies adaptées à l'aéronautique ?  
Intérêt et limitations de la suralimentation par turbocompresseur : utilisation de l'énergie des gaz d'échappement, augmentation de la puissance spécifique du moteur, de la pression cylindre, des températures, des contraintes thermiques, pilotage de la turbine.  
Compresseur centrifuge : aérodynamique dans le compresseur, pompage, rendement isentropique de compression, régime critique ; travail de compression de l'air ; champ compresseur ; paramètres de réglage du compresseur ; technologie, limitations.  
Turbine centrifuge : énergie fournie par la turbine, rendement isentropique de détente, rendement mécanique ; courbes caractéristiques ; choix de turbine ; technologie de la turbine et du carter central et limitations ; paliers, étanchéités.  
*Exercice dirigé en salle : adaptation d'un turbocompresseur à un moteur à piston, effet de l'altitude.*  
Effet des fonctions de correction environnementales sur les points de fonctionnement du turbocompresseur. Spécificités du dimensionnement d'un turbocompresseur pour un moteur aéronautique.

1,25 j

## Spécificités technologiques des moteurs à piston aéronautiques

Spécificités des moteurs à allumage commandé et diesel aéronautiques : architecture (2 temps, 4 temps, nombre et disposition des cylindres), dimensionnement (fonction de l'utilisation) spécificités de l'attelage mobile, du système d'équilibrage, du bloc moteur, de la culasse, de la distribution, de la suralimentation, du circuit d'alimentation en carburant, du système d'injection, du circuit de lubrification, de l'allumage (pour les moteurs à allumage commandé), de la chaîne d'air admission et d'échappement, du contrôle moteur, de la dépollution, des matériaux, de la durée de vie des pièces, des phases de vie du moteur, de la certification.  
Matériaux et alliage (Ti, Mg).

1,25 j

## Carburant aéronautique et moteurs à piston

Rappels sur le carburant aéronautique : spécification, nature, propriétés recherchées ; évolution du carburant, bio-carburant.  
Compatibilité carburant : compatibilité du carburant aéronautique avec les moteurs à piston.

0,25 j

## Évolution des moteurs à piston aéronautiques

Enjeux : amélioration des rendements, réduction du bruit, réduction de la masse, réduction des vibrations.  
Évolutions technologiques : projets aéronautiques, annonce des constructeurs et des motoristes.

0,25 j

LANGUE	DATES	LIEU	PRIX HT	CONTACT INSCRIPTION
FR	15 - 18 Sept	Rueil	1 990 €	ML ml.rueil@ifptraining.com

Peut être adapté à vos besoins spécifiques et organisé dans le lieu de votre choix

## Moteurs hybrides de l'aéronautique

4 Jours

Niveau : **Fondamentaux**

## FINALITÉ

Informers les participants sur des nouvelles voies (basées sur l'électrification) vers lesquelles le monde aéronautique s'oriente pour assurer la propulsion ou la production d'énergie auxiliaire des aéronefs.

Comprendre cette nouvelle discipline émergente en aéronautique.

Connaître les spécificités de fonctionnement des moteurs hybrides et électriques des aéronefs et leurs technologies.

Ce stage traite également de l'électrification des moteurs thermiques aéronautiques afin de remplacer les actionneurs hydrauliques ou pneumatiques traditionnels.

## PUBLIC

Ingénieurs, cadres et techniciens désireux élargir leurs connaissances concernant des alternatives dans les systèmes de propulsion électriques et hybrides de l'aéronautique et dans le domaine de l'électrification des moteurs thermiques aéronautiques.

## OBJECTIFS

- Connaître le contexte général de l'hybridation actuelle, les différentes formes d'hybridations possibles en aéronautique.
- Connaître les principes fondamentaux et le cahier des charges des systèmes propulsifs hybrides et électriques développés pour l'aéronautique.
- Comprendre les choix d'architecture électriques et hybrides.
- Connaître les phases de vie des moteurs électriques ou hybrides en propulsion ou en fourniture auxiliaire d'énergie.
- Connaître les principes et les limites de fonctionnement des moteurs électriques et hybrides, des batteries et de l'électronique de puissance.
- Comprendre et connaître les besoins en certification de ces nouvelles technologies.

## PRÉ-REQUIS

La formation «Introduction à l'aéronautique et à l'astronautique» est conseillée pour les personnes étrangères au monde de l'aéronautique ou débutant dans ce secteur.

## LES + PÉDAGOGIQUES

Fondamentalement interactive, appuyée sur des exemples réels elle aborde les principaux domaines techniques des moteurs électriques et hybrides en aéronautique.

Responsable : Guillermo Ballesteros

## PROGRAMME

## La propulsion électrique et hybride en aéronautique

1 j

Rappels technologiques aéronautiques. Positionnement technique. Enjeux et contexte.

Technologie : deux classes d'architectures hybrides (série, parallèle) ; systèmes de dérivation de puissance, dérivation électrique ; fonctions de gains de consommation, récupération d'énergie, optimisation énergétique, comparaison des prestations, pollutions ; nouveaux organes (moteur thermique, machine électrique, onduleur, convertisseur, survolteur, batterie).

Panorama, bilan technico-économique et conclusions.

Profil de mission : profils de mission des moteurs électriques et hybrides selon le type d'aéronef et le type d'utilisation des aéronefs ; phases de vie du moteur ; points de fonctionnement, durées de fonctionnement ; définition du besoin en puissance ; fonctionnements stabilisés et fonctionnement transitoires liés à la mécanique du vol ; influence du milieu ambiant : altitudes, pression, températures, vitesse, givrage, résistance aux agressions (foudroiement, obstacles etc.). Cahier des charges pour la production auxiliaire d'énergie (APU).

Électrification des moteurs : utilisation d'actionneurs électriques en lieu et place des actionneurs hydrauliques et pneumatiques traditionnels des moteurs thermiques aéronautiques, enjeux, exemples.

Conception et production : réglementation et certification.

## Systèmes embarqués de stockage de l'énergie

0,5 j

Batterie électrochimique : principe de fonctionnement, caractéristiques et performances des différentes technologies.

Supercondensateurs : principe, performances. Intégration dans l'aéronef.

Pile à combustible.

## Électronique de puissance

0,5 j

Composants de puissance : Mosfet, IGBT, SiC, NGA ...

Structures d'électronique de puissance : convertisseurs DC-DC, DC-AC, ...

Caractéristiques de puissance, contraintes d'implantation, aspects thermiques et vibratoires.

Compatibilité électromagnétique.

## Moteurs électriques

0,5 j

Différentes technologies de moteurs électriques : principe de fonctionnement, caractéristiques, performances, évolution.

Contraintes d'implantation : compacité, refroidissement ; exemples d'applications sur des aéronefs.

## Principes et lois de commande

0,25 j

Commande des moteurs électriques, divers types de convertisseurs d'énergie. Principes de fonctionnement. Fonctions principales et fonctions annexes.

## Contrôle des propulseurs hybrides et gestion de l'énergie

0,5 j

Flux d'énergie et supervision énergétique.

Objectifs et contraintes : consommation, balance de la batterie, récupération d'énergie, fonction boost du moteur thermique, agrément.

Techniques : contrôles empiriques, cas applicatif sur aéronef, améliorations proposées aux contrôleurs empiriques, contrôleurs optimaux.

Synthèse et validation des contrôleurs : utilisation de modèles système, méthodes d'optimisation.

## Gestion thermique

0,25 j

Gestion thermique des organes électriques batterie, moteurs, électronique de puissance.

## Production d'énergie électrique et auxiliaire (APU)

0,25 j

Définition de l'APU. Fonctions et utilisations des APU. Principaux réseaux continu et alternatif. Production d'énergie en hybride série.

Électronique de puissance. Architecture du réseau électrique. Consommateurs de puissance.

Mise au point. Préparation à la mise sous tension d'un avion. Préparation du premier vol.

Qualité du réseau embarqué. Harmoniques, facteur de puissance. Perspectives d'évolution du système électrique. Problématique des fuselages carbonés.

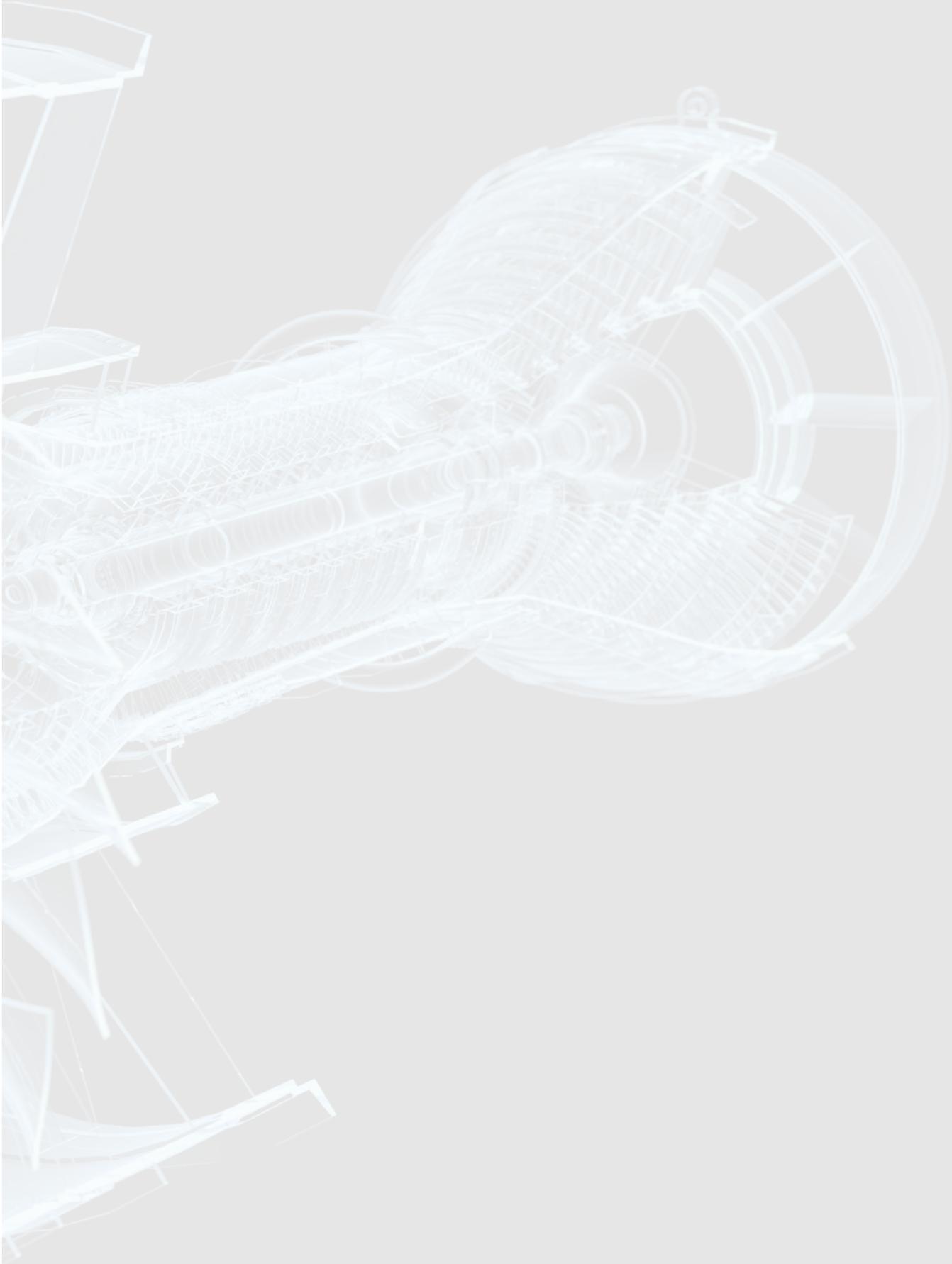
## Électrification des moteurs aéronautiques

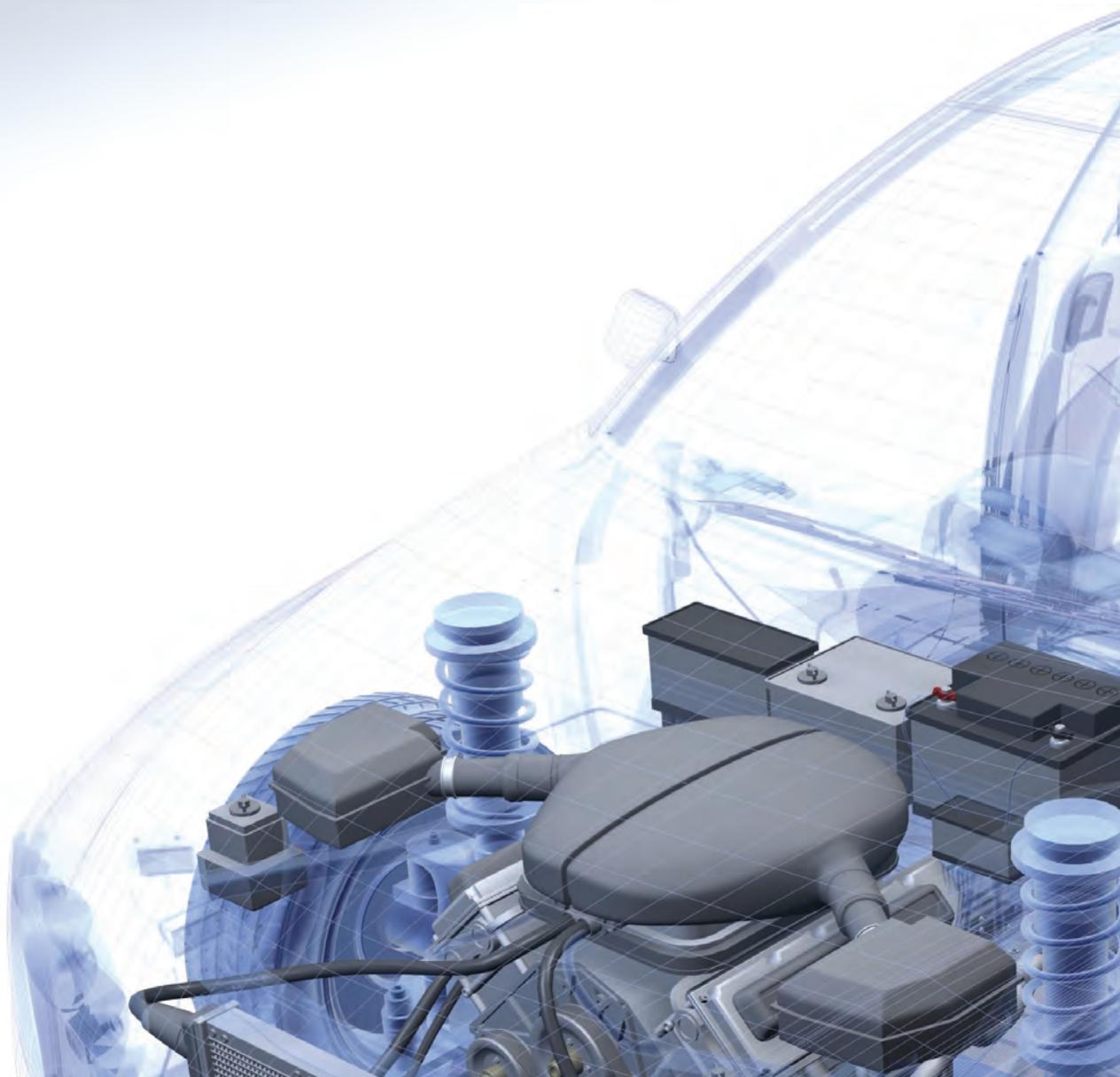
0,25 j

Démarche d'électrification des actionneurs : contexte, enjeux, technologies, exemples d'applications.

LANGUE	DATES	LIEU	PRIX HT	CONTACT INSCRIPTION
FR	17 - 20 Nov	Rueil	1 990 €	ML ml.rueil@ifptraining.com

Peut être adapté à vos besoins spécifiques et organisé dans le lieu de votre choix





# Prestations des véhicules



*p. 123 à 127*



# Optimisation énergétique des groupes motopropulseurs

**5 Jours**

Niveau : **Expertise**

## PROGRAMME

### FINALITÉ

Apporter aux participants les connaissances relatives à la gestion énergétique des moteurs et à la gestion énergétique du véhicule au travers des technologies CO<sub>2</sub> et consommation comme le thermomanagement, le contrôle moteur optimisé, la supervision GMP et véhicule, ou les fonctions électriques du moteur.

### PUBLIC

Ingénieurs et techniciens de conception ou d'essais de moteurs, concernés par la réduction du CO<sub>2</sub> et de la consommation client, confrontés aux nouvelles contraintes CO<sub>2</sub>, impactés par la gestion énergétique des groupes motopropulseurs.

### OBJECTIFS

- Connaître les grands enjeux techniques associés.
- Posséder une vision d'ensemble des technologies de réduction du CO<sub>2</sub> et de la consommation client.
- Intégrer les limites de ces technologies et les compromis à effectuer vis-à-vis des autres prestations.
- Modéliser et simuler un véhicule sur un cycle de conduite et les performances des technologies de réduction du CO<sub>2</sub>.
- Assimiler la notion d'optimum de réglage vis-à-vis d'un cycle.
- Modéliser et simuler les effets du thermomanagement sur la réduction du CO<sub>2</sub> et de la consommation client.
- Comprendre, utiliser et mettre en œuvre une approche universelle de recherche d'optimum énergétique.

### LES + PÉDAGOGIQUES

- Programme appuyé sur des exercices de dimensionnement simple apportant la connaissance des ordres de grandeur.
- Examens de pièces.
- Utilisation de la modélisation et de la simulation pour assimiler les notions complexes.

**Responsable** : Marc Bonnin

#### Axes d'optimisation énergétique

0,5 j

Bilan énergétique d'un véhicule.  
 Axes de travail pour réduire la consommation client et le CO<sub>2</sub> : optimisation des organes (moteur, boîte, pneus, transmission, ...), adaptation moteur et boîte.  
 Impact du cycle de conduite.  
 Efficacité des technologies en fonction des phases de vie du véhicule.

#### Électrification GMP et pilotage des accessoires

0,5 j

Électrification simple du GMP : stop and start et micro-hybrid, architectures associées.  
 Dimensionnement du système d'alimentation en air et carburant.  
 Reflex start, démarrage sur le premier PMH.  
 Fonctionnement : arrêt du moteur, débrayage du moteur.  
 Impact des architectures sur l'applicabilité des techno CO<sub>2</sub> et la faisabilité du compromis inter prestation.  
 Gestion des transitoires et charges partielles des accessoires.  
 Architecture moteur thermique adaptée : frottement, consommation des accessoires.  
 Optimisation énergétique.

#### Optimisation énergétique des GMP

0,5 j

Supervision du GMP : optimisation du point de fonctionnement du GMP, gestion des compromis interprestations.  
 Interprétation de la volonté conducteur, choix du point de fonctionnement du GMP, arbitrage inter-système.  
 Adaptation moteur et boîte de vitesse, lois de passage de rapports de vitesse.  
 Fonctions d'aide à la conduite, mode éco-drive.  
 Communication véhicule, utilisation du GPS.

#### Calibration et optimisation énergétique

2 j

Lois de gestion d'énergie des véhicules hybrides. Universalisation de l'approche hybride.  
 Lois de gestion d'énergie généralisée.  
 Fonction coût CO<sub>2</sub> équivalente de tous les systèmes consommateurs d'énergie.  
 Définition d'un critère d'optimisation énergétique intégrant l'ensemble des contraintes système.  
 Stratégies de recherche d'optimum.  
 Approche système véhicule.  
 Étude paramétrique basée sur la modélisation et la simulation d'un véhicule sous AMESIM.

#### Thermomanagement - Gestion thermique et énergétique

1,5 j

Objectifs du thermomanagement  
 Moyens pour le thermomanagement : pompe électrique, split-cooling, vannes multivoies, circuits multi-fluides et multi-températures, capteur ou estimateur de température matière.  
 Gestion du compromis confort habitacle / consommation / émissions polluantes / fiabilité : contraintes de dépollution, contraintes de consommation, compromis ; principe de simulation.  
 Stratégie de récupération thermique : stockage, récupération à l'échappement par cycle Rankine, récupération à l'échappement par effet thermoélectrique. Modélisation de la thermique.  
 Étude paramétrique par modélisation et simulation d'un système de thermomanagement.

LANGUE	DATES	LIEU	PRIX HT	CONTACT INSCRIPTION
FR	12 - 16 Oct	Rueil	2 390 €	ML ml.rueil@ifptraining.com

Peut être adapté à vos besoins spécifiques et organisé dans le lieu de votre choix

# Consommation des véhicules

**3 Jours**

Niveau : **Expertise**

## FINALITÉ

Renforcer les connaissances des participants dans leur domaine d'activité de conception ou mise au point consommation.

## PUBLIC

Ingénieurs et techniciens ayant des activités de mise au point ou de conception de fonctions, de systèmes ou de composants ayant un impact sur la consommation (moteur et véhicule).

## OBJECTIFS

- Expliquer la physique de la combustion, du remplissage et de l'injection, les paramètres permettant d'améliorer les rendements et la consommation.
- Décrire, concevoir et mettre au point des stratégies du contrôle commande ayant un impact sur la consommation moteur.
- Expliquer le lien entre la conception et la mise au point et les prestations client.



**Responsable :** Claude Nunez

## PROGRAMME

### Introduction

Consommation et CO<sub>2</sub> (points de vue constructeur, client, instances gouvernementales).  
Émissions de CO<sub>2</sub> et effet de serre.  
Protocoles, accords, projets de lois, incitations fiscales (Kyoto, CAFE, ...).  
Notions de consommation. Consommation spécifique.  
Cycle en V.

**0,25 j**

### Consommation et rendements

Carburants et rendement de combustion : PCI et densité énergétique, carburants alternatifs, problème des réserves pétrolières et conséquences sur les tendances technologiques dans l'automobile.

**1,75 j**

Rendement thermodynamique (rapport volumétrique, cylindrée unitaire, nombre de cylindres, ...).

Rendement de cycle

Boucle haute pression : système d'injection, turbulence, remplissage, suralimentation, échanges thermiques, ...

Boucle basse pression :

- augmenter la pression d'entrée : augmenter le taux d'EGR, ajuster la levée et lois d'ouverture/fermeture des soupapes, distribution variable, pertes de charge admission, acoustique admission, admission variable, utilisation de la suralimentation, réduire la température pour augmenter la densité, compromis Cf β / swirl, ...
- réduire la pression à l'échappement : contre-pression échappement, acoustique échappement, ...

Rendement mécanique (frottements moteur et boîte) et axes prioritaires à optimiser :

- d'un point de vue fonctionnel : lubrification (huile) et gestion hydraulique des fluides (thermomangement)
- d'un point de vue organique : géométrie (jupe de piston, segments, ...), état de surface, tribologie et allègement des pièces mobiles (soupapes, segment, piston, vilebrequin).

### Contrôle moteur et calibration

**0,5 j**

Introduction au contrôle moteur.

Stratégies en dégradation d'avance ayant un impact sur la consommation : chauffe catalyseur, cliquetis préventif et curatif, réserve couple décollage, réserve couple ralenti, agrément.

Stratégies en sur-enrichissement ayant un impact sur la consommation : démarrage, protection composant, réinjection, film fluide, performance pleine charge, purge catalyseur.

Consommation au tableau de bord.

Compromis inter prestations.

Dispersion / Robustesse.

Homologation et conformité de production.

### Prestations client sur véhicule

**0,5 j**

Réduction de la consommation par le GMP (compromis calibrations, rapports de transmission, hybridation, ...).

Réduire la consommation par le véhicule (S Cx, allègements, gestion d'énergie électrique, ...).

Plans de validations.

Essais presse.

Fiscalité.

Quels véhicules, à quelle échéance ?

LANGUE	DATES	LIEU	PRIX HT	CONTACT INSCRIPTION
FR	07 - 09 Avr	Rueil	1 750 €	ML ml.rueil@ifptraining.com

Peut être adapté à vos besoins spécifiques et organisé dans le lieu de votre choix

# Performances et Brio des véhicules

**3 Jours**

Niveau : **Expertise**

## FINALITÉ

Renforcer les connaissances des participants dans leur domaine d'activité de conception ou mise au point performances.

## PUBLIC

Ingénieurs et techniciens ayant des activités de mise au point ou de conception de fonctions, de systèmes ou de composants ayant un impact sur les performances (moteur et véhicule).

## OBJECTIFS

- Expliquer la physique de la combustion, du remplissage et de l'injection, les paramètres d'amélioration du rendement et des performances.
- Décrire le principe de fonctionnement des stratégies du contrôle commande ayant un impact sur les performances moteur.
- Expliquer le lien entre la conception et la mise au point avec les prestations client.



**Responsable** : Claude Nunez

## PROGRAMME

### Introduction

Cycle en V.  
Notions de couple/puissance. Rendement global, rendement de combustion, rendement thermodynamique, rendement de cycle, rendement mécanique. Remplissage et rendement volumétrique.  
Downsizing. Downsweeping.

0,25 j

### Performances : combustion et contraintes

Notions de combustion  
Jet de carburant dans la chambre. Rôle du swirl et du tumble.  
Différences entre la combustion essence et diesel.  
Caractéristiques du carburant : cétane (diesel), octane (essence).  
Contraintes liées à l'architecture du moteur : pression maxi cylindre, température échappement, flux thermique pour la tenue de la culasse, le piston, les chemises, ..., température de sortie compresseur, blow-by, dilution.  
Contraintes liées aux aspects visuels de la combustion (fumées noires en diesel, ...).  
Contraintes liées à la tenue des composants : système d'injection (pression d'injection et température de buse), turbocompresseur, autres composants.

1 j

### Systèmes d'injection

Diesel : injecteurs-pompes, common-rail à solénoïde, piezo avec amplification de pression. Évolutions.  
Essence. Systèmes d'injections et leurs évolutions.

0,25 j

### Remplissage et suralimentation

Contre-pression échappement et pertes de charge admission.  
Compromis Cf B / swirl.  
Systèmes de distribution variable.  
Acoustique du circuit d'admission et d'échappement.  
Suralimentation  
Principe de fonctionnement des turbocompresseurs : énergies de compression et de détente, caractéristiques géométriques, régulation de débit, refroidissement.  
Carte pression-débit du compresseur et limites de fonctionnement. Caractéristiques de turbine, saturation.  
Technologie des différentes parties du turbocompresseur : matériaux, lubrification, aspects fiabilité, géométrie fixe/variable, twin scroll, double/triple suralimentation.  
Adaptation d'un turbocompresseur sur un moteur : choix du compresseur et de la turbine en fonction des caractéristiques et performances du moteur.

0,5 j

### Contrôle moteur et calibration

Introduction au contrôle moteur (structure couple).  
Protections GMP : boîte de vitesse, transmission ; tenue mécanique base moteur et composants (sur régime turbo, dilution, etc.) ; tenue thermique base moteur et composants (calibrations en fonction de la température carburant, eau, air, etc.).  
Diesel : stabilisé (calibration de la courbe de pleine charge), transitoires (cartographie fumées, overboost/overfueling, calibrations du turbocompresseur), conditions exotiques (chaud/altitude)  
Essence (cliquetis) : définition, conséquences, facteurs influents ; calibrations (limite cliquetis, curatif et préventif).  
Dispersion. Robustesse.  
Homologation et conformité de production.

0,75 j

### Prestations client sur véhicule

Vitesse maximale et couple résistant (effet de la pente).  
Effet des calibrations agrément sur le ressenti subjectif.  
Effet rapport de transmission.  
Accélération en fonction de la vitesse.  
Plans de validations et essais presse.

0,25 j

LANGUE	DATES	LIEU	PRIX HT	CONTACT INSCRIPTION
FR	08 - 10 Sept	Rueil	1 750 €	ML ml.rueil@ifptraining.com

Peut être adapté à vos besoins spécifiques et organisé dans le lieu de votre choix

# Émission des véhicules

**3 Jours**

Niveau : **Expertise**

## FINALITÉ

Renforcer les connaissances des participants dans leur domaine d'activité de conception ou de mise au point émissions.

## PUBLIC

Ingénieurs et techniciens ayant des activités de mise au point ou de conception de fonctions, de systèmes ou de composants ayant un impact sur les émissions (moteur et véhicule).

## OBJECTIFS

- Décrire les mécanismes de formations et de mesure des polluants.
- Expliquer les exigences réglementaires et les évolutions.
- Décrire et utiliser les leviers de réduction des émissions à la source et du post-traitement dans ses activités de conception.
- Décrire et utiliser les stratégies du contrôle commande ayant un impact sur les émissions dans ses activités de conception.
- Expliquer les exigences OBD.

## PROGRAMME

### Émissions et réglementations

0,5 j

Produits de la combustion.  
Polluants réglementés et non réglementés.  
Pollution perceptible : bruit (réglementé), fumées (réglementé), odeur (non réglementé).  
Directives émissions en France et dans le monde. Évolutions.  
Cycles de Test en France et dans le monde. Évolutions (WLTP).  
Influence des caractéristiques véhicule et adaptation GMP sur les émissions (cost down, classe d'inertie, rapports de boîte, ...).  
Homologation et organismes. Conformité en production et conformité en service.

### Phénomènes atmosphériques

0,25 j

Qualité de l'air.  
Destruction de l'ozone stratosphérique.  
Effet de serre.  
Acidification.  
Effet des polluants.

### Émissions : moyens de mesure

0,25 j

Moyens de mesure des émissions au banc moteur.  
Moyens de mesure des émissions au banc rouleaux : fonctionnement d'un banc à rouleaux, caractéristiques principales à surveiller, étalonnage des analyseurs, contrôle de la stabilité des analyseurs/contrôle des fuites, conditionnement du véhicule.

### Réduction des émissions à la source

1 j

Diesel : combustion, mécanismes de formation des polluants, influence des paramètres moteurs, pilotage de la charge, limites de fonctionnement, équipement d'injection, contrôle de la boucle d'air, impact carburants, calibration.  
Essence : combustion, mécanismes de formation des polluants, influence des paramètres moteurs, pilotage de la charge, limites de fonctionnement, équipement d'injection, contrôle de la boucle d'air, impact carburants, calibration.

### Post-traitement

0,5 j

Catalyse 3-voies en essence.  
Catalyse d'oxydation en diesel.  
Réduction des NOx en mélange pauvre : piège à NOx, catalyse SCR.  
Filtration et oxydation des particules.  
Phénomènes de vieillissement.  
Perspectives.

### Diagnostic et réglementation OBD

0,5 j

Introduction à l'OBD en France et dans le monde.  
Évolutions.  
Homologation OBD.  
Validations OBD.

Responsable : Claude Nunez

LANGUE	DATES	LIEU	PRIX HT	CONTACT INSCRIPTION
FR	13 - 15 Oct	Rueil	1 750 €	ML ml.rueil@ifptraining.com

Peut être adapté à vos besoins spécifiques et organisé dans le lieu de votre choix

# Agrément des véhicules

**3 Jours**

Niveau : **Expertise**

## FINALITÉ

Renforcer les connaissances des participants dans leur domaine d'activité de conception et/ou mise au point agrément.

## PUBLIC

Ingénieurs et techniciens ayant des activités de mise au point ou de conception de fonctions, de systèmes ou de composants ayant un impact sur l'agrément.

## OBJECTIFS

- Être en mesure d'expliquer tout le cycle de développement de la spécification du besoin client en passant par la conception (contrôle commande et composants) jusqu'à la mise au point puis les validations de la prestation agrément.
- Être en mesure de décrire, de concevoir et de mettre au point les stratégies du contrôle commande ayant un impact sur la prestation agrément de conduite.

## PROGRAMME

### Introduction

Cycle en V.  
 Qu'est-ce que c'est l'agrément de conduite ?  
 De la spécification à la validation de la prestation agrément.  
 Pièces ayant un impact d'ordre 1 sur l'agrément.  
 Objectivation et formalisations des exigences de la prestation agrément.

0,5 j

### Contrôle moteur et calibration agrément

Introduction au Contrôle Moteur (structure couple).  
 Cartographies agrément dans la structure couple.  
 Spécifications du contrôle commande.  
 Compromis inter prestations.  
 Calibrations et validations.

0,5 j

### Prestations agrément

Prestation posé de pied et levée de pied : compromis entre temps de réponse et à-coups.  
 Prestation décollage.  
 Prestation passage de rapport.  
 Cartographies pédales et typage véhicule.  
 Agrément curatif.  
 Agrément préventif.  
 Contrôle-commande.  
 Calibration et validation.

1 j

### Prestations agrément régulation de ralenti

Comportement en conditions stabilisées : ralenti à vide, ralenti entraîné.  
 Comportement en transitoire : entrée en régulation à vide, entrée en régulation entraînée, enclenchement des consommateurs, déstabilisation du régulateur, enclenchement Drive en BVA.  
 Contrôle-commande.  
 Calibration et validation.

0,5 j

### Prestations agrément : autres stratégies

Stratégie anti calage.  
 RVV/LVV.  
 Gestion de la coupure climatisation.  
 Limitations moteur (effet brio).  
 Autres fonctions véhicules (Easy Move, ESP, ...).  
 Contrôle-commande.  
 Calibration et validation.

0,5 j

**Responsable** : Claude Nunez

LANGUE	DATES	LIEU	PRIX HT	CONTACT INSCRIPTION
FR	24 - 26 Nov	Rueil	1 750 €	ML ml.rueil@ifptraining.com

Peut être adapté à vos besoins spécifiques et organisé dans le lieu de votre choix

A close-up photograph of a laptop computer placed on a surface, likely a workbench. The laptop screen displays a line graph with a y-axis ranging from 200 to 500 and an x-axis with values 2000, 3000, 4000, and 5000. Two curves are plotted: a solid red line and a dashed blue line. The red line starts at approximately 200 at x=2000 and rises to about 450 at x=5000. The blue line starts at approximately 350 at x=2000 and rises to about 450 at x=5000. The background is a blurred view of an engine compartment with various mechanical parts and hoses.

# Modélisation et simulation des groupes motopropulseurs



***p. 131 à 134***



# Introduction à la modélisation et la simulation des GMP et du contrôle

5 Jours

Niveau : **Fondamentaux**

## FINALITÉ

Acquérir une vue d'ensemble de la modélisation OD, 1D et 3D appliquée au GMP : modélisation des fluides, de la combustion, de la thermique, de la mécanique et du contrôle GMP. Présenter un état de l'art des outils informatiques de simulation dans le monde de la conception automobile.

## PUBLIC

Ingénieurs, cadres et techniciens travaillant dans le domaine des Groupes Motopropulseurs, désirant connaître les techniques de modélisation et de simulation des moteurs et des boîtes de vitesse. Ces outils s'inscrivent dans une démarche de conception numérique des architectures, des systèmes, des pièces et du contrôle qui composent les GMP.

## OBJECTIFS

- Connaître les principes de la modélisation des GMP : les fondamentaux de la modélisation dans les domaines des fluides compressibles et incompressibles, de la combustion, de la mécanique et de la thermique et du contrôle.
- Connaître les éléments constitutifs des modèles d'un GMP : la modélisation des organes, des composants, des circuits, des fluides et des systèmes.
- Mettre en œuvre et paramétrer les composants d'un modèle moteur.
- Connaître les principes des outils de simulation les plus utilisés dans le domaine de la conception GMP.
- Utiliser les modèles et les simulations pour concevoir des GMP : grands choix d'architecture, dimensionnement des pièces, impacts du dimensionnement sur les prestations du GMP, contrôle du GMP.

## LES + PÉDAGOGIQUES

- Études de modèles OD de moteurs sur une base Matlab-Simulink.
- Cas concrets d'études par la simulation OD, 1D et 3D.
- Simulation et exploitation des modèles 1D à des fins de conceptions des systèmes : système d'air, chambre de combustion, circuit de refroidissement, système d'attelage mobile.
- Mise en œuvre de modèles 3D des fins de conceptions des systèmes : système d'air, chambre de combustion, circuit de refroidissement, système d'attelage mobile.

**Responsable** : Guillermo Ballesteros

## PROGRAMME

### Introduction à la modélisation numérique

Notion de solveurs numériques, de précision numérique et de dimensions, temps de simulation, stabilité et de convergence. Enjeux de modélisation numérique.

0,5 j

### Modélisation et simulation OD, 1D et 3D des fluides

Modélisation et simulation OD

Conservation de masse et d'énergie, équation de Barre Saint-Venant et de Bernoulli, équation d'état des gaz parfaits. Nature de l'écoulement. Composants de suralimentation : turbocompresseurs.

Modélisation et simulation 1D

Équations de Navier-Stokes 1D, notion de couche limite propagation d'ondes de pression. Écoulement moyen et écoulement instantané. Discrétisation spatiale, solveurs. Modélisation des composants.

Modélisation et simulation 3D

Approche Eulérienne, Lagrangienne, équations 3D de Navier-Stokes. Modèles de turbulence. Discrétisation spatiale, notion de maillage. Couplage avec le 1D. Modélisation des composants.

1 j

### Modélisation et simulation OD, 1D et 3D de la combustion

Modélisation et simulation OD 1 zone de la combustion

Dégagement de chaleur, création des espèces chimiques, cinétique, notion de délai d'auto-inflammation, notions de cliquetis, flamme de pré-mélange et de diffusion. Modèles 1 zone, OD.

Modélisation et simulation OD 2 zones de la combustion

Notion de vitesse de combustion, différence avec le dégagement de chaleur. Modèles 2 zones (modèle à vitesse de combustion imposé).

Modélisation et simulation 1D multizones de la combustion

Modèles prédictifs à 3 zones, équations de fermeture. Modèles prédictifs essence et diesel : modèle 2 zones et modèles multizones. Modélisation prédictive et statistique des émissions.

Modélisation et simulation 3D multizones de la combustion

Vitesse de propagation laminaire et turbulente, couplage aéro-combustion. Calibration des modèles, recalage des modèles de combustion. Exemples de modèles de combustion prédictive.

1 j

### Modélisation et simulation OD, 1D et 3D de la thermique

Modélisation et simulation OD de la thermique

Conduction, convection naturelle et forcée, rayonnement, inertie thermique, équations de bilan thermique, nombres adimensionnels en thermique. Modélisation OD des échanges thermiques d'un GMP.

Modélisation et simulation 1D de la thermique

Modélisation des composants : composants fluide et combustion intégrant des modèles thermiques, des échangeurs, des thermostats. Caractérisation de composants.

Modélisation et simulation 3D de la thermique

*Application : étude paramétrique du remplissage d'un moteur.*

0,75 j

### Modélisation et simulation OD, 1D et 3D de la mécanique

Modélisation et simulation OD de la mécanique

Inerties, raideurs et amortissement. Modélisation des composants mécaniques : masses, ressorts, amortisseurs, conversion de mouvement, réducteurs, forces, vitesses.

Modélisation et simulation 1D de la mécanique

Déformations en torsion. Approche fréquentielle et temporelle. Modélisation des composants.

Modélisation et simulation 3D de la mécanique

0,75 j

### Modélisation et simulation appliquées à la mise au point des GMP

Théorie : plans d'expérience (principes) ; modélisations statistiques et identification des modèles, réseaux de neurones ; recherche d'un optimum de réglage (principes, gestion du compromis inter-prestations).

Pratique : présentation des outils de mise au point faisant appel à des modèles numériques et des algorithmes d'optimisation.

0,5 j

### Modélisation et simulation appliquées au contrôle GMP

Utilisation de la modélisation dans les cycles en W du développement des stratégies et des systèmes de contrôle GMP. Notions de système d'exploitation temps réel, modélisation d'un système d'exploitation. Notions de commandes et de régulateurs numériques, applications au régulateur Proportionnel Intégral Dérivé (PID). Intégration et couplage des modèles de contrôle et des modèles environnementaux OD et 1D.

0,5 j

LANGUE	DATES	LIEU	PRIX HT	CONTACT INSCRIPTION
FR	25 - 29 Mai	Rueil	2 390 €	ML ml.rueil@ifptraining.com

Peut être adapté à vos besoins spécifiques et organisé dans le lieu de votre choix

## Modélisation OD des GMP

5 Jours

Niveau : **Expertise**

## FINALITÉ

Apporter une vue d'ensemble de la modélisation OD appliqués au GMP : modélisation des fluides, de la combustion, de la thermique et de la mécanique et modélisation OD appliquée au développement de stratégies de contrôle des GMP. Donner une vision globale des outils informatiques de simulation OD et utiliser les plus populaires d'entre eux dans le monde de la conception automobile.

## PUBLIC

Ingénieurs, cadres et techniciens travaillant dans le domaine des Groupes Motopropulseurs, désirant connaître les techniques de modélisation et de simulation numérique OD des moteurs et des boîtes de vitesse et leur utilisation à des fins de conception ou de contrôle. Ces outils s'inscrivent dans une démarche de conception numérique des architectures, des systèmes, des pièces et du contrôle qui composent les GMP.

## OBJECTIFS

- Connaître les principes de la modélisation OD des GMP.
- Connaître les éléments constitutifs des modèles OD d'un GMP : la modélisation des organes, des composants, des circuits, des fluides et des systèmes.
- Concevoir et développer un modèle OD complet d'un moteur et d'une boîte de vitesse. Intégrer ce modèle dans un modèle véhicule.
- Concevoir et développer des stratégies de contrôle des GMP.
- Mettre en œuvre et paramétrer les composants d'un modèle OD.
- Utiliser des outils de simulation OD : Matlab-simulink, GT-Power ou AMESIM.
- Utiliser les modèles OD et les simulations OD pour concevoir des systèmes liés au GMP (étude paramétrique) et le contrôle de ces derniers.

## LES + PÉDAGOGIQUES

- Cette formation se base sur un aller-retour permanent entre théorie et pratique, savoir et savoir-faire.
- Conception de modèles OD complet de moteurs sur une base Matlab-Simulink.
- Cas concrets d'étude par la simulation OD.
- Simulation et exploitation des modèles OD à des fins de conceptions des systèmes : système d'air, combustion, circuit de carburant et de refroidissement, contrôle GMP.

Responsable : Guillermo Ballesteros

## PROGRAMME

## Introduction à la modélisation OD

0,25 j

Comment se positionne la simulation OD par rapport à la simulation 1D et 3D dans un processus de conception d'un système GMP. Notions de réduction des modèles 3D/1D en OD.

Principes de la simulation numérique, schémas numériques de résolution, fonctionnement des solveurs, erreurs et résidus numériques. Présentation et comparaison technique des principaux outils de simulation permettant de la simulation OD : Matlab-Simulink, GT-Power et Amesim.

## Modélisation et simulation OD des fluides

1,5 j

Conservation de masse, de quantité de mouvement et d'énergie. Notion de compressibilité. Équations de Barre Saint-Venant et de Bernoulli, détermination des coefficients de débit.

*Application à la modélisation des composants de la chaîne d'air.*

*Application à la modélisation des composants des circuits hydrauliques.*

Détermination des caractéristiques et calibration des modèles composant.

*Application : construction d'un modèle moteur suralimenté avec EGR.*

## Modélisation et simulation OD de la combustion et des émissions

1,25 j

Dégagement de chaleur, vitesse de combustion, création des espèces chimiques, cinétique, notion de délai d'auto-inflammation, notions de cliquetis, flamme de pré-mélange et de diffusion, vitesse de propagation laminaire et turbulente, couplage aérodynamique-combustion, ...

Modèles 1 zone, 2 zones Eddy-burn up et barba et multizones, modèles physiques et modèles à vitesse de combustion imposée.

Influence des paramètres de combustion : richesse, du taux de GBR, taux d'EGR, de l'avance à l'injection, à l'allumage, des phénomènes aérodynamiques, ... Modélisation du cliquetis.

Modélisation phénoménologique des émissions et modélisation statistiques des émissions.

Calibration des modèles, recalage des modèles de combustion.

*Application Diesel : exemple de modèles de combustion prédictive Diesel ; exemple de modèles statistiques d'émission.*

*Application à l'Essence : analyse et corrélation des pressions cylindre, admission et échappement.*

## Modélisation et simulation OD de la thermique

0,5 j

Fondamentaux de la modélisation thermique : conduction, convection naturelle et forcée, rayonnement, inertie thermique, équations de bilan thermique.

Modélisation des composants : composants fluide et combustion intégrant des modèles thermique, les échangeurs et les thermostats.

Caractérisation de composants, corrélation thermique, nature des matériaux, masses, chaleur massique, épaisseurs, ...

*Application : exploitation d'un modèle d'échangeur (EGR et RAS, impact sur le remplissage du moteur).*

## Modélisation et simulation OD de la mécanique

0,5 j

Fondamentaux de la modélisation mécanique : inerties, raideurs et amortissement.

Modélisation composants : masses, ressorts, amortisseurs, frottements aérodynamiques, frottements moteur, conversion de mouvement, réducteurs.

*Applications : exemples d'une boîte de vitesse et modélisation d'une cinématique.*

## Modélisation et simulation OD des stratégies de contrôle GMP

1 j

Utilisation des modèles OD pour du contrôle GMP. Modélisation de l'Operating System Temps réel. Modélisation numérique des régulateurs PID.

Modélisation et simulation des Systèmes d'opération temps réels : génération d'événements synchrones et asynchrones classiques du contrôle moteur.

Modélisation et simulation des régulateurs des stratégies de contrôle moteur : exemple du régulateur PID.

Modélisation et simulation des stratégies de contrôle : intégration des stratégies, du système temps réel et des modèles environnementaux.

Modélisation OD utilisée pour trouver les optimums et les compromis de réglage en MAP.

*Applications : conception d'une régulation de la pression de suralimentation d'un moteur ; conception d'une régulation du taux d'EGR d'un moteur ; mise au point et calibration d'une stratégie de contrôle moteur.*

LANGUE	DATES	LIEU	PRIX HT	CONTACT INSCRIPTION
FR	07 - 11 Sept	Rueil	2 490 €	ML ml.rueil@ifptraining.com

Peut être adapté à vos besoins spécifiques et organisé dans le lieu de votre choix

# Modélisation 1D des GMP

5 Jours

Niveau : Expertise

## FINALITÉ

Apporter une vue d'ensemble de la modélisation 1D appliqués au GMP : modélisation des fluides, de la combustion, de la thermique et de la mécanique. Présenter l'état de l'art des outils informatiques de simulation 1D et utiliser les plus populaires d'entre eux dans le monde de la conception automobile.

## PUBLIC

Ingénieurs, cadres et techniciens travaillant dans le domaine des Groupes Motopropulseurs, désirant connaître les techniques de modélisation et de simulation 1D des moteurs et des boîtes de vitesse. Ces outils s'inscrivent dans une démarche de conception numérique des architectures, des systèmes, des pièces et du contrôle qui composent les GMP.

## OBJECTIFS

- Connaître les fondamentaux de la modélisation 1D dans les domaines des fluides compressibles et incompressibles, de la combustion, de la mécanique et de la thermique.
- Comprendre les éléments constitutifs des modèles 1D d'un GMP : modélisation des organes, des composants, des circuits et des fluides et des systèmes.
- Concevoir et développer un modèle 1D d'un moteur ou d'une boîte de vitesse.
- Mettre en œuvre et paramétrer les composants d'un modèle 1D.
- Connaître les principes des outils de simulation 1D tel que GT-Power et AMESIM.
- Utiliser les modèles 1D et les simulations 1D pour concevoir des GMP : grands choix d'architecture, dimensionnement des pièces, impacts du dimensionnement sur les prestations du GMP.

## LES + PÉDAGOGIQUES

- Cette formation se base sur un aller-retour permanent entre théorie et pratique, savoir et savoir-faire.
- Conception de modèles 1D complet de moteurs sur une base GT-POWER.
- Cas concrets d'étude par la simulation 1D.
- Simulation et exploitation des modèles 1D à des fins de conceptions des systèmes : système d'air, chambre de combustion, circuit de refroidissement, circuit d'injection de carburant, système d'attelage mobile.

Responsable : Guillermo Ballesteros

## PROGRAMME

### Modélisation et simulation 1D des fluides

1,5 j

Notions fondamentales sur la modélisation et la simulation 1D. Comment se positionne la simulation 1D par rapport à la simulation 0D et 3D dans un processus de conception d'un système GMP ?

Fondamentaux de la modélisation des fluides : approche Eulérienne, Lagrangienne, équations de Navier-Stokes, conservation de masse, de quantité de mouvement et d'énergie, nature de l'écoulement, propagation d'ondes de pression.

Discrétisation spatiale, schéma numérique de résolution, solveurs et comparaison de logiciels.

Modélisation des composants : modélisation des conduits et des volumes, notion de jonction ; orifices, changement des sections, pertes de charge ; modélisation des vannes et soupapes ; composants de la suralimentation ; échangeurs pour la partie fluide, impacts acoustiques.

Cas particulier lié à l'hydraulique : modélisation des composants ; aspect pulsatoires des circuits hydrauliques, prise en compte de la déformation des flexibles.

Détermination des caractéristiques et calibration des modèles composant.

*Application de la modélisation sur base d'outils de simulation GT-Power : construction d'un modèle moteur suralimenté avec EGR et RAS ; modélisation de la boucle d'air, corrélation calculs et essais et recalage du modèle, analyse des performances ; étude de conception et d'architecture.*

Modélisation et simulation d'un circuit de carburant, calcul des ondes de pression de carburant, étude paramétrique. Dimensionnement du circuit de carburant. Modélisation d'un injecteur.

### Modélisation et simulation 0D/1D de la combustion et des émissions

1,5 j

Introduction à la modélisation de la combustion, dégagement de chaleur, vitesse de combustion, création des espèces chimiques, cinétique, notion de délai d'auto-inflammation, notions de cliquetis, flamme de pré-mélange et de diffusion, vitesse de propagation laminaire et turbulente, couplage aéro-combustion, variation cycle à cycle, fonctions de probabilité des espèces chimiques, aspect statistiques liés aux modèles de combustion, diagramme de Matekunas, ...

Modèle 1 zone, 2 zones. Modèle multizones, modélisation du jet, du taux d'introduction, modèle Hiroyasu (Diesel), modèles prédictifs à 3 zones, équations de fermeture.

Modèles de propagation de flamme 1D en essence, influence de la dilution, de la richesse et modélisation des phénomènes de cliquetis.

Modélisation prédictive des émissions, modélisation statistiques des émissions : cartographies et réseaux de neurones.

Modélisation des composants : injecteur, cylindre, géométrie de chambre, piston, position de la bougie ; modèle de transfert thermique, d'aérodynamique, modèle de combustion.

Calibration des modèles, recalage des modèles de combustion.

*Application au Diesel : analyse et corrélation des pressions cylindre, à partir de la pression cylindre seule ; exemple de modèles de combustion prédictive Diesel.*

*Application à l'Essence : analyse et corrélation des pressions cylindre TPA (three pressure analysis pour la détermination du taux de GBR) ; étude paramétrique ; exemples de modèles de combustion prédictive essence.*

### Modélisation et simulation 1D de la thermique

1 j

Fondamentaux de la modélisation thermique, conduction, convection naturelle et forcée, rayonnement, inertie thermique, équations de bilan thermique, nombres adimensionnels en thermique : Prandtl, Nusselt, changement de phase liquide-gaz, diagramme TS, cycle de Rankine.

Modélisation des composants : composants fluide et combustion intégrant des modèles thermique, les échangeurs, les thermostats, condensateurs, évaporateurs, composants complexes, effets Seebeck, thermique sous capot.

Caractérisation de composants, corrélation thermique, nature des matériaux, masses, chaleur massique, épaisseurs, ...

*Application : construction d'un modèle prédictif d'échangeur ; caractérisation sur banc virtuel du composant ; étude paramétrique sur banc ou intégré à un système de refroidissement.*

### Modélisation et simulation 1D de la mécanique

1 j

Fondamentaux de la modélisation mécanique : inerties, raideurs et amortissement, système masse ressort complet, déformations en torsion.

Différents types de modélisation : 1D pur ou entrées-sorties par fonctions de transfert construite sur la base d'un modèle 1D.

Approche fréquentielle et approche temporelle.

Modélisation composants : masses, ressorts, amortisseurs, conversion de mouvement, réducteurs, arbres, forces, vitesses, moments.

Macro composants : vannes, waste gate, éléments constitutifs d'une boîte de vitesse.

*Applications : système masse ressort ; exemples d'analyse torsionnelle sur vilebrequin ; exemples de boîte de vitesse ; interaction fluide et mécanique.*

LANGUE	DATES	LIEU	PRIX HT	CONTACT INSCRIPTION
FR	21 - 25 Sept	Rueil	2 490 €	ML ml.rueil@ifptraining.com

Peut être adapté à vos besoins spécifiques et organisé dans le lieu de votre choix

## Modélisation 3D des GMP

5 Jours

Niveau : **Expertise**

## FINALITÉ

Apporter une vue d'ensemble de la modélisation 3D appliqués au moteur : modélisation des fluides, de la combustion, de la thermique et de la mécanique. Ces connaissances peuvent également servir de socle à des études GMP et véhicules. Présenter un état de l'art des outils informatiques de simulation 3D et utiliser l'un d'entre eux (Open-FOAM) à titre d'exemple.

## PUBLIC

Ingénieurs, cadres et techniciens travaillant dans le domaine des Groupes Motopropulseurs, désirant connaître les techniques de modélisation et de simulation 3D applicables aux moteurs et aux boîtes de vitesse. Ces outils s'inscrivent dans une démarche de conception numérique des architectures, des systèmes, des pièces et du contrôle qui composent les GMP.

## OBJECTIFS

- Connaître les fondamentaux de la modélisation 3D dans les domaines des fluides compressibles et incompressibles, de la combustion, de la mécanique et de la thermique.
- Connaître les éléments constitutifs des modèles 3D d'un GMP : la modélisation des organes, des composants, des circuits, des fluides et des systèmes.
- Concevoir et développer un modèle 3D d'un moteur.
- Mettre en œuvre et paramétrer les composants d'un modèle 3D.
- Connaître les principes des outils de simulation 3D tel que Star CD, Star CCM+, KIVA, FLUENT, AVL FIRE, Open-Foam, ...
- Utiliser les modèles 3D et les simulations 3D pour concevoir des GMP : grands choix d'architecture, dimensionnement des pièces, impacts du dimensionnement sur les prestations du GMP.

## LES + PÉDAGOGIQUES

- Cette formation se base sur un aller-retour permanent entre théorie et pratique, savoir et savoir-faire.
- Conception de modèles 3D complets de parties ou pièces de moteurs sur une base Open-FOAM.
- Cas concrets d'étude par la simulation 3D.
- Simulation et exploitation des modèles 3D à des fins de conceptions des systèmes : système d'air, chambre de combustion, circuit de refroidissement, circuit de carburant, pièces mécaniques du moteur.

Responsable : Guillermo Ballesteros

## PROGRAMME

## Modélisation et simulation 3D des fluides

Notions fondamentales sur la modélisation et la simulation numérique 3D. Comment se positionne la simulation 3D par rapport à la simulation 0D et 1D dans un processus de conception d'un système GMP. Fondamentaux de la modélisation des fluides : approche Eulérienne, Lagrangienne, équations de Navier-Stokes, conservation de masse, de quantité de mouvement et d'énergie, nature de l'écoulement, notion de couche limite, notion de compressibilité, définition de la viscosité, équation de Barre Saint-Venant, coefficients de débit, propagation d'ondes de pression. Écoulement moyen et écoulement instantané, turbulence (RANS et LES).

Discrétisation spatiale, maillage, schéma numérique de résolution, solveurs et comparaison de logiciels, principes de fonctionnement et propriétés de ces logiciels.

Modélisation des composants des fluides compressibles : modélisation des conduits et des volumes, modélisation des vannes et des soupapes, modélisation des composants de la suralimentation.

Modélisation des composants des fluides incompressibles : modélisation des circuits hydrauliques, modélisation des pompes, prise en compte de la déformation des flexibles.

Détermination des caractéristiques et calibration des modèles des composants.

*Application de la modélisation sur base d'outil de simulation Open-Foam : initiation à Open-Foam, principes et fonctionnement du logiciel ; mise à niveau informatique ; construction d'un modèle de circuit d'air, modélisation du circuit d'air, construction de la peau, maillage, étude paramétrique ; construction d'un modèle de circuit hydraulique, modélisation d'un flexible de carburant, études paramétriques.*

1,5 j

## Modélisation et simulation 3D de la combustion et des émissions

Introduction à la modélisation de la combustion, dégagement de chaleur, vitesse de combustion, création des espèces chimiques, cinétique chimique, notion de délai d'auto-inflammation, notions de cliquetis, flamme de pré-mélange et de diffusion, vitesse de propagation laminaire et turbulente, couplage aérodynamique-combustion, variation cycle à cycle, aspect statistiques liés aux modèles de combustion, ...

Modèle 1 zone, 2 zones, 3 zones et multizones. Modèles de propagation de flamme 3D en essence, paramètres influents la modélisation.

Modèles de flamme de diffusion 3D en Diesel, paramètres influents la modélisation.

Modélisation prédictive des émissions, modélisation statistiques des émissions : cartographies et réseaux de neurones.

Modélisation de la combustion 3D : modèles CFD, modèle de transfert thermique, d'aérodynamique, modèle de combustion, modèles chimiques.

Discrétisation spatiale, maillage, schéma numérique de résolution, solveurs et comparaison de logiciels, principes de fonctionnement et propriétés de ces logiciels.

Modélisation des composants : modélisation du jet du carburant, du taux d'introduction, du cylindre, de la géométrie de chambre de combustion, du piston, de l'étincelle, maillage dynamique de la chambre de combustion.

Calibration des modèles 3D.

*Application générique sur Open-Foam : création d'un modèle moteur et maillage dynamique, modélisation de la combustion.*

1,5 j

## Modélisation et simulation 3D de la thermique

Fondamentaux de la modélisation thermique, conduction, convection naturelle et forcée, rayonnement, inertie thermique, équations de bilan thermique, nombres adimensionnels en thermique : Prandtl, Nusselt.

Modélisation des composants : composants fluide et combustion intégrant des modèles thermique, échangeurs, thermostats, modèles de pertes aux parois.

Caractérisation de composants, nature des matériaux, masses, chaleur massique, épaisseurs, ...

*Applications sur Open-FOAM : construction d'un modèle d'échangeur, étude paramétrique sur le modèle d'échangeur.*

0,75 j

## Modélisation et simulation 3D de la mécanique

Fondamentaux de la modélisation mécanique : inerties, raideurs et amortissement, déformations en torsion.

Modélisation composants : masses, ressorts, amortisseurs, conversion de mouvement, réducteurs, arbres, forces, vitesses, moments.

Exemples d'application de la modélisation 3D au design des moteurs, modélisation des pièces et études des systèmes mécaniques : piston, arbres, bloc moteur, collecteurs, culasses.

*Applications : modélisation et étude paramétrique d'un système mécanique.*

0,75 j

## Couplage 3D et conditions aux limites

Utilisation de la modélisation 3D au juste nécessaire.

Conditions aux limites.

Réduction des modèles 3D en modèles 1D ou 0D.

Procédure de couplage d'un modèle 3D à un modèle 1D ou 0D.

*Application : exemple de couplage avec GT-Power et Open-Foam.*

0,5 j

LANGUE	DATES	LIEU	PRIX HT	CONTACT	INSCRIPTION
FR	02 - 06 Nov	Rueil	2 490 €	ML	ml.rueil@ifptraining.com

Peut être adapté à vos besoins spécifiques et organisé dans le lieu de votre choix



# Index des mots-clés

## O

---

OD : 131-134

## 1

---

1D : 131-134

## 2

---

2 roues : 44  
2 temps : 44  
2D : 131-134

## 3

---

3D : 131-134

## A

---

ACEA : 90, 95  
Acoustique : 62  
Actionneurs : 80  
Actualité et futur : 49  
Additif : 97  
Admission variable : 70  
Aérodynamique : 40, 74-75  
Aéronautique : 115-118  
Aéronef : 115  
Air forcé : 61  
Allumage commandé : 37  
Amesim : 132  
Analyse spectrale : 62  
API : 90, 95-96  
APU : 117  
Arborescence systèmes : 110  
Architecture : 33, 36  
Architecture fonction : 110  
Architecture organique : 110  
Astronautique : 115  
Asynchrone : 48  
ATIÉL : 95  
Automatique : 51  
Automatisme : 79  
Avance optimale : 38  
Avion : 115

## B

---

Balayage : 44  
Balayage de charge : 38  
Banc à rouleau : 73  
Banc moteur : 72-73  
Banc moteur virtuel : 73  
Banc stationnaire : 72  
Banc virtuel : 73

Batterie : 46  
Bilan thermique : 61  
Bingham : 89  
Biocarburants : 49-50  
Bloc moteur : 33  
Blow-by : 34  
Boîte de vitesses : 51  
Boucle fermée : 82

## C

---

Calculateur : 80  
Calibration : 80-81, 84  
Capteurs : 80  
Carburant : 37-39  
Carburants automobiles : 49  
Carburéacteur : 116-117  
Carter pompe : 44  
Cartographie : 82-83  
Catalyse d'oxydation : 71  
Catalyseur : 71  
Catalyseur 3 voies : 38  
Changement : 109  
Chef de projet : 108  
Chine : 107  
Chinois : 107  
Circuit de bord : 115  
Classification : 89-90, 95, 97  
Cliquetis : 67  
CO : 40, 52, 74-75  
Coefficient de remplissage : 69  
Cogénération : 45  
Combustion : 37, 39-40, 68, 74-75  
Compresseur : 116  
Conception : 59  
Conduite de projet : 107  
Connaissance : 107  
Contrôle : 72  
Contrôle du couple : 84  
Contrôle moteur : 79-80  
Contrôle vectoriel : 48  
Convection : 61  
Courant continu : 48  
Culasse : 33  
Cycle 4 temps : 33  
Cycle atkinson : 67  
Cycle d'amélioration : 109  
Cycle de vie : 108  
Cycle en V : 110

## D

---

Décibels : 62  
Découpage projet : 108  
Délai d'autoinflammation : 67  
Dépollution : 52  
Diesel : 34, 36, 39-40, 74-75

Diesel marin : 42  
Dimensionnement : 59  
DIN : 101  
Distribution variable : 67  
Downsizing : 37, 41  
Downspeeding : 41  
Drone : 115

## E

---

ECU : 82-83  
EGR : 34, 68  
Élastohydrodynamique : 90  
Électrique : 47  
Embrayage : 51  
Endommagement : 60  
Engin de loisir : 44  
Engrenage : 101  
Entr'axe : 59  
Essence : 34, 36-37  
Étalonnage : 72  
ETBE : 50  
Éthanol : 50

## F

---

FAP : 71  
Fiabilité : 60  
Flux continu : 116  
Fonctions transversales : 84  
Fonderie : 63  
Fonte : 63  
Ford : 96  
Forge : 63  
Frottement : 90  
Fumée : 39-40, 74-75

## G

---

Gazole : 49  
GDI : 38  
Gélifiant : 97  
Géométrie variable : 70  
Gestion de l'énergie : 118  
Gestion thermique : 47, 118  
GM : 96  
GMP : 46  
Graisse : 97  
GT power : 132

## H

---

HC : 40, 52, 74-75  
Hélicoptère : 115  
Historique : 36  
Homogène : 41  
Huile : 95

Huile de base : 89, 97  
Hybride : 46, 118  
Hybrides : 47

## I

---

IDE : 41, 67  
IIE : 41  
ILSAC : 90, 95  
Industriel : 97, 101  
Ingénierie systèmes : 110  
Interfût : 59  
Interprétation : 73  
ISO : 101

## J

---

J 306 : 96

## L

---

Lean engineering : 109  
Lean management : 109  
Lean manufacturing : 109  
Liquide : 61  
Lubrifiant : 90, 96-97  
Lubrification : 90, 96-97, 101

## M

---

Manuel : 51  
Marché : 95, 97, 101  
Marché automobile : 107  
Matériaux : 63  
Matériel : 101  
Matlab simulink : 132  
Mesure : 72  
Mesures : 73  
Métallurgie : 63  
Minérale : 89  
Mise au point : 81  
Modélisation : 131-134  
Module d'Young : 63  
Moteur à gaz : 42, 45  
Moteur électrique : 48  
Moteur industriel : 42  
Moteur marin : 45  
Moteur synchrone : 48  
MTBE : 50

## N

---

NOx : 40, 52, 68, 74-75  
Numérique : 131-134

## O

---

OBDn EOBD : 83, 85  
Octane : 38  
OD : 79  
Off-highway : 42  
Onde acoustique : 70

## P

---

Palier : 101  
Parallèle : 46  
Particule : 39-40, 74-75  
Particules : 68  
PDCA : 109  
Performances : 38  
PID : 79-80  
Pilotage : 72  
Piloté : 51  
Plastiques : 63  
PM : 52  
Poids lourd : 42  
Pollution : 37, 39  
Post-traitement : 34, 71  
Prélèvements : 73  
Prius : 47  
Profil de mission : 117  
Propriétés et qualités : 49  
Propulsion marine : 45  
Puissance thermique : 61

## R

---

Rapport discret : 51  
Rapport volumétrique de compression : 33  
Refroidissement : 61  
Réglementation : 34, 107  
Régulation : 79  
Relation fournisseur : 108  
Remplissage : 69-70  
Rendement CSE : 34  
Rendement volumétrique : 69  
Respiration : 38  
Retour d'expérience : 111  
Rhéologie : 89  
Robotisé : 51  
Roulement : 101  
Rupture de couple : 51

## S

---

SAE : 89, 95-96  
SDF : 111  
Série : 46  
Simulation : 131-134  
Sonde lambda : 85  
Spécification : 95, 97

Squish : 75  
Statistiques : 60  
Stockage : 47  
Stratifié : 41  
Structure couple : 82-83, 85  
STT : 46  
Suie : 39-40, 74-75  
Suivi en service : 95  
Supercarburant : 49  
Suralimentation : 69-70  
Sûreté de fonctionnement : 111  
Swirl : 68, 75  
Synthèse : 89

## T

---

Technique : 107  
Technologie : 36, 101  
Thixotropie : 89  
Traction ferroviaire : 42  
Transmission : 51, 96  
Tribologie : 90  
Trifonctionnel : 38  
Trifonctionnelle : 71  
Turbocompresseur : 69-70  
Turbofan : 116  
Turboréacteur : 116  
Twin scroll : 70

## U

---

Urée : 71  
Usinage : 63

## V

---

Value mapping : 109  
Variation continue : 51  
Vibration : 62  
Viscosité : 89-90, 95-96  
Vitesse moyenne de piston : 59  
Vol : 115

## W

---

Waste gate : 69-70

# Comment s'inscrire ?

Identifier sur la fiche de stage la référence, le prix, les lieux et dates de réalisation, ainsi que le contact pour s'inscrire.

Pour nous permettre d'assurer votre inscription dans les meilleures conditions, merci de respecter la procédure ci-dessous :

**3 semaines au plus tard** avant le début de la session → envoyer le **bulletin d'inscription** intégralement rempli

**2 semaines au plus tard** avant le début de la session → effectuer le **paiement**

- par chèque à l'ordre d'IFP Training, 232 avenue Napoléon Bonaparte – 92852 RUEIL MALMAISON CEDEX
- par virement bancaire à IFP Training

**NATIXIS n° 30007 99999 04165583000 12**

**IBAN : FR76 3000 7999 9904 1655 8300 012 – NATXFRPPXXX**

- en cas de prise en charge par un OPCA, le préciser sur le bulletin d'inscription.

N'hésitez-pas à nous contacter pour des inscriptions plus tardives.

**Les frais d'inscription couvrent les frais pédagogiques ainsi que les repas de midi et les pauses.**

IFP Training adressera à la personne indiquée sur le bulletin d'inscription :

- un courrier de confirmation
- une ou plusieurs convocations destinées aux participants
- les renseignements pratiques concernant la session (accès au centre de formation, horaires...)

## À qui envoyer le bulletin d'inscription ?

Le bulletin d'inscription se trouve en page 143. Il peut être envoyé :

- par courrier postal
- par courrier électronique
- par fax

Il doit être adressé à l'entité organisatrice correspondant à la session choisie indiqué en bas de la fiche de stage. Les coordonnées de cette entité figurent sur la page ci-contre.

Toute inscription implique la connaissance et l'acceptation des Conditions Générales de Vente IFP Training (page 140).

# Contacts - Inscriptions

## EXPLORATION - PRODUCTION

### **GRE** Géosciences – Ingénierie de Réservoir

232 avenue Napoléon Bonaparte  
92852 Rueil-Malmaison Cedex - France  
**Valérie BERNARD-ESTÈVÈS - Naïma DIVIÈS**  
**Nadia FERTANI - Marion LANDRIN**  
Tel. + 33 (0)1 41 39 11 70  
Fax + 33 (0)1 47 08 92 83  
[gre.rueil@ifptraining.com](mailto:gre.rueil@ifptraining.com)

### **FP** Forage – Puits

Rue Paul et Henri Courteault  
64000 Pau - France  
**Rachel DAUGAS**  
**Sandie LASSERRE**  
Tel. + 33 (0)5 59 30 82 48  
Fax + 33 (0)5 59 30 68 76  
[fp.pau@ifptraining.com](mailto:fp.pau@ifptraining.com)

### **EXP** Exploitation

232 avenue Napoléon Bonaparte  
92852 Rueil-Malmaison Cedex - France  
**Muriel GUIOCHET - Henriette MENDY**  
**Laurent RENAULD - Claudine SAMSON**  
Tel. + 33 (0)1 41 39 11 60  
Fax + 33 (0)1 47 08 92 83  
[exp.rueil@ifptraining.com](mailto:exp.rueil@ifptraining.com)

### **PL** Projets et Logistique

232 avenue Napoléon Bonaparte  
92852 Rueil-Malmaison Cedex - France  
**Manuela JOYAUX - Marion LANDRIN**  
Tel. + 33 (0)1 41 39 11 80  
Fax + 33 (0)1 47 08 92 83  
[pl.rueil@ifptraining.com](mailto:pl.rueil@ifptraining.com)

### **EPGEN** Formations Générales EP

232 avenue Napoléon Bonaparte  
92852 Rueil-Malmaison Cedex - France  
**Francisca FERNANDEZ**  
Tel. + 33 (0)1 41 39 11 50  
Fax. + 33 (0)1 47 08 92 83  
[epgen.rueil@ifptraining.com](mailto:epgen.rueil@ifptraining.com)

### **EXP Pau** Exploitation Pau

Rue Paul et Henri Courteault  
64000 Pau - France  
**Marie-Élise MIQUEU**  
Tel. + 33 (0)5 59 30 82 47  
Fax + 33 (0)5 59 30 68 76  
[exp.pau@ifptraining.com](mailto:exp.pau@ifptraining.com)

## RAFFINAGE - CHIMIE

### **RNO** RC Lillebonne

Immeuble Futura 1  
Rue A. Desgenetais  
76170 Lillebonne - France  
**Anne BEURIOT**  
**Angèle SAINT-LÉGER**  
Tel. + 33 (0)2 35 39 60 77  
Tel. + 33 (0)2 35 39 60 70  
Fax + 33 (0)2 35 38 62 03  
[rc.lillebonne@ifptraining.com](mailto:rc.lillebonne@ifptraining.com)

### **RMA** RC Martigues

Le Bateau Blanc – Bât. C  
Chemin de Paradis  
13500 Martigues - France  
**Véronique COUTURIER**  
**Christine GRUNER**  
Tel. + 33 (0)4 42 44 43 00  
[rc.martigues@ifptraining.com](mailto:rc.martigues@ifptraining.com)

### **RRU** RC Rueil

232 avenue Napoléon Bonaparte  
92852 Rueil-Malmaison Cedex - France  
**Nadia BAGGAR - Eliane CHU**  
**Karine CUPERLIER - Nicolas DESMAISON**  
Tel. + 33 (0)1 41 39 11 00  
Fax + 33 (0)1 47 08 92 83  
[rc.rueil@ifptraining.com](mailto:rc.rueil@ifptraining.com)

### **RSO** RC Solaize

Rond-point de l'échangeur de Solaize – BP3  
69360 Solaize - France  
**Françoise ANTON**  
Tel. + 33 (0)4 37 37 68 20  
[rc.solaize@ifptraining.com](mailto:rc.solaize@ifptraining.com)

### **CFA** CFA Lillebonne

Immeuble Futura 1  
Rue A. Desgenetais  
76170 Lillebonne - France  
**Angèle SAINT-LÉGER**  
Tel. + 33 (0)2 35 39 60 70  
Fax + 33 (0)2 35 38 62 03  
[op.certif@ifptraining.com](mailto:op.certif@ifptraining.com)

## MOTEURS - LUBRIFIANTS

232 avenue Napoléon Bonaparte  
92852 Rueil-Malmaison Cedex - France  
**Yamina RIGHI**  
Tel. + 33 (0)1 41 39 12 00  
Fax + 33 (0)1 47 08 92 83  
[ml.rueil@ifptraining.com](mailto:ml.rueil@ifptraining.com)

## ÉCONOMIE - MANAGEMENT

232 avenue Napoléon Bonaparte  
92852 Rueil-Malmaison Cedex - France  
**Fana DIOUF - Karine STROCK**  
Tel. + 33 (0)1 41 39 10 80  
Fax + 33 (0)1 47 08 92 83  
[eco.rueil@ifptraining.com](mailto:eco.rueil@ifptraining.com)

Tel. + 33 (0)1 41 39 12 12 - [Contact@ifptraining.com](mailto:Contact@ifptraining.com)

# Conditions Générales de Ventes

## Sessions interentreprises

### 1 - Objet et champ d'application

Les présentes Conditions Générales de Vente (CGV) ont pour objet de définir les conditions générales de participation aux sessions de formation interentreprises organisées par IFP Training.

Toute inscription par le Client vaut commande réputée acceptée par ce dernier à compter de la réception de la confirmation d'inscription émise par IFP Training et implique son adhésion pleine et entière aux présentes CGV qui prévalent sur tout autre document du Client, notamment sur ses conditions générales d'achat.

### 2 - Modalités d'inscription et de commande

Toute inscription à une session de formation se fera dans un délai de 3 semaines avant la date de début de la session.

IFP Training se réserve la possibilité d'accepter des inscriptions plus tardives. Le nombre de participants par session est limité.

L'inscription ne sera prise en compte qu'après réception par le centre organisateur d'un bulletin d'inscription sous format électronique, fax ou courrier dûment rempli. Aucun bulletin d'inscription incomplet ne pourra être pris en compte.

L'inscription ne sera définitive qu'après réception du complet paiement ou de l'attestation de prise en charge par un organisme habilité.

### 3 - Confirmation d'inscription - convocation des participants

En l'absence de règlement intégral du prix de la session 2 semaines avant le début de la session, IFP Training se réserve expressément le droit de disposer librement des places retenues par le Client après en avoir informé celui-ci. Au plus tard 2 semaines avant le début de la session, IFP Training adresse un courrier de confirmation de l'inscription au personnel désigné par le Client sur le bulletin. Une convocation nominative destinée au Participant est jointe au courrier et fournit l'ensemble des renseignements pratiques relatifs à la session (horaires, moyens d'accès, ...) et aux particularités éventuelles.

### 4 - Prix - Facturation et règlement

**PRIX :** Les frais d'inscription recouvrent les prestations pédagogiques (enseignement, travaux pratiques, utilisation de simulateurs et autres outils informatiques, documentation remise, fournitures nécessaires) ainsi que les frais de pauses (rafraîchissements) et déjeuner du midi. Ils ne comprennent pas les frais de transport et d'hébergement éventuels. Les prix indiqués sur le bon de commande sont en Euros hors taxes, à majorer de la TVA au taux en vigueur et de tous autres éventuels impôts et/ou taxes retenus à la source. Toute session commencée est due en entier. Sur demande, IFP Training peut décider d'appliquer aux demandeurs d'emploi des frais d'inscription réduits.

**RÈGLEMENT :** La session ne sera accessible qu'après complet paiement :

- par chèque à l'ordre de : IFP Training – 232 avenue Napoléon Bonaparte 92852 - Rueil-Malmaison Cedex.

- par virement bancaire au profit du bénéficiaire IFP Training :

NATIXIS compte n° 30007 99999 04165583000 12

IBAN : FR76 3000 7999 9904 1655 8300 012 – BIC : NATXFRPPXXX.

**FACTURATION :** La facture acquittée est adressée en fin de formation au Client, en double exemplaire si précisé sur le bulletin d'inscription.

**PÉNALITÉS DE RETARD :** Dans le cas exceptionnel où IFP Training aura accepté un paiement à l'issue de la session, les sommes non payées à l'échéance indiquée sur la facture donneront lieu au paiement

par le Client de pénalités de retard fixées à trois (3) fois le taux d'intérêt légal. Ces pénalités sont exigibles de plein droit et jusqu'au paiement complet.

### 5 - Règlement par un OPCA

Si le Client souhaite que le règlement soit émis par l'OPCA dont il dépend, il lui appartient :

- avant le début de la session, de faire une demande de prise en charge et de s'assurer de son acceptation
- de l'indiquer explicitement sur le bulletin d'inscription
- de s'assurer de la bonne fin du paiement par l'organisme désigné.

IFP Training s'engage à fournir au Client les documents nécessaires pour faire sa demande auprès de l'OPCA.

Si l'OPCA ne prend en charge que partiellement le coût de la formation, le reliquat sera facturé au Client.

La prise en charge de l'OPCA avant le 1<sup>er</sup> jour de la session conditionne l'inscription définitive et l'accès à la formation.

En cas de non-paiement par l'OPCA, pour quelque motif que ce soit, le Client sera redevable de l'intégralité du coût de la formation et sera facturé du montant correspondant.

À l'issue de la session, IFP Training adresse à l'OPCA une facture accompagnée d'une copie de l'attestation de présence signée par le Participant.

### 6 - Conditions d'annulation et de report - Substitution

**Par le Client :** Tout cas d'annulation par le Client doit être communiqué par écrit à IFP Training.

Pour toute annulation, fût-ce en cas de force majeure, moins de 14 jours calendaires avant le début de la session, 50 % du coût pédagogique sera définitivement facturé par IFP Training au Client, sauf en cas de remplacement par un participant du même établissement, confirmé par l'envoi d'un nouveau bulletin d'inscription. Pour toute inscription non annulée (notamment absentéisme ou abandon), 100 % du coût pédagogique sera définitivement facturé par IFP Training au Client.

En cas de départ imprévu dûment justifié par le Client, le Participant pourra être admis à participer à une session ultérieure après accord préalable d'IFP Training.

**Par IFP Training :** IFP Training se réserve le droit d'annuler ou de reporter une session, notamment en cas de nombre insuffisant de participants.

Le Client est informé par téléphone au plus tard 2 semaines avant la date de session commandée.

L'annulation est confirmée par écrit.

Les règlements reçus seront intégralement remboursés. Aucune indemnité ne sera versée au Client à raison d'un report ou d'une annulation du fait d'IFP Training.

### 7 - Informatique et libertés

Les informations à caractère personnel qui sont communiquées par le Client à IFP Training pour l'exécution de la session pourront être communiquées aux partenaires contractuels d'IFP Training pour les besoins de ladite Prestation. Conformément aux dispositions de la loi n° 78-17 du 6 janvier 1978 relative à l'informatique, aux fichiers et aux libertés, le Client peut à tout moment exercer son droit d'accès, d'opposition et de rectification dans le fichier d'IFP Training.

## 8 - Confidentialité et droits de propriété des documents pédagogiques

Le Client est soumis à une obligation de confidentialité concernant tous les documents et informations spécifiés comme confidentiels communiqués à l'occasion de la session, et ce quel que soit leur support. Le Client s'engage à faire respecter cette obligation par tout son personnel et plus généralement à toute personne qu'il a mise en contact avec IFP Training.

Plus précisément, IFP Training remettra aux participants des documents pédagogiques sur tous supports matériels (de manière non limitative : support papier, audio, audiovisuel, informatique ou multimédia).

Toute reproduction, adaptation, modification, représentation ou diffusion, directe ou indirecte, par le Client, sous quelque forme que ce soit, de tout ou partie des documents pédagogiques réalisés par IFP Training et/ou des informations y contenues, à destination de son personnel non participant à la session ou à des tiers, sera soumise à l'autorisation écrite préalable d'IFP Training.

Le Client s'engage à n'effectuer aucune reproduction, adaptation, modification, représentation ou diffusion, sous quelque forme que ce soit, dans le but de commercialiser, d'organiser et réaliser des actions de formation.

## 9 - Travail dissimulé – Sous-traitance

En rapport à la Loi n° 91-1406 en date du 31 décembre 1991 complétée par le Décret du 11 juin 1992, IFP Training garantit que tous les salariés sont employés régulièrement au regard des dispositions du Code du travail. IFP Training garantit qu'il respecte l'ensemble des obligations fiscales et sociales concernant le personnel de formation et qu'il a satisfait aux obligations légales et réglementaires relatives au travail dissimulé et à l'emploi de la main d'œuvre étrangère.

IFP Training peut confier la réalisation d'une partie des prestations à des partenaires qualifiés auquel il imposera les mêmes obligations que celles qui lui incombent au titre des présentes, ainsi que l'obligation de confidentialité.

La sous-traitance ne relève en aucun cas IFP Training de ses obligations et responsabilités au titre des présentes CGV.

## 10 - Force majeure

La Partie empêchée d'exécuter des obligations du fait de la survenance d'un évènement de Force Majeure tel que défini par le Code civil, en avisera sans délai l'autre Partie par tout écrit avec accusé de réception en produisant toutes justifications utiles, et réduira autant que possible les effets dommageables de cette situation. Sont exclus les grèves exclusivement internes à l'une des Parties, les capacités ou moyens de financement de chaque Partie. Les obligations d'une Partie qui seraient affectées par une cause de Force Majeure seront suspendues, sans pénalité, jusqu'à la cessation des effets de cette cause. Chaque Partie supportera la charge de tous les frais qui lui incomberont et qui résulteront de la survenance du cas de force majeure.

En cas de force majeure de plus de trente (30) jours consécutifs, la Partie à laquelle le cas de force majeure est opposé pourra résilier immédiatement et de plein droit la commande sans indemnités.

## 11 - Résiliation

Dans le cas où le Client ne se conformerait pas aux obligations des présentes CGV, IFP Training le mettra en demeure par courrier recommandé avec accusé de réception, d'y satisfaire dans le délai de trente (30) jours suivant sa date d'envoi.

Passé ce délai, si le Client n'a pas satisfait à sa mise en demeure, IFP Training pourra résilier la commande, sans préjudice pour IFP Training de se prévaloir d'éventuels dommages et intérêts.

## 12 - Assurances - Responsabilité

Le Client s'engage à souscrire et à maintenir en état de validité pendant toute la durée de la session, à ses frais toutes les polices d'assurances nécessaires à la couverture des risques, des responsabilités, préjudices directs ou indirects et maladies susceptibles de survenir au(x) Participant(s), auprès des compagnies d'assurance notoirement solvables.

IFP Training s'engage à souscrire à ses frais et à maintenir en état de validité les assurances nécessaires à la couverture des risques susceptibles de survenir à l'occasion de l'exécution des formations.

Chacune des Parties demeure responsable des dommages survenant à ses biens et du préjudice subi à son personnel, quel qu'en soit l'auteur et à l'occasion des Prestations, sauf faute lourde ou manquement délibéré commis par cette Partie ou son personnel au cours de la session. Par ailleurs, en aucun cas, IFP Training ne pourra être déclaré responsable d'un préjudice financier, commercial ou de tout autre nature, causé directement ou indirectement par l'utilisation des informations dispensées dans le cadre des sessions de formation.

## 13 - Dispositions diverses - Litiges

Le Client est réputé avoir pris connaissance de l'ensemble des documents constitutifs de la commande, y compris des présentes CGV. À l'issue de la session de formation et/ou en cas de résiliation, les dispositions des articles 8, 11, 12 et 13 resteront en vigueur.

Les présentes CGV sont soumises à la loi française. Tout différend, non résolu à l'amiable entre les Parties dans le délai d'un (1) mois, et relatif à la validité, l'exécution ou l'interprétation des présentes CGV sera soumis à la compétence du Tribunal de Commerce de Nanterre.



# Bulletin d'inscription (à adresser au centre de formation organisateur)

TITRE DU STAGE : .....

Référence du stage : ..... / .....

Date de session : ..... Lieu de session : .....

## INFORMATIONS DU DEMANDEUR

M.  Mme  NOM : ..... Prénom : .....

Société : ..... Fonction : .....

Adresse : .....

..... Code postal (France) : .....

Ville : ..... État : ..... Pays : .....

Téléphone : ..... Email : .....

## INFORMATIONS DU PARTICIPANT

M.  Mme  NOM : ..... Prénom : .....

Société : ..... Fonction : .....

Adresse : .....

..... Code postal (France) : .....

Ville : ..... État : ..... Pays : .....

Téléphone : ..... Email : .....

## INFORMATIONS DE FACTURATION

M.  Mme  NOM : ..... Prénom : .....

Société : ..... Fonction : .....

Adresse : .....

..... Code postal (France) : .....

Ville : ..... État : ..... Pays : .....

Téléphone : ..... Email : .....

Numéro de TVA intra-communautaire : .....

Bon de commande (si nécessaire) : .....

Pièces demandées avec la facture :

- Feuille d'émargement
- Évaluation de la session par le participant
- Duplicata de la facture
- Autres (préciser) : .....

Cachet et signature

La facture tient lieu de convention simplifiée

Je reconnais avoir pris connaissance et accepter les conditions générales de vente interentreprises d'IFP Training







## Centre de Rueil-Malmaison

### **Siège social**

232, av. Napoléon Bonaparte  
92852 Rueil-Malmaison  
Tel. + 33 (0)1 41 39 12 12

**contact@ifptraining.com**

GPS : 48.8771, 2.1726

## Centre de l'Étang de Berre

Le Bateau Blanc – Bât. C  
Chemin de Paradis  
13500 Martigues  
Tel. + 33 (0)4 42 44 43 00

**rc.martigues@ifptraining.com**

GPS : 43.4066, 5.0459

## Centre de Lyon-Solaize

Rond-point de l'échangeur de Solaize - BP3  
69360 Solaize  
Tel. + 33 (0)4 37 37 68 20

**rc.solaize@ifptraining.com**

GPS : 45.6431, 4.8274

## Centre de Normandie

Immeuble Futura 1  
Rue A. Desgenetais  
76170 Lillebonne  
Tel. + 33 (0)2 35 39 60 77

**rc.lillebonne@ifptraining.com**

GPS : 49.522027, 0.5309

## Centre de Pau

Rue Paul et Henri Courteault  
64000 Pau  
Tel. + 33 (0)5 59 30 49 44

**fp.pau@ifptraining.com**

GPS : 43.3096, -0.3602

## France

*RSI*

Philippe VACHER

**Président Directeur Général**

Tél. + 33 (0)4 76 52 46 00

**philippe.vacher@simulationrsi.net**

## États-Unis

*RSI Simcon Inc.*

Georges HOSTACHE

**Chief Executive Officer**

Tél. + 1 832 448 5900

**georges.hostache@rsisimcon.com**

## Bahreïn

*IFP Training & Consulting Middle-East*

Hervé CHAUVIN

**Directeur**

Mob. +973 3 998 5909

**herve.chauvin@ifptraining.com**

Mohamed SKHIRI

**Responsable Moyen-Orient Raffinage-Chimie**

Mob. +973 3 232 8804

**mohamed.skhiri@ifptraining.com**

## Nigéria

Francis FUSIER

**francis.fusier@ifptraining.com**