



Liberté • Égalité • Fraternité

RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

**MINISTÈRE
DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR
ET DE LA RECHERCHE**

Brevet de technicien supérieur

Moteurs à combustion interne

Mise en œuvre à la rentrée 2016

Sommaire

ANNEXE I –Référentiels du diplôme

ANNEXE I a –Référentiel des activités professionnelles

- 1. Le métier du technicien supérieur moteur à combustion interne**
- 2. Description des activités professionnelles** (page 6) ⇨

ANNEXE I b - Référentiel de certification

- 1. Tableau de correspondance entre les activités professionnelles et les compétences** (page 16) ⇨
- 2. Description des compétences** (page 17) ⇨
- 3. Savoirs associés aux compétences** (page 32) ⇨
- 4. Tableau de correspondance entre les savoirs et les compétences** (page 69) ⇨

ANNEXE I c - Les unités du diplôme (page 70) ⇨

- 1. Conditions d'obtention de dispense des unités**
- 2. Définition des unités professionnelles constitutives du diplôme**

ANNEXE II - Stage en milieu professionnel (page 74) ⇨

ANNEXE III - Grille horaire (page 79) ⇨

ANNEXE IV - Règlement d'examen (page 80) ⇨

ANNEXE V - Définition des épreuves (page 81) ⇨

ANNEXE VI - Tableau de correspondance entre épreuves (page 103) ⇨

ANNEXE VII – Lexique (page 105) ⇨

ANNEXE I – Référentiels du diplôme

ANNEXE I a - Référentiel des activités professionnelles

1. Le métier du technicien supérieur

1.1. La description du champ d'activité

Le brevet de technicien supérieur « moteurs à combustion interne » permet d'accéder aux métiers de recherche et développement, de conception, de mise au point, de validation de concept, de maintenance et d'optimisation de moteurs à combustion interne adaptés à leur environnement d'exploitation technique et réglementaire.

1.2. Le contexte économique

1.2.1. La typologie des entreprises

Le ou la titulaire d'un brevet de technicien supérieur « moteurs à combustion interne », s'insère dans des entreprises de taille variable :

- les constructeurs de véhicules ;
- les équipementiers ;
- les constructeurs de moteurs industriels ;
- les constructeurs de moteurs (véhicules particuliers, véhicules industriels, véhicules de compétition, engins de chantiers et matériels agricoles) ;
- les centres de recherche et de développement ;
- les services de maintenance ;
- les pétroliers et fabricants d'additifs.

1.2.2. Les emplois concernés

Selon la taille de l'entreprise, le ou la titulaire du brevet de technicien supérieur « moteurs à combustion interne » exerce tout ou partie de ses activités en tant que :

- technicien(ne) d'essais bancs (organes, moteurs, groupe motopropulseur, véhicules) ;
- technicien(ne) d'essais sur véhicules ;
- technicien(ne) responsable de maintenance ;
- technicien(ne) de mise au point et calibration des calculateurs ;
- technicien(ne) plateforme réseau ;
- technicien(ne) méthodes et moyens d'essais.

1.2.3. Le champ d'activités professionnelles

Au sein de son entreprise, ses activités consistent à :

- réaliser une campagne d'essais sur un moteur ou un organe moteur ;
- effectuer le traitement, l'analyse et la synthèse des résultats ;
- assurer le maintien opérationnel et le développement des moyens d'essais ;
- effectuer des interventions mécaniques sur un moteur ;
- effectuer la mise au point d'un moteur adapté à son contexte d'utilisation ;
- communiquer.

D'une manière transversale, le ou la titulaire du brevet de technicien supérieur « moteurs à combustion interne » mobilise :

- des compétences techniques dans les domaines :
 - de la thermodynamique,
- de la mécanique des fluides,
 - de la mécanique générale,
 - des mesures physiques,
 - de l'automatique,
 - de la thermique,
 - de la combustion et de la chimie des gaz,
 - de l'énergétique,
 - de l'informatique,
 - de l'électrotechnique,
 - de l'électronique de puissance ;
- des connaissances en organisation d'entreprise ;
- des compétences en communication.

2. Description des activités professionnelles

2.1. Synthèse des tâches professionnelles associées aux activités

Activités professionnelles		Tâches professionnelles	
<u>A1</u>	Réaliser une campagne d'essais sur un moteur ou organe moteur.	A1-T1	Définir les essais.
		A1-T2	Préparer les moyens d'expérimentation.
		A1-T3	Préparer le moteur et/ou ses organes et équipements.
		A1-T4	Conduire et réaliser les essais de caractérisation, de performances, d'endurance et de mise au point.
		A1-T5	Exploiter le matériel d'essais et de mesures.
		A1-T6	Valider les essais.
<u>A2</u>	Effectuer le traitement, l'analyse et la synthèse des résultats.	A2-T1	Paramétrer et exploiter les outils d'analyse et traitement des données.
		A2-T2	Mettre en forme les résultats.
		A2-T3	Analyser et interpréter les résultats.
		A2-T4	Rédiger le compte-rendu d'essais en continu.
		A2-T5	Archiver les données d'essais et le compte-rendu.
<u>A3</u>	Assurer le maintien opérationnel et le développement des moyens d'essais.	A3-T1	Rédiger et faire évoluer les procédures.
		A3-T2	S'assurer de la conformité des moyens d'essais.
		A3-T3	Faire évoluer les moyens d'essais.
<u>A4</u>	Effectuer des interventions mécaniques sur un moteur.	A4-T1	Changer la définition technique d'un moteur.
		A4-T2	Expertiser et maintenir le moteur et ses périphériques.
		A4-T3	Réaliser une métrologie moteur.
<u>A5</u>	Effectuer la mise au point d'un moteur adapté à son contexte d'utilisation.	A5-T1	Construire la calibration initiale.
		A5-T2	Calibrer le moteur adapté à son environnement en stabilisé et en transitoire.
		A5-T3	Valider la robustesse de la calibration.
		A5-T4	Livrer la calibration finale.
<u>A6</u>	Communiquer dans l'environnement professionnel.	A6-T1	Mettre en forme un compte-rendu d'essai.
		A6-T2	Présenter oralement une étude réalisée.
		A6-T3	Développer et mettre à jour le référentiel métier pour assurer la transmission des pratiques.
		A6-T4	Partager des informations au quotidien.
		A6-T5	Communiquer au sein d'un groupe de travail.

2.2. Niveaux d'autonomie et de responsabilité dans l'activité

Dans les fiches de présentation des activités professionnelles suivantes, le niveau d'autonomie peut être défini comme un indicateur de niveau d'intervention et d'implication dans la réalisation de celles-ci par le technicien supérieur « moteurs à combustion interne ». Le niveau qualifie le niveau moyen de l'ensemble des tâches liées à l'activité, certaines tâches peuvent être d'un niveau supérieur ou inférieur, le verbe d'action les décrivant permet de les situer par rapport à ce niveau moyen.

Une échelle à quatre niveaux a été retenue :

Niveau 1 ■ □ □ □ Apprécier une réalisation

Qualifie la mobilisation de compétences permettant de comprendre, par l'intermédiaire d'un exposé ou d'une lecture de dossier, la nature d'une activité ne relevant pas de son champ d'intervention direct et à en interpréter les résultats.

Ce niveau ne suppose en aucune manière, une aptitude à participer à l'activité.

Niveau 2 ■ ■ □ □ Participer à la réalisation

Qualifie la mobilisation de compétences permettant d'assurer une partie restreinte de l'activité au sein et avec l'aide d'une équipe, sous l'autorité d'un chef de projet.

Elle implique de s'informer et de communiquer avec les autres membres de l'équipe.

Niveau 3 ■ ■ ■ □ Réaliser une activité simple

Qualifie la mobilisation de compétences permettant de réaliser, en autonomie, tout ou partie d'une activité pour les situations les plus courantes.

Elle implique :

- une maîtrise, tout au moins partielle des aspects techniques de l'activité ;
- les facultés à s'informer, à communiquer (rendre compte et argumenter) et à s'organiser.

Niveau 4 ■ ■ ■ ■ Réaliser une activité complexe

Qualifie la mobilisation de compétences permettant de maîtriser sur les plans techniques, procéduraux et décisionnels une activité comportant des prises de décisions multiples.

Elle implique :

- la faculté à certifier l'adéquation entre les buts et les résultats ;
- l'animation et l'encadrement d'une équipe ;
- la prise en toute responsabilité de décisions éventuelles ;
- le transfert du savoir.

2.3. Descriptif des activités professionnelles

Activité 1 : réaliser une campagne d'essais sur un moteur ou organe moteur

Description des tâches et des résultats attendus

Réf	Tâches	Descriptif de la tâche
A1-T1	Définir les essais.	<ul style="list-style-type: none"> • Analyser les objectifs de l'essai et anticiper les résultats attendus. • Elaborer les essais en référence avec les procédures ou méthodes (nouvelles ou existantes). • Planifier les essais en tenant compte des disponibilités du matériel. • Prévenir et s'adapter aux aléas éventuels.
RA1-T1	Le plan de test est optimisé (compromis entre la qualité, le coût, les délais et la prestation).	
A1-T2	Préparer les moyens d'expérimentation.	<ul style="list-style-type: none"> • Choisir le moyen d'essai adapté (puissance du frein...), en intégrant la sécurité des personnes et des biens. • Définir et choisir les équipements d'essais : <ul style="list-style-type: none"> ○ matériel de mesure, ○ étendue et précision des mesures, ○ fréquence d'acquisition. • Vérifier les contrôles et les certificats d'étalonnages. • Définir le paramétrage spécifique du moyen d'expérimentation (cycle d'essai, sécurité, affichage, supervision). • S'assurer de la disponibilité des équipements.
RA1-T2	Le moyen d'expérimentation retenu est apte à la réalisation de l'essai, conforme, et respecte la sécurité des personnes et des biens.	
A1-T3	Préparer le moteur et/ou ses organes et équipements.	<ul style="list-style-type: none"> • S'assurer que le moteur a bien la définition technique requise (calage de distribution, caractéristiques injecteurs, aéro-culasse...). • Définir et adapter l'instrumentation.
RA1-T3	Le moteur est prêt et apte à la réalisation de l'essai.	
A1-T4	Conduire et réaliser les essais de caractérisation, de performances, d'endurance et de mise au point.	<ul style="list-style-type: none"> • Effectuer le paramétrage spécifique du moyen d'essais (cycle d'essai). • Mettre en œuvre le moyen d'essai en respectant les procédures. • Anticiper les difficultés, arbitrer la poursuite ou non des essais. • Gérer les priorités et respecter les temps impartis.
RA1-T4	Le moyen d'essais est opérationnel et l'essai est correctement réalisé.	
A1-T5	Exploiter le matériel d'essais et de mesure.	<ul style="list-style-type: none"> • Mettre en œuvre le matériel de mesures et apprécier les écarts enregistrés par rapport aux résultats attendus. • Analyser les causes des écarts et corriger les dysfonctionnements.
RA1-T5	Les équipements de mesure délivrent des résultats cohérents.	
A1-T6	Valider la conformité des essais.	<ul style="list-style-type: none"> • Exploiter les outils de dépouillement. • Vérifier le bon déroulement de l'essai (conditions et programme d'essais respectés, mesures exploitables).
RA1-T6	Les résultats sont conformes et exploitables.	

Conditions de réalisation

- L'environnement

En cellules d'essais, sur pistes, sur routes, en mer, sur sites industriels, ou dans l'environnement d'utilisation du moteur avec des conditions multiples (chaud, froid, en altitude).

En liaison avec le demandeur d'essais interne ou externe, et les services connexes de l'entreprise.

- Les données (ressources)

La demande d'essai.

Les documentations techniques des moteurs et des équipements d'essais.

Les procédures « qualité sécurité environnement » de l'entreprise.

Les protocoles d'essais.

Le contexte réglementaire.

Les documents normatifs.

Les bases de données.

- Les moyens

L'environnement informatique.

L'outillage de mécanique générale.

L'outillage spécifique moteur.

Les équipements de protection individuelle.

Les cellules d'essais.

Le moteur sur véhicule ou le moteur stationnaire.

Niveau d'autonomie dans l'activité : ■ ■ ■ ■

Activité 2 : effectuer le traitement, l'analyse et la synthèse des résultats

Description des tâches et des résultats attendus.

Réf	Tâches	Descriptif de la tâche
A2-T1	Paramétrer et exploiter les outils d'analyse et de traitement des données.	<ul style="list-style-type: none"> Analyser les objectifs de l'essai et anticiper les résultats attendus. Choisir des outils standards et proposer des solutions ou évolutions si nécessaire. Paramétrer et exploiter les outils suivant les procédures existantes ou nouvelles en fonction des résultats attendus.
RA2-T1	Les outils d'analyse et de traitement sont paramétrés pour réaliser le dépouillement des données.	
A2-T2	Mettre en forme les résultats.	<ul style="list-style-type: none"> Organiser les données et les résultats, et les mettre en forme. Mettre en évidence les résultats répondant aux objectifs de l'étude.
RA2-T2	Les données sont organisées et structurées. Les résultats à mettre en évidence sont sélectionnés.	
A2-T3	Analyser et interpréter les résultats.	<ul style="list-style-type: none"> Vérifier et valider la cohérence des mesures et des résultats. Apprécier les écarts enregistrés par rapport aux résultats attendus et phénomènes physiques en jeu. Réorienter si nécessaire le plan d'essai en fonction des résultats obtenus.
RA2-T3	Les mesures sont validées. Les résultats sont interprétés et les phénomènes physiques sont compris. La modification du plan d'essai est définie.	
A2-T4	Rédiger le compte-rendu d'essais en continu.	<ul style="list-style-type: none"> Décrire les objectifs, la procédure et les conditions de l'essai, la définition technique du moteur. Relater les particularités et les difficultés éventuelles. Décrire les phénomènes marquants rencontrés et expliquer les phénomènes physiques associés. Proposer des perspectives visant à faire progresser l'étude et à lever les difficultés.
RA2-T4	Les points essentiels tels que la définition du moteur et de l'essai sont décrits. Les difficultés sont identifiées. Les résultats sont présentés en lien avec les phénomènes physiques. Une proposition d'évolution d'essai est élaborée.	
A2-T5	Archiver les données d'essais et le compte-rendu.	<ul style="list-style-type: none"> Capitaliser le travail et les bonnes pratiques, les données d'essais et les documents rédigés grâce aux outils de sauvegarde dédiés.
RA2-T5	Les données sont archivées et classées suivant les procédures de l'entreprise.	

Conditions de réalisation

- L'environnement

Avec les moyens informatiques de traitement des données.

- Les données

Les mesures et résultats d'essais.

- Les moyens

La base documentaire de l'entreprise (base de données, outils d'analyse, archives...).

Niveau d'autonomie dans l'activité : ■ ■ ■ ■

Activité 3 : assurer le maintien opérationnel et le développement des moyens d'essais

Description des tâches et des résultats attendus

Réf	Tâches	Descriptif de la tâche
A3-T1	Rédiger et faire évoluer les procédures.	<ul style="list-style-type: none">• Définir les procédures d'utilisation des moyens d'essais.• Identifier et mettre à jour les procédures à faire évoluer.
RA3-T1	La procédure d'utilisation des moyens est disponible et à jour dans le respect des bonnes pratiques de l'entreprise.	
A3-T2	S'assurer de la conformité des moyens d'essais.	<ul style="list-style-type: none">• Appliquer le plan de surveillance des appareils de mesure et de régulation des fluides.• Etalonner les appareils de mesure.• Contrôler la fiabilité des mesures.• Détecter et diagnostiquer les dérives et les dysfonctionnements.
RA3-T2	Le suivi des moyens d'essais est assuré. Les appareils de mesure sont étalonnés. Les mesures sont conformes. Les dysfonctionnements sont identifiés.	
A3-T3	Faire évoluer les moyens d'essais.	<ul style="list-style-type: none">• Mettre en évidence les insuffisances des moyens existants (performances, sécurité,...).• Proposer des solutions d'amélioration.
RA3-T3	Les insuffisances sont identifiées. Des pistes d'amélioration sont proposées.	

Conditions de réalisation

• L'environnement

En cellules d'essais, sur pistes, sur routes, en mer, sur sites industriels, ou dans l'environnement d'utilisation du moteur avec des conditions multiples (chaud, froid, en altitude).

En liaison avec les services connexes de l'entreprise.

• Les données (ressources)

Les protocoles d'essais.

Les documentations techniques des moteurs et des équipements d'essais.

Les procédures « qualité sécurité environnement » de l'entreprise.

Le contexte réglementaire.

Les documents normatifs.

• Les moyens

L'environnement informatique.

L'outillage de mécanique générale.

Les équipements de protection individuelle.

Les cellules d'essais.

Les moyens d'étalonnage.

Niveau d'autonomie dans l'activité : ■ ■ ■ □

Activité 4 : effectuer des interventions mécaniques sur un moteur

Description des tâches et résultats attendus

Réf	Tâches	Descriptif de la tâche
A4-T1	Changer la définition technique d'un moteur.	<ul style="list-style-type: none"> • Comparer la définition technique du moteur avec la définition demandée. • Identifier les évolutions à mettre en place. • Remplacer les pièces ne correspondant pas à la définition technique demandée. • Modifier les réglages mécaniques du moteur (calage distribution, jeux aux soupapes...).
RA4-T1	Les écarts dans la définition technique sont identifiés. Les éléments sont remplacés et les réglages réalisés. Le moteur a une définition technique conforme à la demande.	
A4-T2	Expertiser et maintenir le moteur et ses périphériques.	<ul style="list-style-type: none"> • Diagnostiquer l'état mécanique du moteur et de ses périphériques (fonctions des constituants, matières, dimensionnement, usures, encrassement...). • Effectuer les contrôles préventifs, déceler une dérive et interpréter des analyses (huile, carburants, urée ...). • Constaté les avaries, rechercher les causes. • Proposer les actions correctives correspondantes et adapter le plan de maintenance aux contraintes d'exploitation.
RA4-T2	Les écarts entre l'état réel et l'état de référence sont identifiés. Le moteur est maintenu dans son état de référence. Les avaries et leurs causes sont identifiées. Le plan de maintenance est établi et adapté.	
A4-T3	Réaliser une métrologie moteur.	<ul style="list-style-type: none"> • Choisir et utiliser les outils de métrologie adéquats. • Interpréter une mesure (ordre de grandeur, tolérance, justesse, précision...). • Réaliser des constats visuels (endoscopie, contrôle visuel, usures...). • Effectuer des contrôles dimensionnels sur les organes mécaniques (Diamètre du cylindre ou du piston, dépassement du piston, distance piston-culasse, usure de pièces mécaniques...).
RA4-T3	Les outils adéquats ont été mis en œuvre. Les résultats des mesures sont exploitables. Les pièces sont caractérisées.	

Conditions de réalisation

• L'environnement

En atelier, cellules d'essais, sur piste, en mer, sur sites industriels, ou dans l'environnement d'utilisation du moteur avec des conditions multiples (chaud, froid, en altitude).

En liaison avec le demandeur d'essais interne ou externe, et les services connexes de l'entreprise.

• Les données (ressources)

La demande d'essai.

Les documentations techniques des moteurs (en particulier la définition technique du moteur).

Les procédures « qualité sécurité environnement » de l'entreprise.

Les protocoles de mesure.

Le contexte réglementaire et les documents normatifs.

Les bases de données.

• Les moyens

L'environnement informatique.

L'outillage de mécanique générale.

L'outillage spécifique moteur.

L'outillage de métrologie.

Les équipements de protection individuelle.

Le moteur sur véhicule ou le moteur stationnaire.

Niveau d'autonomie dans l'activité : ■ ■ ■ □

Activité 5 : effectuer la mise au point d'un moteur adapté à son contexte d'utilisation

Description des tâches et résultats attendus

Réf	Tâches	Descriptif de la tâche
A5-T1	Construire la calibration initiale.	<ul style="list-style-type: none"> • Définir la liste des calibrations à porter d'une application existante et la liste des calibrations à régler pour tenir compte d'un changement de définition technique ou de contrainte (normes, cibles, préconisations métiers...). • Analyser les spécifications des fonctions mises en jeu en cohérence avec les spécifications de contrôle moteur.
RA5-T1	La calibration initiale est construite et permet de débiter les essais.	
A5-T2	Calibrer le moteur adapté à son environnement en stabilisé et en transitoire.	<ul style="list-style-type: none"> • Définir la liste des campagnes d'essais à mener et les réaliser. • Déterminer les réglages optimum permettant d'atteindre les cibles définies en tenant compte des compromis inter prestations (performances, consommation, pollution, bruit, fumée, régulation, agrément...). • Mettre en cartographie les réglages obtenus en tenant compte des critères de lissage.
RA5-T2	Les compromis de réglages sont optimisés. Les calibrations sont réalisées.	
A5-T3	Valider la robustesse de la calibration.	<ul style="list-style-type: none"> • Vérifier et valider la robustesse des réglages par des essais dans toutes les conditions de fonctionnement, en considérant les dispersions composants et vieillissement...
RA5-T3	La calibration est validée et robuste.	
A5-T4	Livrer la calibration finale.	<ul style="list-style-type: none"> • Justifier le choix des réglages suivant les essais réalisés (rapport d'essais / note technique).
RA5-T4	La calibration est livrée avec le choix des réglages justifié.	

Conditions de réalisation

• L'environnement

Sur table avec environnement informatique.

En cellules d'essais, sur pistes, sur routes, en mer, sur sites industriels, ou dans l'environnement d'utilisation du moteur avec des conditions multiples (chaud, froid, en altitude).

En liaison avec les services connexes de l'entreprise.

• Les données (ressources)

La base de données de gestion de calibration.

Les documentations techniques de contrôles moteurs.

Les protocoles d'essais.

Le contexte réglementaire.

Les documents normatifs.

• Les moyens

L'environnement informatique.

Les calculateurs de développement.

Le logiciel de contrôle moteur.

Les moyens d'acquisition de données.

Les équipements de protection individuelle.

Les moyens d'essais (cellules d'essais, bancs à rouleaux...).

Le moteur sur véhicule ou le moteur stationnaire.

Niveau d'autonomie dans l'activité : ■ ■ ■ □

Activité 6 : communiquer dans l'environnement professionnel

Description des tâches et résultats attendus

Réf	Tâches	Descriptif de la tâche
A6-T1	Mettre en forme un compte-rendu d'essai.	<ul style="list-style-type: none"> • Rédiger le compte-rendu de manière synthétique et structurée, y compris en anglais. • Rédiger une conclusion synthétique.
RA6-T1	Le compte-rendu est structuré et synthétique.	
A6-T2	Présenter oralement une étude réalisée.	<ul style="list-style-type: none"> • Choisir l'outil de communication orale le mieux adapté au sujet traité (diaporama, tableaux interactifs...). • Capter l'attention de l'auditoire. • Sélectionner et développer les points clés. • Conclure. (Tâches pouvant être effectuées en anglais).
RA6-T2	L'auditoire est attentif. La présentation est comprise de tous.	
A6-T3	Développer et mettre à jour le référentiel métier pour assurer la transmission des pratiques.	<ul style="list-style-type: none"> • Rédiger dans le détail les procédures afin qu'elles soient exécutables par un tiers en intégrant le retour d'expérience et les bonnes pratiques (un dossier comportant tous les documents, schémas, descriptifs, dessins, chronogramme permettant de comprendre le référentiel). • Faire connaître et appliquer les évolutions.
RA6-T3	Le référentiel est à jour. Le référentiel est partagé.	
A6-T4	Partager des informations au quotidien.	<ul style="list-style-type: none"> • Choisir et utiliser les moyens de communication les plus adaptés aux informations à transmettre. • S'exprimer et rédiger avec concision en français et en anglais. • Rendre compte.
RA6-T4	Les informations sont communiquées et comprises.	
A6-T5	Communiquer au sein d'un groupe de travail.	<ul style="list-style-type: none"> • Passer des consignes. • Argumenter et être à l'écoute. • Définir son périmètre d'action en prenant en compte celui des partenaires. • Partager compétences et savoirs. • Animer un point technique.
RA6-T5	Le technicien interagit efficacement au sein du groupe de travail.	

Conditions de réalisation

• L'environnement

En salle de réunion.

En cellules d'essais, sur pistes, sur routes, en mer, sur sites industriels, ou dans l'environnement d'utilisation du moteur avec des conditions multiples (chaud, froid, en altitude).

En liaison avec les services internes ou externes, ainsi qu'avec les services connexes de l'entreprise.

• Les moyens

L'environnement informatique et multimédia.

Niveau d'autonomie dans l'activité : ■ ■ ■ □

ANNEXE I b - Référentiel de certification

1. Tableau de correspondance entre les activités professionnelles et les compétences

		Analyser - Concevoir - Organiser - Mettre en œuvre - Communiquer																					
		analyser et interpréter les données	Identifier les phénomènes physiques lors des observations.	Décrire la structure et le fonctionnement d'un système	Décrire la structure et le fonctionnement d'une stratégie	expertiser un moteur	arbitrer/décider	anticiper les actions à mener	Adapter la configuration d'un moteur ou d'un moyen d'essai à son utilisation	Elaborer et structurer une stratégie de essais d'un moteur et de ses paramètres	Faire évoluer le paramétrage des moyens (essais, logiciels, traitement)	Définir un cahier des charges	Côter tout ou partie d'un projet	Choisir les moyens et les méthodes d'essais	Rédiger les procédures	Préparer les équipements	Configurer les équipements	Conduire les essais	Réaliser des opérations mécaniques sur les périphériques et caractériser et calibrer un système en son temps	Rédiger des documents professionnels y compris en anglais	Dialoguer avec un client y compris en anglais	Exposer oralement une étude technique, y compris en anglais	
CAPACITES		ANALYSER							CONCEVOIR				ORGANISER			METTRE EN ŒUVRE - REALISER					COMMUNIQUER		
Activités	Tâches	C1.1	C1.2	C1.3	C1.4	C1.5	C1.6	C1.7	C2.1	C2.2	C2.3	C2.4	C3.1	C3.2	C3.3	C4.1	C4.2	C4.3	C4.4	C4.5	C5.1	C5.2	C5.3
A1	Réaliser une campagne d'essais sur un moteur ou organe moteur	A1-T1	1					3		3		2	3	3									
	A1-T2		1					3			3		2	3		3	3		3				
	A1-T3			2		2			2							3	3		3				
	A1-T4				3			3	3				3				3	3					
	A1-T5	1	2					3											3				
	A1-T6	2																	3				
A2	Effectuer le traitement, l'analyse et la synthèse des résultats	A2-T1	3							3							3						
	A2-T2	3											2										
	A2-T3	3	3				2						2										
	A2-T4		3	2				2											1		3		
	A2-T5												1										
A3	Assurer le maintien opérationnel et le développement des moyens	A3-T1													3						2		
	A3-T2	1														3		2	2				
	A3-T3							1	3		2	3											
A4	Effectuer des interventions mécaniques sur un moteur	A4-T1			3				2							2			3				
	A4-T2		1	3		3													3				
	A4-T3	1		3		3																	
A5	Effectuer la mise au point d'un moteur adapté à son contexte d'utilisation	A5-T1			3			2		3							2			1			
	A5-T2		1					3		3			1				3			3			
	A5-T3	1																		3			
	A5-T4																			2			
A6	Communiquer dans un environnement professionnel	A6-T1			1	1			1												3		
	A6-T2				2	1																1	3
	A6-T3				1	1				2		1			3						3		
	A6-T4								1				2								2	3	
	A6-T5												1									3	2

U4	A2																							A1	Réaliser une campagne d'essais sur un moteur ou organe moteur		
U51	A4																								A2	Effectuer le traitement, l'analyse et la synthèse des résultats	
U52	A1 - A5																								A3	Assurer le maintien opérationnel et le développement des moyens d'essais	
U53	A3																									A4	Effectuer des interventions mécaniques sur un moteur
U6	A1 - A6																									A5	Effectuer la mise au point d'un moteur adapté à son contexte d'utilisation

CAPACITES		ANALYSER							CONCEVOIR				ORGANISER			METTRE EN ŒUVRE - REALISER					COMMUNIQUER		
C1.1	C1.2	C1.3	C1.4	C1.5	C1.6	C1.7	C2.1	C2.2	C2.3	C2.4	C3.1	C3.2	C3.3	C4.1	C4.2	C4.3	C4.4	C4.5	C5.1	C5.2	C5.3		

2. Description des compétences

CAPACITÉ « ANALYSER »	
C1.1	Analyser et interpréter les données.
C1.2	Identifier les phénomènes physiques lors des observations.
C1.3	Décrire la structure et le fonctionnement d'un système.
C1.4	Décrire la structure et le fonctionnement d'une stratégie.
C1.5	Expertiser un moteur.
C1.6	Arbitrer – Décider.
C1.7	Anticiper les actions à mener.
CAPACITÉ « CONCEVOIR »	
C2.1.	Adapter la configuration d'un moteur ou d'un moyen d'essai à son utilisation.
C2.2	Elaborer et structurer une méthodologie d'essais d'un moteur et de ses équipements.
C2.3	Faire évoluer le paramétrage des moyens (essais, calculs, post-traitement).
C2.4	Définir un cahier des charges.
CAPACITÉ « ORGANISER »	
C3.1	Gérer tout ou partie d'un projet.
C3.2	Choisir les moyens et les méthodes d'essais.
C3.3	Rédiger les procédures.
CAPACITÉ « METTRE EN ŒUVRE »	
C4.1	Préparer les équipements.
C4.2	Configurer les équipements.
C4.3	Conduire les essais.
C4.4	Réaliser des opérations mécaniques sur un moteur, ses périphériques et les moyens d'essai.
C4.5	Caractériser et calibrer un système en stabilisé et en transitoire.
CAPACITÉ « COMMUNIQUER »	
C5.1	Rédiger des documents professionnels y compris en anglais.
C5.2	Dialoguer avec une équipe y compris en anglais.
C5.3	Exposer oralement une étude technique y compris en anglais.

CAPACITÉ « ANALYSER »	
C1.1	Analyser et interpréter les données.
C1.2	Identifier les phénomènes physiques lors des observations.
C1.3	Décrire la structure et le fonctionnement d'un système.
C1.4	Décrire la structure et le fonctionnement d'une stratégie.
C1.5	Expertiser un moteur.
C1.6	Arbitrer – Décider.
C1.7	Anticiper les actions à mener.

C1.1 Analyser et interpréter les données

Idee générale : le technicien doit réunir les données nécessaires à l'analyse, vérifier leur cohérence et leur plausibilité, les mettre en forme, et leur donner du sens.

Données	Compétences détaillées	Indicateurs de performance	Savoirs associés
<ul style="list-style-type: none"> • Cahier des charges avec les objectifs de prestation à atteindre (performance). • Résultats de l'essai, des calculs ou de la simulation, objets de l'analyse. • Base de données : <ul style="list-style-type: none"> ○ tableaux de résultats d'essai, de calculs ou de simulation ; ○ courbes ; ○ graphiques. • Normes et documents techniques. • Outils de traitement et de dépouillement d'essais. • Outils d'optimisation. • Logiciel de simulation. 	<ul style="list-style-type: none"> • Collecter, classer et organiser les données. • Vérifier la cohérence des données : unité, ordre de grandeur. • Mettre en forme les données pour les rendre facilement exploitables. • Calculer les grandeurs complémentaires pour pouvoir réaliser et / ou approfondir l'analyse. 	<ul style="list-style-type: none"> • Les données retenues parmi celles disponibles répondent au CdC. • Les unités et ordres de grandeur correspondent aux données retenues. • La facilité d'exploitation des données est mise en évidence. • Les valeurs calculées sont pertinentes, les calculs sont justes avec les unités appropriées. 	S2.1.1 S2.2 S4 S6 S7.6 S7.8
	<ul style="list-style-type: none"> • Choisir un outil de dépouillement, de post-traitement, de simulation, d'optimisation le mieux adapté parmi ceux disponibles. • Utiliser un outil logiciel de traitement des données. • Formuler une demande de modification des fonctionnalités de l'outil : macros, automatisation des graphes... 	<ul style="list-style-type: none"> • L'outil retenu dispose des fonctionnalités nécessaires pour permettre de mener à bien l'analyse : types de graphiques, algorithmes de calcul, macro-commandes... • Le paramétrage et l'utilisation de l'outil permettent l'exploitation de l'ensemble des données sélectionnées. • La demande de modification correspond au besoin, et elle est clairement exprimée. 	
	<ul style="list-style-type: none"> • Commenter, interpréter et justifier l'évolution des valeurs, des courbes. • Valider la cohérence des résultats obtenus par rapport aux CdC, aux connaissances capitalisées et aux normes. • Chiffrer et apprécier les écarts. • Comparer les résultats obtenus aux objectifs puis conclure. 	<ul style="list-style-type: none"> • La lecture, l'interprétation et la justification des évolutions sont justes, cohérentes et s'appuient sur les lois physiques. • Les ordres de grandeurs correspondent aux valeurs connues et attendues. • Le chiffrage de l'écart absolu permet de déterminer si l'écart est significatif compte tenu des incertitudes de mesures et du respect des conditions d'essais. • La comparaison permet une conclusion valide au regard du cahier des charges. 	

--	--	--	--

C1.2 Identifier les phénomènes physiques lors des observations

Idée générale : le technicien peut associer le comportement d'un système, d'un résultat d'essai, d'une stratégie de commande, aux connaissances théoriques de la physique.

Données	Compétences détaillées	Indicateurs de performance	Savoirs associés
<ul style="list-style-type: none"> • Système technologique. • Acquisitions, courbes. • Cahier des charges du moteur et prestations. • Situations de vie rencontrées en fonctionnement (qualité de carburant, conditions d'utilisations physiques...). • Conditions climatiques rencontrées en fonctionnement. • Documentation. 	<ul style="list-style-type: none"> • Associer une stratégie de contrôle moteur à une loi physique. 	<ul style="list-style-type: none"> • la loi physique associée au modèle utilisé dans la stratégie de contrôle moteur est identifiée et décrite. 	S2 S4 S5.4 S6 S7.1
	<ul style="list-style-type: none"> • Modéliser un phénomène simple à l'aide de principes physiques. • Choisir et paramétrer une modélisation multi physique. 	<ul style="list-style-type: none"> • La proposition de modélisation prend en compte les hypothèses et les phénomènes physiques déterminants pour le niveau retenu. • Le choix du modèle et le paramétrage sont adaptés aux phénomènes physiques. 	
	<ul style="list-style-type: none"> • Justifier les comportements observés à l'aide des lois : <ul style="list-style-type: none"> ○ de la mécanique ; ○ de la mécanique des fluides ; ○ de la chimie ; ○ de l'électricité ; ○ de la thermodynamique ; ○ de la thermique... 	<ul style="list-style-type: none"> • Une analyse critique des écarts entre le modèle théorique et le réel est réalisée. 	

C1.3 Décrire la structure et le fonctionnement d'un système

Idée générale : le technicien doit pouvoir décrire le fonctionnement d'un système pluri technique, à l'aide de textes, schémas, graphes... Cette description est réalisée dans un objectif d'élaboration de notes de synthèse, de présentations formelles (réunion de synthèse) ou informelles (point journalier...).

Données	Compétences détaillées	Indicateurs de performance	Savoirs associés
<ul style="list-style-type: none"> • Documentation technique : <ul style="list-style-type: none"> ○ architecture système ; ○ plan, dessin ; ○ maquette numérique ; ○ schémas ; ○ mémentos... • Système ou sous-système. • Outils de modélisation numérique. 	<ul style="list-style-type: none"> • Décrire le fonctionnement global d'un système ou sous-système. • Définir les lois entrées – sorties. • Identifier les éléments constitutifs. • Identifier la fonction de chaque élément. • Décoder un document technique. • Schématiser de façon normalisée un système ou un circuit. 	<ul style="list-style-type: none"> • La fonction globale est bien identifiée et clairement décrite avec le vocabulaire technique adéquat. • Les flux et fonctions de transfert sont identifiés et caractérisés. • Tous les éléments sont identifiés et nommés. • La fonction de chaque élément est bien identifiée. • Le document technique (sous toutes ses formes, y compris maquettes numériques) est compris. • Les règles de normalisation et de représentation sont respectées. 	<p>S1.1 S1.3 S2.1 S3.1.1 S3.1.2</p>

C1.4 Décrire la structure et le fonctionnement d'une stratégie.

Idée générale : le technicien doit pouvoir décrire le fonctionnement d'une stratégie de contrôle moteur, à l'aide de texte, schémas, graphes... Cette description est réalisée dans un objectif d'élaboration de notes de synthèse, de présentations formelles (réunion de synthèse) ou informelles (point journalier...).

Données	Compétences détaillées	Indicateurs de performance	Savoirs associés
<ul style="list-style-type: none"> • Documentation technique : <ul style="list-style-type: none"> ○ spécifications contrôle moteur ; ○ architecture système ; ○ maquette numérique ; ○ schémas ; ○ mémentos... • Système ou sous-système. • Outils de modélisation numérique. 	<ul style="list-style-type: none"> • Décrire une stratégie de contrôle moteur à partir des spécifications. • Transcrire une fonction simple en schéma-bloc dans un logiciel approprié. • Décoder les schémas- blocs (entrée, sortie, opération réalisée). • Exprimer la grandeur de sortie à partir des variables d'entrée et des calculs intermédiaires. 	<ul style="list-style-type: none"> • Le décryptage des éléments de la stratégie permet de comprendre le fonctionnement. • Le schéma réalisé décrit fidèlement la fonction. • Les opérateurs utilisés sont identifiés. • La mise en équation permet de vérifier la valeur de sortie pour des valeurs d'entrée et des conditions données. 	<p>S.4 S.5</p>

C1.5 Expertiser un moteur			
Idée générale : le technicien MCI est un expert moteur. Il peut démonter et remonter un moteur dans les règles définies par le constructeur. Il peut effectuer la métrologie dimensionnelle et géométrique des éléments du moteur, ainsi que leur cotation qualitative.			
Données	Compétences détaillées	Indicateurs de performance	Savoirs associés
<ul style="list-style-type: none"> • Un moteur. • Un « périphérique moteur ». • Un organe. • Une documentation technique du moteur (cahier de montage et nomenclature). • Carnets, gammes de maintenance, carnet de bord historique moteur. • Outillage général et spécifique. • Matériels de contrôle et de mesure avec leurs caractéristiques (précision, justesse...). • Résultats d'analyse (huile, carburant...). • Procédure qualité et environnement. 	<ul style="list-style-type: none"> • Apprécier visuellement l'état des pièces. • Choisir l'appareil de mesure le mieux adapté. • Vérifier la conformité géométrique et dimensionnelle. 	<ul style="list-style-type: none"> • Les éléments détériorés sont identifiés. • Le choix du matériel de mesure est judicieux parmi ceux disponibles. • La méthodologie, les procédures et les conditions de mesure y compris l'étalonnage, sont respectées et fournissent un résultat fiable. 	<p>S3.1.1</p> <p>S3.1.3</p> <p>S3.2</p> <p>S3.3</p> <p>S4.3</p>
	<ul style="list-style-type: none"> • Analyser et interpréter les mesures physico chimiques d'un fluide. • Conclure sur l'état de l'élément mesuré. 	<ul style="list-style-type: none"> • Identifier l'origine d'une défaillance éventuelle. 	
	<ul style="list-style-type: none"> • Proposer une action corrective. 		

C1.6 Arbitrer - Décider

Idée générale : le technicien porte un jugement argumenté sur les résultats d'un essai ou un évènement et prend une décision quant à la suite à donner : réglages, modifications...

Données	Compétences détaillées	Indicateurs de performance	Savoirs associés
<ul style="list-style-type: none"> • Résultats d'essais, analyse et interprétation des essais. • Cahier des charges. • Disponibilité matériel et moyen d'essai. • Notice et limites de fonctionnement du moteur et des installations. • Planning d'essais et du projet. • Standards de sécurité et procédure d'essais et de calibration. • Données de contrôle et de métrologie. 	<ul style="list-style-type: none"> • Poursuivre, réorienter ou arrêter un essai ou une campagne d'essais. 	<ul style="list-style-type: none"> • Le choix est argumenté et étayé par différents paramètres tels que les résultats, le délai, le coût, la faisabilité, la sécurité des personnes et des biens. • La décision est justifiée techniquement et économiquement. 	S6.2 S6.3 S6.5 S7.8
	<ul style="list-style-type: none"> • Décider de renouveler un essai pour infirmer ou confirmer un résultat. 	<ul style="list-style-type: none"> • Le choix ou le compromis de réglage est pertinent dans le respect du cahier des charges, ou du meilleur compromis inter-prestations, ou oriente vers une modification ou dérogation. 	
	<ul style="list-style-type: none"> • Choisir un optimum ou un compromis de réglage au regard du cahier des charges (agrément, performance, pollution, démarrage, robustesse ...). 		

C1.7 Anticiper les actions à mener

Idée générale : le technicien est capable de proposer et / ou de mener des actions anticipées, correctives ou innovantes, en fonction des résultats d'essai ou de tout autre élément déterminant.

Données	Compétences détaillées	Indicateurs de performance	Savoirs associés
<ul style="list-style-type: none"> • Valeurs brutes mesurées. • Calibration à adapter sur un nouveau moteur. • Loi de commande et set de calibration. • Résultats d'essai dépouillés. • Cahier des charges des essais (allocations, contraintes diverses) en regard des prestations à fournir. • Appareils de mesures. • Documentations techniques : <ul style="list-style-type: none"> ○ influence du vieillissement des pièces sur les prestations ; ○ normes antipollution et sécuritaires et procédures d'essais. 	<ul style="list-style-type: none"> • Prédire l'influence des modifications en termes d'architecture, de calibration, de fluides sur le déroulement de l'essai et les prestations attendues. 	<ul style="list-style-type: none"> • Les facteurs d'influence sont identifiés. • L'impact des modifications opérées est estimé. • Les conséquences des impacts sont prises en compte dans le déroulement de l'essai. 	S5.4 S6 S7.3 S7.4.1 S7.5.1 S7.8.2
	<ul style="list-style-type: none"> • Prendre les mesures permettant la sauvegarde de l'utilisateur, du moyen d'essai, du matériel et du support d'essai. 	<ul style="list-style-type: none"> • Les décisions sont prises pour respecter les conditions de sécurité des biens et des personnes. 	
	<ul style="list-style-type: none"> • Prévoir, adapter les contrôles préventifs pour déceler des dérives ou des ruptures d'organes et de moyens d'essai. 	<ul style="list-style-type: none"> • Les contrôles préventifs et corrections proposés permettent d'éviter les dérives ou les ruptures. 	

CAPACITÉ « CONCEVOIR »	
C2.1	Adapter la configuration d'un moteur ou d'un moyen d'essai à son utilisation.
C2.2	Elaborer et structurer une méthodologie d'essais d'un moteur et de ses équipements.
C2.3	Faire évoluer le paramétrage des moyens (essais, calculs, post-traitement).
C2.4	Définir un cahier des charges.

C2.1 Adapter la configuration d'un moteur ou d'un moyen d'essai à son utilisation

Idée générale : le technicien doit être capable de modifier la configuration d'un moteur et de ses équipements, ou d'un moyen d'essai, pour répondre aux contraintes d'un environnement d'utilisation.
Exemples : Circuit de refroidissement, ligne d'échappement, faisceaux électriques, filtrations, groupe hydraulique...

Données	Compétences détaillées	Indicateurs de performance	Savoirs associés
<ul style="list-style-type: none"> •Le cahier des charges de l'utilisation et de l'environnement. •Normes d'environnement et sécurité. •Les caractéristiques techniques du moteur, du contrôle moteur. •Les outils de calculs. •Moyens de simulation, de programmation. •Base de données. 	<ul style="list-style-type: none"> •Décoder le cahier des charges. 	<ul style="list-style-type: none"> •Les critères fonctionnels et technologiques du cahier des charges sont compris. 	S1.1
	<ul style="list-style-type: none"> •Modifier tout ou partie d'un modèle numérique existant. 	<ul style="list-style-type: none"> •La maquette numérique est fidèle au système réel. 	S1.2 S1.3
	<ul style="list-style-type: none"> •Concevoir la nouvelle configuration. 	<ul style="list-style-type: none"> •La solution proposée est adaptée techniquement et économiquement à la modification de configuration demandée. 	S2 sauf S2.2.8 S4 sauf S4.6
	<ul style="list-style-type: none"> •Produire le document de définition de la solution adoptée. 	<ul style="list-style-type: none"> •Le document décrit de manière exploitable la solution choisie. 	S3 sauf S3.1.3

C2.2 Elaborer et structurer une méthodologie d'essais d'un moteur et de ses équipements

Idée générale : Il s'agit de concevoir les différentes phases nécessaires à la mise au point d'un moteur et de ses équipements (notamment la calibration).

Données	Compétences détaillées	Indicateurs de performance	Savoirs associés
<ul style="list-style-type: none"> •Cahier des charges (performances, normes, pollution ...). •Le document de spécification du contrôle moteur. •Le logiciel de contrôle moteur. •Les calibrations existantes. •Caractéristiques du support et du moyen d'essai. 	<ul style="list-style-type: none"> •Décoder les fonctions des calibrations existantes. 	<ul style="list-style-type: none"> •Les fonctions de calibration et les variables d'entrée et de sortie sont identifiées. 	S4 S5 S7.2 S7.3
	<ul style="list-style-type: none"> •Choisir les fonctions adaptées à la calibration à construire. 	<ul style="list-style-type: none"> •Les fonctions de calibration choisies répondent au cahier des charges. 	
	<ul style="list-style-type: none"> •Construire une calibration initiale. 	<ul style="list-style-type: none"> •La calibration est correctement construite et permet le fonctionnement du moteur. 	
	<ul style="list-style-type: none"> •Structurer un ordre logique et raisonné des essais à effectuer. 	<ul style="list-style-type: none"> •L'ordre choisi tient compte des contraintes du CdC et des prérequis pour chaque étape. •L'ordre choisi permet de minimiser le nombre d'essais. 	

C2.3 Faire évoluer le paramétrage des moyens (essais, calculs, post-traitement)

Idée générale : il s'agit de modifier et paramétrer les moyens logiciels, éventuellement d'ajouter des fonctions complémentaires.

Données	Compétences détaillées	Indicateurs de performance	Savoirs associés
<ul style="list-style-type: none">• L'outil ou le logiciel existant.• Le nouveau cahier des charges (nouvelles consignes liées à l'évolution).	<ul style="list-style-type: none">• Identifier le besoin d'évolution.	<ul style="list-style-type: none">• La fonction à réaliser est clairement définie.	S7.1 S7.2
	<ul style="list-style-type: none">• Modifier et adapter l'exploitation du logiciel.	<ul style="list-style-type: none">• Les modifications des fonctions internes au logiciel sont opérationnelles et validées.	S7.3.1 S7.3.2 S7.4.3 S7.5.3 S7.8.3

C2.4 Définir un cahier des charges

Idée générale : Il s'agit de lister, de caractériser, les objectifs et les contraintes pour élaborer le cahier des charges.

Données	Compétences détaillées	Indicateurs de performance	Savoirs associés
<ul style="list-style-type: none">• La demande du client.• Les études similaires précédentes.• Les normes et réglementations en matière de sécurité et d'environnement.• Le besoin et les conditions d'utilisation.	<ul style="list-style-type: none">• Analyser, formuler (ou reformuler) le besoin d'un client.	<ul style="list-style-type: none">• L'énoncé du besoin est exact, clair et précis.	S1.1 S1.2 S4 S8.3
	<ul style="list-style-type: none">• Rédiger tout ou partie du cahier des charges fonctionnel.	<ul style="list-style-type: none">• Les différentes fonctions de service du produit sont identifiées et hiérarchisées.• Les contraintes réglementaires et normatives y compris celles liées aux homologations sont identifiées.• Les critères, les niveaux d'acceptation et la flexibilité associés aux fonctions sont identifiés.	

CAPACITÉ « ORGANISER »**C3.1** Gérer tout ou partie d'un projet.**C3.2** Choisir les moyens et les méthodes d'essais.**C3.3** Rédiger les procédures.**C3.1 Gérer tout ou partie d'un projet**

Idée générale : Le technicien supérieur s'inscrit temporellement dans le projet, participe aux différentes actions et à l'élaboration du planning. Capable d'anticiper, il contribue à maintenir ou améliorer l'efficacité de l'organisation.

Données	Compétences détaillées	Indicateurs de performance	Savoirs associés
<ul style="list-style-type: none"> • Cahier des charges • Ressources humaines et techniques (disponibilités). • Outils de gestion de projets. • Procédures, méthodologie et bonnes pratiques de l'entreprise. • Bases de données. 	<ul style="list-style-type: none"> • Planifier un projet en tenant compte des ressources humaines et de la disponibilité du matériel. • Identifier les tâches critiques (points-clés de l'avancement du projet). 	<ul style="list-style-type: none"> • Le projet est positionné dans l'organisation de l'entreprise à l'aide d'un outil de gestion de projet en tenant compte de l'échéance et des différents jalons. • Le chemin critique du projet est identifié. 	S7.4 S7.5
	<ul style="list-style-type: none"> • Assurer le pilotage de tout ou partie de la phase opérationnelle du projet. 	<ul style="list-style-type: none"> • Les bilans d'étapes sont réalisés. • Les dérives sont repérées. • Les mesures correctives sont effectuées. • Le planning est régulièrement actualisé. 	S7.6 S7.7 S7.8.4 S8.2
	<ul style="list-style-type: none"> • Etablir un bilan critique du projet. 	<ul style="list-style-type: none"> • Les résultats obtenus sur les objectifs et la qualité de l'accompagnement du projet sont évalués. • Le retour d'expérience et les bonnes pratiques sont capitalisés. 	S8.3

C3.2 Choisir les moyens et les méthodes d'essais

Idée générale : Il s'agit de choisir, sur des critères techniques, les moyens et les méthodes juste nécessaires pour répondre à la demande d'essai.

Données	Compétences détaillées	Indicateurs de performance	Savoirs associés
<ul style="list-style-type: none"> • Demande d'essai. • Cahier des charges. • Inventaire des moyens d'essais avec la documentation technique. • Inventaire des méthodes. • Définition technique du moteur ou de l'organe. • Coûts d'utilisation des moyens d'essais. 	<ul style="list-style-type: none"> • Analyser la demande d'essais. 	<ul style="list-style-type: none"> • La demande est bien comprise. 	S7.1.2
	<ul style="list-style-type: none"> • Identifier les méthodes d'essais les mieux adaptées. 	<ul style="list-style-type: none"> • Les méthodes sélectionnées répondent à l'objectif. 	S7.1.4 S7.1.5 S7.2.4
	<ul style="list-style-type: none"> • Identifier les moyens d'essais les mieux adaptés. 	<ul style="list-style-type: none"> • Les moyens sélectionnés répondent à l'objectif. 	S7.3.2 S7.4
	<ul style="list-style-type: none"> • Choisir la méthode et les moyens. 	<ul style="list-style-type: none"> • La méthode et les moyens choisis permettent la réalisation efficace de l'essai. 	S7.5.1 S7.5.2

C3.3 Rédiger les procédures

Idée générale : Il s'agit de rédiger un document organisant les tâches d'exploitation du système de façon à guider l'opérateur.

Données	Compétences détaillées	Indicateurs de performance	Savoirs associés
<ul style="list-style-type: none"> • Les tâches à effectuer. • Une procédure initiale validée. 	<ul style="list-style-type: none"> • Identifier les contraintes. 	<ul style="list-style-type: none"> • Les contraintes techniques, réglementaires et de sécurité sont prises en compte. 	S1.1.1 S8.3
	<ul style="list-style-type: none"> • Organiser de manière chronologique les tâches. 	<ul style="list-style-type: none"> • Les contraintes d'antériorité sont identifiées et prises en compte. 	
	<ul style="list-style-type: none"> • Rédiger, ou modifier une procédure existante, à partir du retour d'expérience. 	<ul style="list-style-type: none"> • La procédure rédigée respecte le standard de l'entreprise, améliore l'exploitation du système et est validée. 	

CAPACITÉ « METTRE EN ŒUVRE »	
C4.1	Préparer les équipements.
C4.2	Configurer les équipements.
C4.3	Conduire les essais.
C4.4	Réaliser des opérations mécaniques sur un moteur, ses périphériques et les moyens d'essai.
C4.5	Caractériser et calibrer un système en stabilisé et en transitoire.

C4.1 Préparer les équipements			
Idée générale : Il s'agit de préparer les équipements d'essai et d'assembler le système selon la définition technique, de l'instrumenter et de l'installer sur le moyen d'essai.			
Données	Compétences détaillées	Indicateurs de performance	Savoirs associés
<ul style="list-style-type: none"> • Demande d'essai. • Équipements (moyen d'essai et/ou support d'essai). • Système et son dossier technique. • Outillages. • Gammes d'assemblages. • Équipements de protection. • Normes et règlements. 	<ul style="list-style-type: none"> • Décoder un document technique pour implanter et régler des équipements. 	<ul style="list-style-type: none"> • L'identification des éléments est effectuée et les points d'implantations sont repérés. • Les règles d'implantation sont bien comprises. 	S1.1.1 S3.1.3 S3.3.2 S4 S7.1 S7.4.3 S7.4.1 S7.5.1 S7.6.1 S7.7
	<ul style="list-style-type: none"> • Réaliser l'assemblage : <ul style="list-style-type: none"> ○ moteur et organe (monter une pièce spécifique, instrumenter, maquetter, aligner...); ○ équipements du moyen d'essai (appareils de mesure, servitudes...). 	<ul style="list-style-type: none"> • Les procédés d'assemblage sont mis en œuvre. • Les règles d'implantation et de réglage ont été respectées. • La fonctionnalité des équipements et de l'instrumentation est validée. 	
	<ul style="list-style-type: none"> • Identifier les risques pour les personnes et les biens. 	<ul style="list-style-type: none"> • Les risques sont clairement identifiés et les mesures préventives sont mises en œuvre pour les minimiser. 	

C4.2 Configurer les équipements

Idée générale : Il s'agit de paramétrer le moyen d'essai et les outils d'analyse.

Données	Compétences détaillées	Indicateurs de performance	Savoirs associés
<ul style="list-style-type: none"> • La demande d'essai. • Les moyens : <ul style="list-style-type: none"> • d'essai ; • de mesure ; • de traitement des données. • Les documentations techniques des moyens précédents. • Les protocoles de configuration des moyens précédents. • Les procédures « qualité sécurité environnement » de l'entreprise. • Les bases de données (caractéristiques moteurs, cartographie, cycles...). 	<ul style="list-style-type: none"> • Effectuer le paramétrage spécifique du moyen d'essai et de mesure (cycle d'essai, sécurités, affichages, chargement de la cartographie, voies de mesure et fréquence d'acquisition...). 	<ul style="list-style-type: none"> • La configuration du moyen d'essai et de mesure est conforme à la demande d'essai, aux protocoles et procédures. 	S5.3 S5.4 S7.1
	<ul style="list-style-type: none"> • Paramétrer les outils d'analyse et de traitement des données suivant les procédures existantes (ou nouvelles) en fonction des résultats attendus. 	<ul style="list-style-type: none"> • La configuration des outils d'analyse et de traitement des données est conforme à la demande d'essai, aux protocoles et procédures. 	S7.2.3 S7.3 S7.4 S7.5 S7.6 S7.7 S7.8.3

C4.3 Conduire les essais

Idée générale : Il s'agit de maîtriser l'utilisation d'un banc d'essai et de superviser l'essai en cours.

Données	Compétences détaillées	Indicateurs de performance	Savoirs associés
<ul style="list-style-type: none"> • La demande d'essai. • Les documentations techniques des moteurs et des équipements d'essais. • Les procédures « qualité sécurité environnement » de l'entreprise. • La méthodologie d'essais. 	<ul style="list-style-type: none"> • Exploiter le matériel d'essais et de mesure afin de conduire l'essai dans le respect : <ul style="list-style-type: none"> ○ de la demande d'essai ; ○ de la méthodologie d'essai ; ○ des procédures « qualité sécurité environnement ». 	<ul style="list-style-type: none"> • L'essai est réalisé conformément à la demande. • La méthodologie d'essai et les procédures « qualité sécurité environnement » sont respectées. 	S7.1 S7.2.3 S7.4 S7.5 S7.6
	<ul style="list-style-type: none"> • Apprécier le comportement du matériel d'essai par rapport au comportement attendu. 	<ul style="list-style-type: none"> • Les dysfonctionnements éventuels sont identifiés. 	S7.7 S6.2.2 S6.2.3
	<ul style="list-style-type: none"> • Apprécier la conformité de l'essai par l'analyse des résultats obtenus (cohérence des valeurs et des évolutions par rapport aux ordres de grandeurs et sens de variation attendus). 	<ul style="list-style-type: none"> • La validation de la conformité de l'essai est justifiée et argumentée. 	S6.3.2 S6.5 S7

C4.4 Réaliser des opérations mécaniques sur un moteur, ses périphériques et les moyens d'essai

Idée générale : Il s'agit d'être en capacité d'effectuer des interventions mécaniques ou des opérations de maintenance sur un moteur ou des moyens d'essai, (expertise, changement de définition, changement d'organe et de périphérique).

Données	Compétences détaillées	Indicateurs de performance	Savoirs associés
<ul style="list-style-type: none"> •Le moteur et ses périphériques. •L'outillage spécifique. •La demande d'essai. •Les documentations techniques des moteurs (en particulier la définition technique du moteur). •Les procédures « qualité sécurité environnement » de l'entreprise. •Le contexte réglementaire. •Les documents normatifs. •L'environnement informatique. •Les cellules d'essais. •Les moyens d'étalonnage. •Le plan de surveillance. 	<ul style="list-style-type: none"> •Démonter et remonter un moteur avec ses périphériques : <ul style="list-style-type: none"> ○ remplacer les pièces ne correspondant pas à la définition technique demandée ; ○ réaliser les réglages mécaniques du moteur (calage distribution, jeux aux soupapes...). 	<ul style="list-style-type: none"> •Les opérations mécaniques assurant le remplacement des éléments et les réglages nécessaires sont réalisées « dans les règles de l'art » conformément à la définition technique demandée. 	S1.1 S1.2 S3.1.1 S3.1.3 S3.3.2 S4 S7.1 S7.2.3
	<ul style="list-style-type: none"> •Appliquer le plan de maintenance préventive. •Détecer et diagnostiquer les dérives et les dysfonctionnements. 	<ul style="list-style-type: none"> •La procédure de maintenance préventive est respectée. •Les dysfonctionnements sont identifiés et les actions correctives mises en place. 	

C4.5 Caractériser et calibrer un système en stabilisé et en transitoire

Idée générale : Il s'agit de réaliser les réglages d'un moteur ou d'un système connexe, adapté à son contexte d'utilisation pour répondre au compromis inter prestations

Données	Compétences détaillées	Indicateurs de performance	Savoirs associés
<ul style="list-style-type: none"> •Le cahier des charges de l'essai avec les réponses à observer. •La base de données de gestion de calibration. •Les documentations techniques de contrôles moteurs. •La méthodologie d'essais. •Le contexte réglementaire. •Les documents normatifs. •L'environnement informatique. •Les calculateurs de développement. •Le logiciel de contrôle moteur. 	<ul style="list-style-type: none"> •Définir les balayages de paramètres influents. 	<ul style="list-style-type: none"> •Les paramètres influents sont identifiés et correctement bornés par rapport au comportement du système. •Les pas de variation sont adaptés au comportement du système. 	S5.4 S7.2.3 S7.3.3 S7.4 S7.5 S7.8.1 S7.8.2
	<ul style="list-style-type: none"> •Mettre en cartographies les réglages obtenus 	<ul style="list-style-type: none"> •Les cartographies sont réalisées en tenant compte des critères de lissage. 	
	<ul style="list-style-type: none"> •Valider la robustesse de la calibration. 	<ul style="list-style-type: none"> •La calibration est validée, robuste et respecte les compromis inter prestations. 	

CAPACITÉ « COMMUNIQUER »

C5.1	Rédiger des documents professionnels y compris en anglais.
C5.2	Dialoguer avec une équipe y compris en anglais.
C5.3	Exposer oralement une étude technique y compris en anglais.

C5.1 Rédiger des documents professionnels y compris en anglais

Idée générale : Il s'agit de produire ou de compléter un document en utilisant le vocabulaire technique approprié et les outils descripteurs les mieux adaptés

Données	Compétences détaillées	Indicateurs de performance	Savoirs associés
<ul style="list-style-type: none"> •Objet à formaliser (informations sources). •Charte entreprise. •Lexique. •Dictionnaire. •Logiciels bureautiques. •Outils descripteurs. 	•Prendre des notes.	•Les points clés sont identifiés et notés.	S1.1.1 S8.3
	•Hiérarchiser les éléments à formaliser.	•Les points clés sont hiérarchisés.	
	•Rédiger un document.	<ul style="list-style-type: none"> •Le document est clair, synthétique et facile de lecture. •Le vocabulaire et les expressions utilisés sont corrects. •Les outils descripteurs utilisés sont adaptés. •Les logiciels de rédaction sont correctement exploités. 	

C5.2 Dialoguer avec une équipe y compris en anglais

Idée générale : Il s'agit de participer à des discussions, débats, échanges, réunions de concertation pour transmettre et recevoir des informations.

Données	Compétences détaillées	Indicateurs de performance	Savoirs associés
<ul style="list-style-type: none"> •Equipements médias •Interlocuteurs. •Base de données. •Règles de confidentialité de l'entreprise. •Dictionnaire. 	•Prendre en compte les arguments et propositions.	•Les arguments et propositions sont pris en compte.	S1.1.1 S8.1 S8.2
	•Transmettre des informations.	•Les informations sont transmises fidèlement à l'interlocuteur.	
	•Choisir le moyen de communication adapté.	•Le choix de la stratégie et le support de communication sont adaptés à la situation.	
	•Echanger directement avec une personne ou un groupe en développant son point de vue.	<ul style="list-style-type: none"> •Le niveau de langage est adapté aux interlocuteurs. •Les règles d'usage et la bienséance sont respectées. •Le point de vue est argumenté. 	

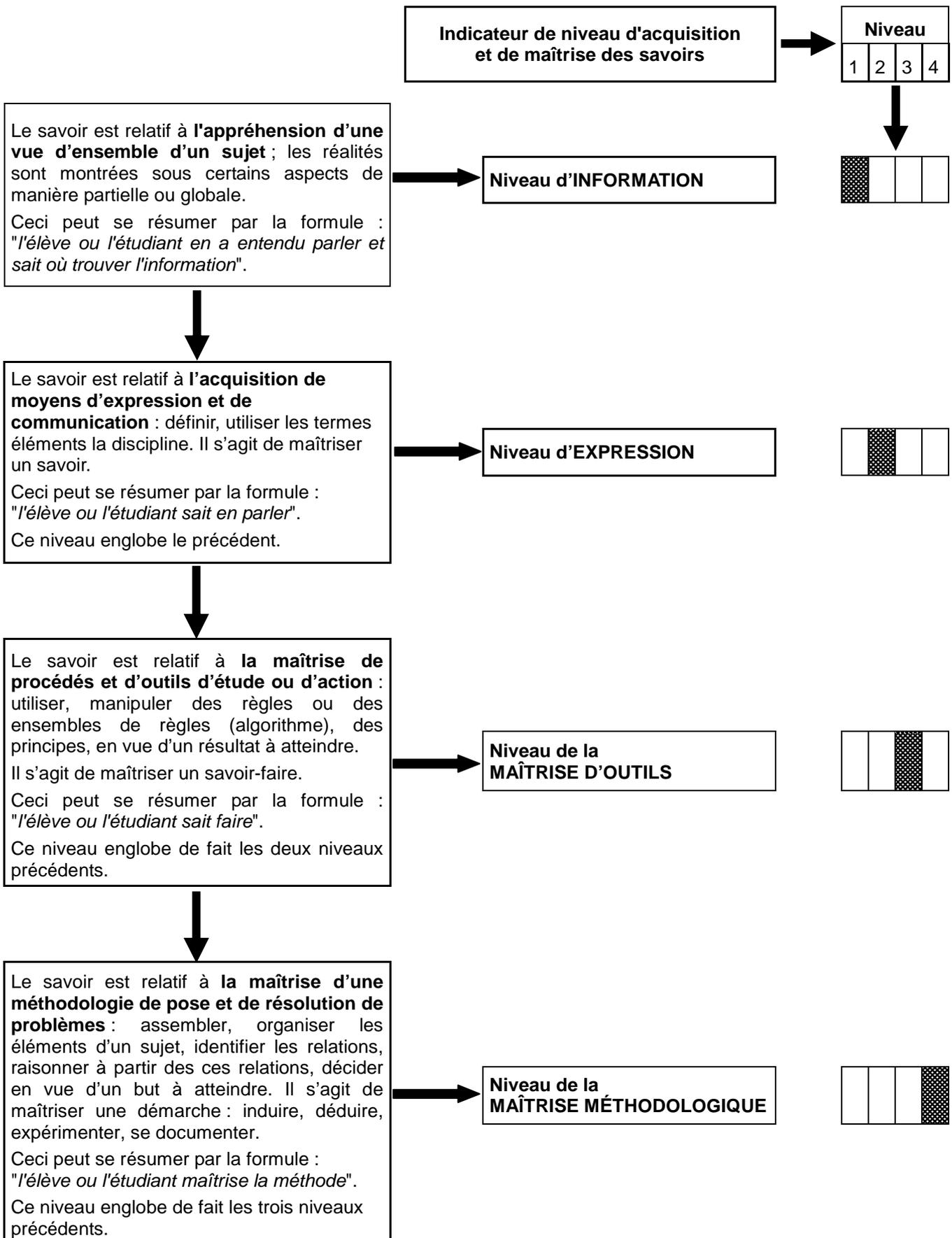
C5.3 Exposer oralement une étude technique y compris en anglais

Idée générale : Il s'agit de présenter à un auditoire la synthèse d'une étude technique à l'aide de supports appropriés.

Données	Compétences détaillées	Indicateurs de performance	Savoirs associés
<ul style="list-style-type: none"> • L'étude technique (informations à transmettre). • Les supports et outils de présentation. • Le lieu de l'exposé. • Composition de l'auditoire. • Dictionnaire. 	<ul style="list-style-type: none"> • Elaborer le scénario de l'exposé. 	<ul style="list-style-type: none"> • L'étude est contextualisée. • L'objectif est précisé. • L'exposé est structuré. • Les points clés sont mis en évidence. • La durée est adaptée au contenu. 	<p>S1.1.1</p> <p>S8.1</p> <p>S8.2</p>
	<ul style="list-style-type: none"> • Réaliser un support de communication si besoin. 	<ul style="list-style-type: none"> • Le support est bien choisi et adapté à l'objectif de présentation et à l'auditoire. • Le support étaye le propos. 	
	<ul style="list-style-type: none"> • Présenter oralement l'étude technique. 	<ul style="list-style-type: none"> • Le langage est adapté à l'auditoire. • L'élocution est claire et maintient l'attention de l'auditoire. • Le temps imparti est respecté. • Le scénario est respecté. 	
	<ul style="list-style-type: none"> • Construire son argumentation 	<ul style="list-style-type: none"> • Les points clés sont identifiés et hiérarchisés. • Les explications scientifiques étayent le propos. • Les choix sont argumentés. • Les conclusions répondant aux objectifs de l'étude sont énoncées. 	

3. Savoirs associés aux compétences

Spécification des niveaux d'acquisition et de maîtrise des savoirs



S1. Conception des systèmes

- S1.1. Description des systèmes
 - S1.1.1. Approche globale
 - S1.1.2. Description externe
 - S1.1.3. Description interne
 - S1.1.4. Outils descripteurs
- S1.2. Développement durable
- S1.3. Chaîne numérique
 - S1.3.1. Concept de « chaîne numérique »
 - S1.3.2. Simulation des comportements mécaniques
 - S1.3.3. Outils de conception et représentation numériques
 - S1.3.4. Exploitation d'un prototype
 - S1.3.5. Représentations graphiques dérivées des maquettes numériques

S2. Comportement des systèmes mécaniques

- S2.1. Chaîne d'énergie
 - S2.1.1. Analogie mécanique-électrique-hydraulique
 - S2.1.2. Composants de conversion d'énergie et de commande
- S2.2. Etude des comportements mécaniques des pièces et des systèmes
 - S2.2.1. Modélisation des mécanismes
 - S2.2.2. Mouvements relatifs entre solides dans le cas d'une translation ou d'une rotation autour d'un axe fixe
 - S2.2.3. Mouvements plans
 - S2.2.4. Modélisation des actions mécaniques
 - S2.2.5. Comportement mécanique des pièces et des systèmes
 - S2.2.6. Résistance des matériaux
 - S2.2.7. Mécanique des fluides
 - S2.2.8. Thermodynamique

S3. Technologie des mécanismes et des procédés

- S3.1. Technologie des mécanismes
 - S3.1.1. Solutions constructives associées aux liaisons
 - S3.1.2. Eléments de transmission de puissance
 - S3.1.3. Structure et classification des moteurs
- S3.2. Matériaux et traitements
 - S3.2.1. Structure et caractéristiques des matériaux
 - S3.2.2. Domaines d'utilisation et traitements des matériaux
- S3.3. Technologie des procédés
 - S3.3.1. Procédés d'obtention
 - S3.3.2. Métrologie et procédés de mesure

S4. Sous-systèmes fonctionnels

- S4.1. Alimentation en air
 - S4.1.1. Distribution
 - S4.1.2. Remplissage en air
 - S4.1.3. Suralimentation
 - S4.1.4. Gaz d'échappement
- S4.2. Gestion thermique du groupe moto-propulseur
- S4.3. Lubrification
- S4.4. Alimentation en carburant
- S4.5. Fonction démarrage
- S4.6. Allumage commandé

S5. Contrôle moteur

- S5.1. Analyse fonctionnelle
- S5.2. Analyse structurelle
- S5.3. Langage de description des stratégies de contrôle moteur
- S5.4. Stratégies

S6. Conversion et optimisation de l'énergie

- S6.1. Les carburants
 - S6.1.1. Notion d'énergie, sources d'énergie
 - S6.1.2. Pétrole
 - S6.1.3. Caractéristiques physico-chimiques des carburants usuels liquides et gazeux
- S6.2. La combustion
 - S6.2.1. Exploitation de l'équation bilan
 - S6.2.2. Aspects cinétiques
 - S6.2.3. Spécificités de combustion
- S6.3. Cycles moteurs
 - S6.3.1. Les cycles théoriques
 - S6.3.2. Les cycles réels
 - S6.3.3. Chaîne des rendements
- S6.4. Optimisation énergétique
 - S6.4.1. Méthodes d'adaptation du moteur à sa machine d'exploitation
 - S6.4.2. Cogénération, récupération d'énergie
 - S6.4.3. Hybridation - gestion de l'énergie
- S6.5. Emissions
 - S6.5.1. Caractéristiques des polluants réglementés
 - S6.5.2. Conditions de formation des polluants à la source
 - S6.5.3. Facteurs d'influence sur les émissions à la source
 - S6.5.4. Post traitement

S7. Mesures et mise au point moteur

- S7.1. Mesures
 - S7.1.1. Principes généraux d'une chaîne d'acquisition de données
 - S7.1.2. Qualité des mesures
 - S7.1.3. Nomenclature des grandeurs physiques mesurées et capteurs associés
 - S7.1.4. Mesures spécifiques
 - S7.1.5. Instrumentation - maquettage
- S7.2. Structure et principes des systèmes numériques
 - S7.2.1. Généralités
 - S7.2.2. Organisation fonctionnelle et structurelle d'un calculateur émulé
 - S7.2.3. Projet de MAP/ logiciel de MAP
 - S7.2.4. Communication entre systèmes
- S7.3. Régulation / asservissement
 - S7.3.1. Généralités
 - S7.3.2. Régulateurs industriels
 - S7.3.3. Asservissement dans les contrôles moteur
- S7.4. Moyens d'essais : banc moteur
 - S7.4.1. Organisation du moyen d'essais
 - S7.4.2. Typologie des essais
 - S7.4.3. Structure et principes de fonctionnement des systèmes
- S7.5. Moyens d'essais : banc à rouleau
 - S7.5.1. Organisation du moyen d'essais
 - S7.5.2. Typologie des essais / normes
 - S7.5.3. Réglage du banc à rouleau
- S7.6. Mesure des polluants
 - S7.6.1. Appareils, analyseurs
 - S7.6.2. Cycles routiers au banc à rouleau
 - S7.6.3. Cycles réalisés au banc moteur (poids lourds)
- S7.7. Essais spécifiques
 - S7.7.1. Banc de débit
 - S7.7.2. Banc d'injecteurs
 - S7.7.3. Bancs d'organes
- S7.8. Mise au Point
 - S7.8.1. Cahier des charges-allocations- interactions
 - S7.8.2. Comportements génériques des moteurs associés à la prestation
 - S7.8.3. Outils de dépouillement et d'analyse
 - S7.8.4. Méthodes et outils d'organisation

S8. Communication

- S8.1. Éléments généraux de la communication professionnelle
- S8.2. Outils de la communication professionnelle
- S8.3. Communication écrite dans le métier de motoriste

S1 Conception des systèmes

S1.1 DESCRIPTION DES SYSTEMES : ingénierie système et analyse fonctionnelle					
Savoirs, connaissances (concepts, notions, méthodes)	Niveau taxo- nomique				Limites de connaissances et commentaires
	1	2	3	4	
S1.1.1 Approche globale <ul style="list-style-type: none"> • Définition de l'ingénierie système. • Langage de description SysML, types de diagrammes et leur utilisation : <ul style="list-style-type: none"> ○ diagramme des exigences ; ○ diagramme des cas d'utilisation ; ○ diagramme de définition de bloc ; ○ diagramme de bloc interne ; ○ diagramme d'état transition ; ○ diagramme de séquences. 					<ul style="list-style-type: none"> • Les diagrammes SysML sont une donnée d'entrée de l'étude fonctionnelle. Ils permettent de situer la frontière de l'étude dans son contexte pluri technologique. • On se limitera à la lecture et la compréhension des diagrammes SysML.
S1.1.2 Description externe <ul style="list-style-type: none"> • Besoin à satisfaire par l'utilisateur. • Expression fonctionnelle du besoin. • Frontière d'une étude. • Fonctions de service (usage, estime), contraintes (sécurité). • Cahier des charges fonctionnel : caractéristiques des fonctions de service (critères, niveaux et flexibilité). 					<ul style="list-style-type: none"> • Pour caractériser les fonctions de service à défaut d'indications imposées par le cahier des charges initial, on s'appuiera sur les exigences des normes en vigueur.
S1.1.3 Description interne <ul style="list-style-type: none"> • Déclinaison des fonctions de service en fonctions techniques : outil FAST. • Nature et flux des éléments transformés par le système : matière, énergie, information. 					<p>La description interne du système peut être menée par l'utilisation des diagrammes SysML. Il peut s'agir :</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ de diagrammes qui décrivent la structure interne du système étudié ; ○ de diagrammes qui le situent dans son environnement.
S1.1.4 Outils descripteurs <ul style="list-style-type: none"> • Outils de représentation : <ul style="list-style-type: none"> ○ croquis à main levée (2D ou 3D) ; ○ lecture de plan (tous types) ; ○ maquette numérique (voir S2) ; ○ graphe de montage ou de démontage. • Outils de schématisation : <ul style="list-style-type: none"> ○ hydraulique, pneumatique, électrique ; ○ cinématique (voir S3). 					<ul style="list-style-type: none"> • L'utilisation des outils descripteurs s'intègre dans : <ul style="list-style-type: none"> ○ l'analyse structurelle et fonctionnelle du système ; ○ la communication technique ; ○ la recherche initiale de solutions constructives.
S1.2 Développement durable					
Contexte du développement durable <ul style="list-style-type: none"> • Les trois piliers du développement durable (dimensions mondiales environnementale, sociétale et économique) et les enjeux pour l'entreprise et la transition énergétique. • Contraintes environnementales. • Cycle de vie d'un produit. • Caractérisation des impacts environnementaux : <ul style="list-style-type: none"> ○ épuisements des ressources ; ○ effets nocifs sur le climat, l'atmosphère ; ○ pollution (air, eau), toxicité ; ○ production de déchets. 					<ul style="list-style-type: none"> • Il s'agit de sensibiliser aux différents impacts environnementaux dans le cycle de vie d'un produit.
Normalisation et réglementation <ul style="list-style-type: none"> • Approches environnementales et normalisation : <ul style="list-style-type: none"> ○ approche site : « management environnemental » (ISO 14001), ○ approche produit : « intégration des aspects environnementaux dans la conception et le développement des produits » (normes ISO). 					<ul style="list-style-type: none"> • Ces notions seront découvertes dans le cadre des stages en entreprise.

S1.3 CHAÎNE NUMÉRIQUE					
Savoirs, connaissances (concepts, notions, méthodes)	Niveau taxo- nomique				Limites de connaissances et commentaires
	1	2	3	4	
S1.3.1 Concept de « chaîne numérique » • Définition des maillons de « la chaîne numérique » : <ul style="list-style-type: none"> ○ maquette numérique ; ○ simulations ; ○ prototypage. 					• Il s'agit de sensibiliser aux différentes étapes d'utilisation de la maquette numérique.
S1.3.2 Simulation des comportements mécaniques • Types de logiciels de simulation : <ul style="list-style-type: none"> ○ simulation mécanique : problématiques de statique, cinématique, dynamique, mécanique des fluides ; ○ calcul de structures des modèles poutre et volumique. • Données et paramètres associés aux simulations. • Résultats exploitables : <ul style="list-style-type: none"> ○ texte ; ○ courbe ; ○ cartographies des contraintes, ... 					• En dehors de cas simples et/ou guidés, l'assistance d'un spécialiste est proposée pour la modélisation et l'exploitation de systèmes plus élaborés.
S1.3.3 Outils de conception et représentation numériques Modeleurs volumiques paramétriques • Structuration des modèles : arbre de construction de pièce et arbre d'assemblage. • Fonctions logicielles de base de conception. • Propriétés associées aux pièces (désignation, matériaux, ...).					• Il s'agit de la connaissance des fonctionnalités de base d'un modeleur.
Méthodes de conception • Méthodologie de conception. • Exploitation de bibliothèques d'éléments standards et de données techniques.					• A partir d'un dessin d'intention, on se limitera à la création de pièces simples, ou de modification de pièces ou d'assemblages existants.
S1.3.4 Exploitation d'un prototype • Prototypage par imprimante 3D. • Exploitation du prototype dans le cadre de son utilisation.					• On se place dans le cadre de la création éventuelle du prototype et de son utilisation dans un but de validation de solutions techniques.
S1.3.5 Représentations graphiques dérivées des maquettes numériques • Fonctionnalités logicielles relatives à la production de documents techniques.					• Le but est de pouvoir : <ul style="list-style-type: none"> ○ éditer un document sous une forme définie (mise en plan, écorché...) en vue d'une adaptation ; ○ communiquer (rendu réaliste, animation, éclaté...).

S2 Comportement des systèmes mécaniques

S2.1 Chaîne d'énergie

Le programme vise à aborder le concept d'énergie dans son acception de grandeur physique qui caractérise l'état d'un système. L'énergie subit des transformations qui s'opèrent, selon son usage, par les technologies mobilisées qui ont, elles-mêmes, capacité à produire un travail.

Savoirs, connaissances (concepts, notions, méthodes)	Niveau taxo- nomique				Limites de connaissances et commentaires																		
	1	2	3	4																			
S2.1.1 Analogie mécanique-électrique-hydraulique • Grandeur d'effort (force, couple, tension...) et grandeur de flux (vitesse, vitesse angulaire, courant, débit...) • Équations aux dimensions. • Energie, travail et puissance. • Principe de conservation de l'énergie. • Rendement global et partiel (d'un actionneur, d'un mécanisme, d'une chaîne d'énergie).					<table border="1"> <thead> <tr> <th>Domaine physique</th> <th>Effort</th> <th>Flux</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Electrique</td> <td>Tension(U)-(V)</td> <td>Intensité(I)-(C/s ou A)</td> </tr> <tr> <td>Hydraulique</td> <td>Pression(p)-(Pa)</td> <td>Débit volume(qv)-(m³/s)</td> </tr> <tr> <td>Pneumatique</td> <td>Pression(p)-(Pa)</td> <td>Débit volume(qv)-(m³/s)</td> </tr> <tr> <td>Mécanique de translation</td> <td>Force(F)-(N)</td> <td>Vitesse(v)-(m/s)</td> </tr> <tr> <td>Mécanique de rotation</td> <td>Couple(C)-(N.m)</td> <td>Vitesse angulaire (ω)-(rad/s)</td> </tr> </tbody> </table> <ul style="list-style-type: none"> • On précisera les différentes formes de l'énergie étudiée : cinétique, potentielle gravitaire et élastique, électrique, hydraulique, thermique... • L'approche énergétique des systèmes mécaniques est prise en compte dans toutes les chaînes d'énergie étudiées. • On identifiera les paramètres influant sur les performances énergétiques. 	Domaine physique	Effort	Flux	Electrique	Tension(U)-(V)	Intensité(I)-(C/s ou A)	Hydraulique	Pression(p)-(Pa)	Débit volume(qv)-(m ³ /s)	Pneumatique	Pression(p)-(Pa)	Débit volume(qv)-(m ³ /s)	Mécanique de translation	Force(F)-(N)	Vitesse(v)-(m/s)	Mécanique de rotation	Couple(C)-(N.m)	Vitesse angulaire (ω)-(rad/s)
Domaine physique	Effort	Flux																					
Electrique	Tension(U)-(V)	Intensité(I)-(C/s ou A)																					
Hydraulique	Pression(p)-(Pa)	Débit volume(qv)-(m ³ /s)																					
Pneumatique	Pression(p)-(Pa)	Débit volume(qv)-(m ³ /s)																					
Mécanique de translation	Force(F)-(N)	Vitesse(v)-(m/s)																					
Mécanique de rotation	Couple(C)-(N.m)	Vitesse angulaire (ω)-(rad/s)																					
S2.1.2 Composants de conversion d'énergie et de commande • Grandeurs caractéristiques d'entrée et de sortie. • Espace de fonctionnement et point de fonctionnement pour un régime donné. • Réversibilité d'un actionneur, d'une chaîne de transmission. • Chaîne d'alimentation et de distribution associée. • Actionneurs électriques. • Actionneurs pneumatiques et hydrauliques : <ul style="list-style-type: none"> ○ vérins ; ○ moteurs ; ○ pompes. 					<ul style="list-style-type: none"> • Il s'agit ici d'aborder : <ul style="list-style-type: none"> ○ les principes de fonctionnement ; ○ la constitution ; ○ la réversibilité ; ○ le rendement. • On s'intéressera, dans les applications liées au moteur et à son environnement : <ul style="list-style-type: none"> ○ aux conditions d'installation et de bon fonctionnement ; ○ au pré dimensionnement ou à la validation du choix à l'aide de bases de données de constructeurs ou de logiciels spécialisés. 																		

S2.2 Etude des comportements mécaniques des pièces et des systèmes

S2.2.1 Modélisation des mécanismes • Cinématique des liaisons mécaniques : <ul style="list-style-type: none"> ○ nature du contact (ponctuel, linéique, surfacique) ; ○ repère local, degré de liberté ; ○ modèle des liaisons mécaniques élémentaires ; ○ modélisation des liaisons technologiques en liaisons cinématiques (avec prise en compte des jeux, mobilités de faible amplitude, rigidité, frottement). • Description des chaînes de liaisons : <ul style="list-style-type: none"> ○ classe d'équivalence cinématique ; ○ graphe des liaisons ; ○ schéma cinématique (minimal ou architectural). 					<ul style="list-style-type: none"> • Les notions seront abordées sans l'utilisation de la résolution torsorielle. En revanche, la description torsorielle des efforts dans les liaisons est utilisée.
• Associations de pièces et de liaisons : <ul style="list-style-type: none"> ○ liaison équivalente à une association de deux à trois liaisons en parallèle ou en série, ○ comportement des mécanismes (degré de mobilité, degré d'hyperstaticité, isostaticité). 					<ul style="list-style-type: none"> • La recherche du degré d'hyperstaticité devra permettre d'identifier dans des cas simples les contacts surabondants.
S2.2.2 Mouvements relatifs entre solides dans le cas d'une translation ou d'une rotation autour d'un axe fixe • Notion de référentiel et de repère. • Nature et définition des mouvements : rotation, translation. • Trajectoires des points du solide. • Vecteurs position, vitesse et accélération. • Champ des vecteurs vitesse.					<ul style="list-style-type: none"> • On se limitera à un mouvement de translation ou de rotation autour d'un axe fixe dans les cas de mouvements uniformes ou uniformément variés. • On fera l'analyse des courbes de vitesse et d'accélération à partir d'un relevé expérimental (dérivation graphique).

<p>S2.2.3 Mouvements plans</p> <ul style="list-style-type: none"> • Équiprojectivité du champ des vecteurs vitesse. • Centre instantané de rotation (CIR) et distribution du champ des vecteurs vitesse. • Composition des vitesses : <ul style="list-style-type: none"> ○ loi de composition ; ○ méthode graphique pour des systèmes plans ; ○ applications au glissement et au roulement. • Etude des chaînes cinématiques : <ul style="list-style-type: none"> ○ tracé des trajectoires et positions d'un mécanisme ; ○ lois d'entrée sortie. 			<ul style="list-style-type: none"> • On fera la représentation graphique dans les cas simples (dont la vérification des interférences entre pièces au sein d'un mécanisme). • Sauf pour les cas plans simples, la détermination de lois d'entrée sortie s'effectuera à l'aide d'un logiciel de simulation.
<p>S2.2.4 Modélisation des actions mécaniques</p> <ul style="list-style-type: none"> • Action mécanique de contact et à distance : <ul style="list-style-type: none"> ○ modèles de représentation d'une action mécanique (force et résultante de forces, moment et moment résultant, cas particuliers des couples et glisseurs) ; ○ représentation graphique et analytique des vecteurs force et moment ; ○ notion de torseur ; ○ principe des actions mutuelles. • Etude du contact entre pièces : <ul style="list-style-type: none"> ○ nature géométrique du contact ; ○ frottement et adhérence : lois de Coulomb ; <ul style="list-style-type: none"> • pression de contact et matage : cas ponctuels et linéiques simples : modèle de Hertz ; • cas surfaciques simples. 			<ul style="list-style-type: none"> • Il s'agit de représenter les actions mécaniques sous forme torsorielle en vue de renseigner une simulation numérique.
<p>S2.2.5 Comportement mécanique des pièces et des systèmes</p> <ul style="list-style-type: none"> • Isolement d'une pièce ou d'un système de solides. • Principe fondamental de la statique : énoncé du principe en vue d'une résolution analytique, graphique ou logicielle. • Identification des caractéristiques cinétiques d'un solide influant son comportement dynamique : centre de gravité, masse, moments d'inertie. Théorème de Huygens. • Principe fondamental de la dynamique : énoncé du principe en vue d'une résolution analytique, graphique ou logicielle. 			<ul style="list-style-type: none"> • On se limitera à la résolution graphique dans les cas de solides soumis à 2 ou 3 actions modélisées par des glisseurs de supports non parallèles. • On se limitera à la résolution analytique dans les cas plans. • Les autres cas seront étudiés avec une assistance informatique. • • L'appropriation des composantes de la matrice d'inertie sera effectuée sur des cas simples : symétrie, diagonalisation, etc. • La mise en évidence de ces caractéristiques sera réalisée par la mise en œuvre de modeleurs volumiques. • On recherchera le centre de gravité à l'aide du barycentre. • On utilisera le théorème de Huygens de façon analytique pour une masse concentrée. • On exprimera qualitativement la matrice d'inertie en différents points. • On utilisera des logiciels de CAO pour des recherches d'inertie autour d'axes quelconques. • L'étude sera limitée aux mouvements de translation rectiligne ou de rotation autour d'un axe fixe (exploitation logicielle pour les autres cas).

<ul style="list-style-type: none"> •Equilibrage : <ul style="list-style-type: none"> ○ équilibrage statique et dynamique d'un solide en rotation ; ○ équilibrage système bielle-manivelle des moteurs. •Vibrations : approche expérimentale et logicielle, notion de fréquences propres (systèmes discrets et continus) : <ul style="list-style-type: none"> ○ mouvement libre non amorti et amorti ; ○ mouvement forcé non amorti : <ul style="list-style-type: none"> • sollicitation directe, • notions de déphasage et de résonance, • vitesse critique d'un arbre en rotation. •Énergétique : théorème de l'énergie cinétique. 		<ul style="list-style-type: none"> •L'approche de l'équilibrage sera expérimentale et logicielle (limitée aux balourds matérialisés par une masse ponctuelle excentrée). •On étudiera l'équilibrage des moteurs monocylindres, deux cylindres en ligne, en vé, à plat, trois cylindres, quatre cylindres en lignes, six cylindres en ligne. •On mettra en évidence des mouvements vibratoires amortis par des manipulations ou des simulations et leur conséquence. •Le théorème de l'énergie cinétique sera utilisé dans des cas de mouvements simples.
<p>S2.2.6 Résistance des matériaux</p> <ul style="list-style-type: none"> •Hypothèses et limites de la résistance des matériaux. •Efforts de cohésion dans une section droite. Diagrammes d'effort normal, tranchant, moments de torsion et de flexion. •Sollicitations simples (traction/compression, torsion, flexion, cisaillement) : <ul style="list-style-type: none"> ○ contraintes normales, tangentielles ; ○ influence du moment quadratique sur le comportement d'un solide ; ○ déformation ; ○ effets thermiques (dilatation) ; ○ condition de résistance (coefficient de sécurité, concentration de contrainte, limite élastique, limite de fatigue...). •Sollicitations composées : <ul style="list-style-type: none"> ○ flexion-traction/compression et flexion-torsion d'arbres de section circulaire ; ○ contrainte équivalente ; ○ notion de flambement. •Exploitation de résultats de simulation et/ou mise en œuvre d'un logiciel volumique intégrant un module d'élément finis. 		<ul style="list-style-type: none"> •On s'attachera à la détermination analytique des efforts de cohésion dans les cas plans sans utilisation du torseur autre que l'écriture synthétique finale des efforts de cohésion dans une section droite (pour l'alimentation ou l'interprétation d'un résultat logiciel). Pour les cas spatiaux, on en restera à l'exploitation logicielle. •La détermination et l'appropriation des moments quadratiques ne s'effectueront que par modeleur volumique ou par formulaires pour les formes simples. •L'étude des sollicitations composées se limitera à l'exploitation de formulaires dans les cas simples et de résolution logicielle dans les autres cas. •L'étude de flambement sera limitée à l'exploitation d'abaques ou de formules constructeurs. •Les cas traités doivent rester simples. •La discrétisation en termes de taille et de type de maillage du problème est donnée.
<p>S2.2.7 Mécanique des fluides</p> <ul style="list-style-type: none"> •Statique des fluides : <ul style="list-style-type: none"> ○ loi de l'hydrostatique ; ○ théorème de Pascal ; ○ théorème d'Archimède. •Dynamique des fluides incompressibles : <ul style="list-style-type: none"> ○ conservation de la masse : équation de continuité ; ○ théorème de Bernoulli ; ○ nombre de Reynolds : régimes laminaires ou turbulents ; ○ pertes de charges régulières et singulières ; ○ choix d'organes hydrauliques. • Dynamique des fluides compressibles : <ul style="list-style-type: none"> ○ équation de Barré de St Venant ; ○ application aux tuyères, nombre de Mach. 		<ul style="list-style-type: none"> •Le développement de la mécanique des fluides sera appliqué en relation étroite avec les problématiques liées au moteur et à son environnement. •La dynamique des fluides sera seulement étudiée pour les fluides newtoniens. •Les pertes de charges régulières seront calculées par application de la loi de Poiseuille ou par l'utilisation de l'abaque de Moody. •Les pertes de charges singulières seront déterminées par utilisation d'abaques ou de simulations numériques. •L'utilisation de logiciels de simulation et de calcul pour les cas complexes est recommandée. •L'expérimentation ou la simulation permettront la découverte du phénomène physique. •On définira les caractéristiques d'un fluide dans un convergent et / ou divergent. •On caractérisera l'écoulement en régime sonique (notions étroitement liées à la thermodynamique).

<p>S2.2.8 Thermodynamique</p> <ul style="list-style-type: none"> • Notions de bases de thermodynamique : <ul style="list-style-type: none"> ○ système matériel, milieu extérieur et échanges énergétiques ; ○ transformations thermodynamiques ouvertes, réversibles, irréversibles ; ○ transformations caractéristiques ; ○ notion de travail et de quantité de chaleur. • Premier principe : <ul style="list-style-type: none"> ○ énoncé ; ○ énergie interne, état initial, état final ; ○ loi de Joule. • Phases d'un corps pur : <ul style="list-style-type: none"> ○ diagramme de Clapeyron ; ○ changement d'état d'un corps pur ; ○ chaleur latente de vaporisation, titre de mélange liquide / vapeur. Point d'ébullition. • Les gaz parfaits : <ul style="list-style-type: none"> ○ lois de Mariotte, Gay Lussac, Charles ; ○ équation caractéristique des gaz parfaits ; ○ chaleurs massiques, coefficient de Poisson ; ○ calcul de variation de l'énergie interne ; ○ mélange des gaz parfaits (pression partielle). • Les cycles théoriques : <ul style="list-style-type: none"> ○ notion de cycle, travail échangé, cycle moteur et cycle récepteur ; ○ les principaux cycles théoriques des moteurs à combustion interne ; ○ évolutions polytropiques, comparaison avec les cycles réels ; ○ évaluation des rendements thermodynamiques. 		<ul style="list-style-type: none"> • Le développement de la thermodynamique sera appliqué en relation étroite avec les problématiques liées au moteur et à son environnement. • On identifiera le contexte d'étude et d'évolution d'un fluide. • On appliquera le premier principe pour des conditions d'évolutions fixées a priori. • On identifiera les caractéristiques d'une évolution sur le diagramme de Clapeyron. On identifiera sur un diagramme le point d'ébullition. • On déterminera les caractéristiques d'un gaz à partir des relations mises en évidence. • Pour un cycle donné, on identifiera les évolutions et on caractérisera les états du fluide au cours des transformations. On précisera le travail et la quantité de chaleur échangés.
<ul style="list-style-type: none"> • Conservation d'énergie pour un système ouvert : <ul style="list-style-type: none"> ○ notion et définition de l'enthalpie ; ○ travail de transvasement ; ○ application à l'analyse d'un champ turbo ; ○ application à la suralimentation et échangeurs. 		<ul style="list-style-type: none"> • Il s'agit de calculer un travail de transvasement et une quantité de chaleur échangée. • L'application aux tuyères sera menée en parallèle avec la mécanique des fluides.

S3 TECHNOLOGIE DES MECANISMES ET DES PROCEDES

S3.1 : Technologie des mécanismes					
Savoirs, connaissances (concepts, notions, méthodes)	Niveau taxo- nomique				Limites de connaissances et commentaires
	1	2	3	4	
<p>S3.1.1 Solutions constructives associées aux liaisons</p> <ul style="list-style-type: none"> • Nature des liaisons obtenues. • Solutions classiques avec éléments standard éventuels. • Conditions et surfaces fonctionnelles (mise en position, maintien en position), influence sur la précision, la tenue aux efforts, la rigidité, ... • Lubrification éventuelle. • Étanchéité éventuelle. <p>Pour les solutions constructives suivantes :</p> <ul style="list-style-type: none"> • assemblage démontable ; • assemblage permanent ; • guidage en rotation par glissement ; • guidage en rotation par éléments roulants ; • guidage en translation par glissement ; • guidage en translation par éléments roulants ; • rotulage ; • liaison hélicoïdale. 					<ul style="list-style-type: none"> • On se placera dans le cadre d'une adaptation d'un moteur ou des périphériques sur un banc. • Les conceptions se limiteront à des problèmes simples.
<p>S3.1.2 Eléments de transmission de puissance</p> <ul style="list-style-type: none"> • Comportement cinématique de la transmission : loi d'entrée-sortie, réversibilité. • Puissance d'entrée et de sortie, rendement. <p>Pour les solutions constructives suivantes :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Transmissions sans transformation de mouvement : <ul style="list-style-type: none"> ○ sans modification de la vitesse angulaire ; ○ avec modification de la vitesse angulaire. • Transmissions avec transformation de mouvement. 					<ul style="list-style-type: none"> • Les savoirs et connaissances relatifs à ces solutions constructives seront traités dans le cadre de l'étude d'une chaîne d'énergie (voir chaîne d'énergie S2.1). • L'objectif est de donner une culture relative aux constituants de transmission de puissance. • On s'intéressera, dans les applications liées au moteur et à son environnement : <ul style="list-style-type: none"> ○ aux conditions d'installation et de bon fonctionnement ; ○ au pré dimensionnement ou à la validation du choix à l'aide de bases de données de constructeurs ou de logiciels spécialisés.
<p>S3.1.3 Structure et classification des moteurs</p> <ul style="list-style-type: none"> • Constitution et description des différents sous-systèmes. • Classification des différentes familles de moteurs selon les critères suivants : <ul style="list-style-type: none"> ○ plage de régime ; ○ carburants ; ○ cycles et modes de combustion ; ○ dimensions caractéristiques, architecture moteur ; ○ niveaux de performances (atmosphérique, suralimentation), utilisations. 					<ul style="list-style-type: none"> • Pour en étudier la structure, il est indispensable de démonter et de remonter un moteur en respectant les procédures définies par le constructeur. • On justifiera les choix de matériaux et de géométries des éléments mécaniques principaux par les contraintes thermomécaniques, les modes d'obtention, les dispersions des pièces ... • On s'attachera à définir les ordres de grandeurs associés aux différents types d'applications.

S3.2 Matériaux et traitements					
Savoirs, connaissances (concepts, notions, méthodes)	Niveau taxo- nomique				Limites de connaissances et commentaires
	1	2	3	4	
<p>S3.2.1 Structure et caractéristiques des matériaux</p> <ul style="list-style-type: none"> • Pour les grandes familles de matériaux suivantes : (matériaux et alliages métalliques, polymères, composites, céramiques) : • Désignations normalisées et commerciales des matériaux. • Procédés de première transformation et matières premières. • Caractéristiques mécaniques : <ul style="list-style-type: none"> ○ modules de Young et de cisaillement ; ○ coefficient de Poisson ; ○ résilience ; ○ dureté ; ○ coefficient de dilatation ; ○ limite élastique ; ○ limite de fatigue. • Caractéristiques physico-chimiques : masse volumique, conductibilité, résistance à la corrosion, formabilité, coulabilité, soudabilité. • Eléments d'addition et leur influence sur les propriétés. • Essais mécaniques : <ul style="list-style-type: none"> ○ essai de traction uni axial ; ○ essai de flexion ; ○ essai de dureté ; ○ essai de résilience ; ○ essai de fatigue. 					<ul style="list-style-type: none"> • Il n'est pas ici question de faire un apprentissage systématique des désignations et des caractéristiques de tous les matériaux. En revanche, ces éléments devront être connus pour les familles de matériaux les plus employées du domaine du MCI.
<p>S3.2.2 Domaines d'utilisation et traitements des matériaux</p> <ul style="list-style-type: none"> • Domaines d'utilisation et tendances d'évolution (technologie des poudres, ajout de matière...) • Principes, effets et exigences des principaux traitements thermiques des aciers. • Principes des traitements de surface. 					<ul style="list-style-type: none"> • On se limitera aux traitements des pièces composant un moteur et à l'intérêt de ces traitements.

S3.3 Technologie des procédés					
Savoirs, connaissances (concepts, notions, méthodes)	Niveau taxonomique				Limites de connaissances et commentaires
	1	2	3	4	
S3.3.1 Procédés d'obtention <ul style="list-style-type: none"> • Grandes familles de procédés (mises en forme par moulage, déformation, usinage, prototypage...). • D'assemblage (soudage, frettage...). • Caractéristiques physiques : <ul style="list-style-type: none"> ○ tolérance, rugosité ; ○ modification des propriétés mécaniques des matériaux ; ○ géométries réalisables et règles de conception associées. • Notions de production unitaire, petite et grande série : <ul style="list-style-type: none"> ○ notion de coût ; ○ influence sur les règles de conception ; ○ disponibilités et délais de réalisation. • Relation produit - matériau – procédé. 					<ul style="list-style-type: none"> • Le technicien motoriste doit avoir les connaissances de base sur les moyens d'obtention des pièces constituant le MCI et son environnement.
S3.3.2 Métrologie et procédés de mesure <ul style="list-style-type: none"> • Spécification des pièces et des montages : <ul style="list-style-type: none"> ○ tolérancement dimensionnel ; ○ spécifications géométriques : <ul style="list-style-type: none"> • forme, • orientation, • position, • battement ; ○ expression des spécifications d'état de surface. • Mesure <ul style="list-style-type: none"> ○ Dans le cadre de la vérification de la définition technique d'un moteur ou d'une expertise moteur : ○ méthodologies et moyens de mesures dimensionnelles et géométriques ; ○ contrôle visuel, état de surface et usure ; ○ contrôle fonctionnel. 					<ul style="list-style-type: none"> • Le technicien motoriste doit être capable de lire des spécifications d'un plan et de coter une pièce simple. • L'alignement d'un moteur et d'un frein doit être traité au niveau 3 (concentricité – coaxialité). • On se limitera aux mesures liées à la définition technique ou à l'expertise d'un moteur.

S4 Sous-systèmes fonctionnels

S4.1 ALIMENTATION EN AIR (Boucle d'air)					
Savoirs, connaissances (concepts, notions, méthodes)	Niveau taxonomique				Limites de connaissances et commentaires
	1	2	3	4	
S4.1.1 Distribution <ul style="list-style-type: none"> • Architecture des différents systèmes : <ul style="list-style-type: none"> ○ composants : identification et fonctionnement ; ○ grandeurs caractéristiques du système (levée de soupape et étalement en fonction du profil de came) ; ○ distribution variable et solutions technologiques associées ; ○ multisoupapes. • Epure de distribution : <ul style="list-style-type: none"> ○ les 4 angles de la distribution : définitions, ordres de grandeurs, représentation et influences ; ○ distribution variable : définition et justification de l'intérêt à des fins d'optimisation. 					<ul style="list-style-type: none"> • La terminologie doit être liée à la géométrie de la came (la partie contrainte mécanique sera traitée en lien avec S2). • On tracera ou on relèvera une épure à partir d'un jeu fixé ou d'une levée de calage. • Il s'agit d'apprécier l'impact des angles sur les prestations moteur. • Remarque : stratégie(s) et régulation(s) seront traitées en contrôle moteur S5.
S4.1.2 Remplissage en air <ul style="list-style-type: none"> • Généralités Pour tous les types de moteurs : <ul style="list-style-type: none"> ○ remplissage, remplissage standard et rendement volumétrique : définitions et ordres de grandeurs ; ○ évolutions du remplissage en fonction des paramètres influents ; ○ techniques de mesure du remplissage. • Modèle associé au remplissage. 					<ul style="list-style-type: none"> • Remarque : stratégie(s) et régulation(s) seront traitées en contrôle moteur S5. • On se limitera à l'exploitation de la mécanique des fluides abordée en S2.
<ul style="list-style-type: none"> • Accords admission et échappement – admission variable : <ul style="list-style-type: none"> ○ ondes de pression : <ul style="list-style-type: none"> • définitions et effets associés, • paramètres influents ; ○ solutions technologiques d'admission variable. 					<ul style="list-style-type: none"> • On illustrera cette partie par un calcul pour une longueur de conduit optimale pour un régime d'accord donné.
S4.1.3 Suralimentation <ul style="list-style-type: none"> • Généralités Les différents moyens de suralimentation : présentation des différentes technologies, domaines d'utilisation et de performance. 					<ul style="list-style-type: none"> • On définira les ordres de grandeurs des caractéristiques de chaque système.
<ul style="list-style-type: none"> • Suralimentation par turbocompresseur : <ul style="list-style-type: none"> ○ constitution, principe de fonctionnement, contraintes thermiques et mécaniques ; ○ boucle de suralimentation : constitution et schématisation ; ○ caractéristiques dimensionnelles d'un turbocompresseur et influences sur l'adaptation moteur ; ○ champs compresseur et turbine : exploitation. 					<ul style="list-style-type: none"> • On vérifiera l'adéquation moteur-turbocompresseur. • On analysera des défaillances possibles. • Remarque : <ul style="list-style-type: none"> ○ on exploitera les éléments de thermodynamique du turbocompresseur en liaison avec S2 ; ○ stratégie(s) et régulation(s) seront traitées en contrôle moteur S5.

Savoirs, connaissances (concepts, notions, méthodes)	Niveau taxonomique				Limites de connaissances et commentaires
	1	2	3	4	
S4.1.4 Gaz d'échappement • Ligne d'échappement : <ul style="list-style-type: none"> ○ constitution des différentes lignes ; ○ pertes de charges et contre-pression ; ○ impact de la ligne d'échappement sur le débit d'air. 					• On s'attachera à préciser les ordres de grandeur des pertes de charges et de leur évolution.
• Système(s) de recirculation : <ul style="list-style-type: none"> ○ constitution et principe de fonctionnement ; ○ effet de la recirculation sur le débit d'air frais. 					• On s'attachera à préciser les ordres de grandeur du taux d'EGR utilisé en essence et diesel. • Remarque : stratégie(s) et régulation(s) seront traitées en contrôle moteur S5.
S4.2 Gestion thermique du GMP					
• Le circuit de refroidissement : <ul style="list-style-type: none"> ○ nécessités du refroidissement ; ○ modes de transfert de chaleur (conduction - convection) ; ○ éléments constitutifs des circuits de refroidissement (fluide caloporteur, air, huile) : identification et justification des constituants ; ○ caractérisation du circuit de refroidissement (débit, pression, température) et des éléments constitutifs. 					• On s'attachera à préciser les ordres de grandeur des valeurs de pression, température et débit. • On mettra en évidence le phénomène de cavitation et ses effets.
• Fluide caloporteur : <ul style="list-style-type: none"> ○ composition et influences sur les caractéristiques : <ul style="list-style-type: none"> • composants, toxicité du produit et contraintes de manipulation ; • recyclage (manipulation et stockage). 					• On s'attachera à préciser les actions à mener en cas d'incidents (renversement, contact avec les yeux, ingestion), établir une fiche de prévention des risques.
• Echangeur : <ul style="list-style-type: none"> ○ choix d'un échangeur pour un besoin de refroidissement connu en prenant en compte notamment son efficacité. 					• Le choix se fera à partir d'une base de données ou d'un catalogue de produits.
• Gestion thermique ; <ul style="list-style-type: none"> ○ principes et intérêts (combustion, pollution, consommation, température d'ambiance...) 					• Remarque : stratégie(s) et régulation(s) seront traitées en contrôle moteur S5.
S4.3 Lubrification					
• Les circuits de lubrification : <ul style="list-style-type: none"> ○ nécessités de la lubrification ; ○ usures sur les différents organes / pièces moteur : typologie et causes ; ○ caractérisation du circuit de lubrification (débit, pression, température) et des éléments constitutifs ; ○ caractérisation de la consommation d'huile. 					• On s'appliquera à définir les ordres de grandeur des valeurs de pression, température, débit et consommation d'huile. • On mettra en évidence les régimes de lubrification (Stribeck).
• Les lubrifiants : <ul style="list-style-type: none"> ○ propriétés physiques ; ○ toxicité et contraintes de manipulation ; ○ additifs : influences sur l'huile et le moteur ; ○ spécifications normalisées et classifications (décodage). • Méthodes d'analyse d'huile.					• On s'attachera à préciser les actions à mener en cas d'incidents. Préventions des risques (manipulations avec les équipements de protections. Respecter les normes de stockage (bac de rétention) • On fera l'interprétation des résultats de l'analyse d'huile dans un objectif de diagnostic.
• Gaz de carter (blow-by) : <ul style="list-style-type: none"> ○ origine et moyen de mesure ; ○ circuit de décantation et de réaspiration : composition et fonctionnement. 					• On s'appliquera à définir les ordres de grandeur et les critères de suivi et de surveillance du moteur.

S4.4 Alimentation en carburant (boucle carburant : liquides et gazeux)

Savoirs, connaissances (concepts, notions, méthodes)	Niveau taxonomique				Limites de connaissances et commentaires
	1	2	3	4	
<ul style="list-style-type: none"> • Les circuits de carburants : <ul style="list-style-type: none"> ○ présentation des besoins quantitatifs et qualitatifs demandés pour l'introduction du carburant ; ○ identification et fonctions des éléments constitutifs des circuits de carburant ; ○ précautions d'intervention et de manipulation sur le circuit. • Les actionneurs de distribution du carburant : <ul style="list-style-type: none"> ○ constitution et principe de fonctionnement (commande électrique et hydraulique) ; ○ loi entrée (commande) - sortie (quantité injectée) et paramètres influents. • Pour chaque type de motorisation : <ul style="list-style-type: none"> ○ paramètres de contrôle de l'introduction du carburant ; ○ représentation de la loi d'injection sur l'aspect débitmétrique et temporel. 					<ul style="list-style-type: none"> • On s'appliquera à définir les ordres de grandeur et les plages de variation des débits, des pressions, des durées d'injection. • L'étude devra permettre un pré dimensionnement du dispositif assurant l'introduction du carburant à partir d'un cahier des charges. • Remarque : stratégie(s) et régulation(s) seront traitées en contrôle moteur S5.

S4.5 Fonction démarrage

<ul style="list-style-type: none"> • Démarrage : <ul style="list-style-type: none"> ○ présentation des besoins quantitatifs et qualitatifs nécessaires à une auto rotation du moteur ; ○ présentation du processus, des conditions d'obtention et des paramètres influents. 					<ul style="list-style-type: none"> • On décrira les différentes séquences du démarrage • On précisera l'impact du carburant (en lien avec la partie S6) sur la prestation.
<ul style="list-style-type: none"> • Circuit de démarrage : <ul style="list-style-type: none"> ○ constitution et fonctionnement des éléments constitutifs du circuit de démarrage, des systèmes d'arrêt, de redémarrage et de récupération d'énergie ; ○ caractéristiques et performances des batteries, démarreurs. 					<ul style="list-style-type: none"> • Le démarreur n'est pas à caractériser sur un banc organe.
<ul style="list-style-type: none"> • Paramètres de contrôle du démarrage : <ul style="list-style-type: none"> ○ pour chaque type de motorisation, paramètres de contrôle du démarrage. 					<ul style="list-style-type: none"> • On définira les paramètres de réglage prépondérants sur la qualité du démarrage et ordres de grandeurs associés. • Remarque : stratégie(s) et régulation(s) seront traitées en contrôle moteur S5.

• S4.6 Allumage commandé

<ul style="list-style-type: none"> • Principe d'allumage : besoins quantitatifs et qualitatifs, paramètres influents. • Circuit d'allumage : constitution, fonctionnement et caractéristiques des éléments. • Paramètres de contrôle de l'allumage. 					<ul style="list-style-type: none"> • On mettra en évidence le besoin en énergie en fonction de l'environnement • Remarque : les lois des circuits inductifs et capacitifs seront traitées en enseignement de physique. • On se limitera aux paramètres de réglage prépondérants sur la qualité de l'allumage et aux ordres de grandeurs associés. • Remarque : stratégie(s) et régulation(s) seront traitées en contrôle moteur S5.
--	--	--	--	--	---

S5 Contrôle moteur

S5.1 Analyse fonctionnelle					
Savoirs, connaissances (concepts, notions, méthodes)	Niveau taxonomique				Limites de connaissances et commentaires
	1	2	3	4	
<ul style="list-style-type: none"> • Fonctions d'un système de contrôle moteur dans le cadre des prestations attendues : <ul style="list-style-type: none"> ○ gestion du couple (charge), des systèmes de traitement des émissions, de la thermique du GMP ; ○ diagnostic (EOBD) et sûreté de fonctionnement. 					<ul style="list-style-type: none"> • On se limite aux notions transversales communes à tous les fabricants.
S5.2 Analyse structurelle					
<ul style="list-style-type: none"> • Composants du contrôle moteur (capteurs et actionneurs). 					<ul style="list-style-type: none"> • Il s'agit d'identifier et de localiser les capteurs et les actionneurs sur le moteur et son environnement.
S5.3 Langage de description des stratégies de contrôle moteur					
<ul style="list-style-type: none"> • Schémas blocs (lecture et écriture). • Paramètres : type et rôle dans la stratégie. 					<ul style="list-style-type: none"> • L'aspect écriture se limitera à des fonctions simples en liaison avec les programmes de physique et de mathématiques.
S5.4 Stratégies					
<ul style="list-style-type: none"> • Structure couple : principe, application moteur essence et moteur diesel. • Pour chaque stratégie étudiée : <ul style="list-style-type: none"> ○ identification des paramètres d'entrée, interne, de calibration, de sortie ; ○ prise en compte et influence des grandeurs calibrables sur la réponse moteur et les émissions. 					<ul style="list-style-type: none"> • On se limitera à l'étude du cheminement dans la stratégie et à la connaissance des ordres de grandeur et des limites des valeurs « calibrables » et des valeurs moteur.

S6 Conversion et optimisation de l'énergie

S6.1 Les carburants					
Savoirs, connaissances (concepts, notions, méthodes)	Niveau taxonomique				Limites de connaissances et commentaires
	1	2	3	4	
S6.1.1 Notion d'énergie, sources d'énergie • Différentes formes d'énergie utilisées par les moteurs et les véhicules. • Sources, vecteurs d'énergie, production et stockage.					• On traitera cette partie en liaison avec S2, en développant particulièrement : • les carburants d'origine fossile et agro-carburants, biogaz ; • la production et le stockage de l'énergie électrique.
S6.1.2 Pétrole • Son origine et les traitements permettant d'obtenir les carburants usuels.					• On se limitera à des connaissances générales.
S6.1.3 Caractéristiques physico-chimiques des carburants usuels liquides et gazeux • Définitions et valeurs usuelles ou normalisées des caractéristiques. • Influences des caractéristiques des carburants sur le fonctionnement des moteurs (à froid, à chaud, en transitoire...).					• On s'appuiera sur les fiches de spécifications de carburant. • Il conviendra de comparer les carburants selon leurs caractéristiques. • On développera par exemple les conditions de vaporisation et de combustion, ou d'écoulement.
S6.2 La combustion					
S6.2.1 Exploitation de l'équation bilan • Equation bilan stœchiométrique : o dosage, Richesse, A/F, lambda ; o concentration molaire en gaz secs et humides.					• Equilibre de l'équation. • Calcul d'une concentration molaire.
• Equation bilan à richesse différente de 1 : o calcul de la richesse à partir des concentrations : bilan carbone, 5 gaz, compatibilité.					• On donnera les produits de combustion et les équations bilans nécessaires au calcul.
• Energie de combustion : o enthalpie de réaction, définition du PCI, PCS ; o énergie potentielle par unité de volume de mélange.					• Cette partie se fera en liaison avec S2.
• Potentiel d'émission de CO ₂ : o calcul en g.kJ-1; o valeurs typiques pour les carburants usuels, bilan du « réservoir à la roue », du « puits à la roue ».					• Dans le contexte des enjeux environnementaux (voir S1.2), il s'agit de mettre en évidence les émissions de gaz à effet de serre pour divers carburants, en faisant un bilan global.
S6.2.2 Aspects cinétiques					
• Typologie (définition) des combustions : o pré mélange ; o diffusante ; o nouveaux procédés : CAI, HCCI, « flameless ».					• Description et caractéristiques des combustions.
• Vitesse de combustion : o notions de cinétique de combustion : étapes élémentaires, rôle des radicaux libres, Vitesses laminaire et turbulente ; o déroulement typique d'une combustion en mélange homogène, propagation par diffusion thermique et chimique (radicaux) ; o conditions d'inflammabilité, couche limite, coincement de flamme.					• On en restera à un point de vue descriptif. Le but est de mettre en place des arguments pour justifier le comportement « réel » des combustions dans les moteurs.
• Outils d'analyse de la combustion : o loi dégagement d'énergie, fraction brûlée ; o définition, tracé, unités (valeurs relatives, en énergie) ; o principe de calcul (premier principe) ; o pertes de chaleur aux parois ; o exploitation : • CA (crank angle) caractéristiques, HLC ; • délai, durée de combustion.					• On pourra citer des exemples de modèles de transfert thermique. • On donnera les ordres de grandeurs typiques de ces paramètres.

<ul style="list-style-type: none"> • Facteurs d'influence : <ul style="list-style-type: none"> ○ configuration moteur : rapport volumétrique, forme de chambre de combustion... <ul style="list-style-type: none"> • réglages moteur : avance, richesse, dilution ; • paramètres d'exploitation : charge, régime, carburant. 				<ul style="list-style-type: none"> • Il s'agit de décrire, de façon analytique, le comportement des combustions en fonction des paramètres cités.
S6.2.3 Spécificités de combustion				
<ul style="list-style-type: none"> • Diesel : <ul style="list-style-type: none"> ○ phases de la combustion ; ○ gradient de pression, bruit, contraintes mécaniques ; ○ facteurs d'influence : <ul style="list-style-type: none"> • taux d'introduction ; • aérodynamique interne : swirl, chasse ; • analyse du délai ; • incidence des réglages de fractionnement et de phasage injection. 				<ul style="list-style-type: none"> • Il s'agit des connaissances de base du comportement de la combustion dans les moteurs Diesel, avec les paramètres de réglage et leurs influences sur l'évolution de la pression cylindre, les émissions...
<ul style="list-style-type: none"> • Charge stratifiée : <ul style="list-style-type: none"> ○ typologie des stratifications ; ○ évolution du dégagement d'énergie ; ○ incidence des réglages de fractionnement et de phasage injection. 				<ul style="list-style-type: none"> • Il s'agit des connaissances de base du comportement de la combustion dans les moteurs Diesel, avec les paramètres de réglage et leurs influences sur l'évolution de la pression cylindre, les émissions...
<ul style="list-style-type: none"> • « flameless », CAI, HCCI : <ul style="list-style-type: none"> ○ principes généraux ; ○ contrôle de la combustion par la dilution. 				<ul style="list-style-type: none"> • On s'attachera à décrire les méthodes de contrôle du calage de la combustion en boucle fermée.
<ul style="list-style-type: none"> • Combustions anormales : <ul style="list-style-type: none"> ○ cliquetis ; ○ autres : pré-allumage, rumble. 				<ul style="list-style-type: none"> • On décrira les phénomènes, les facteurs d'influence, les principes de détection, de prévention et de remédiation.
S6.3 Cycles moteurs				
S6.3.1 Les cycles théoriques				
<ul style="list-style-type: none"> • Comparaison des rendements à iso rapport volumétrique, iso pression maxi, iso masse de gaz). 				<ul style="list-style-type: none"> • Cette partie sera liée à S2.
S6.3.2 Les cycles réels				
<ul style="list-style-type: none"> • Nomenclature des pertes (levée des hypothèses entre le Beau de Rochas et le cycle réel). • Définition, calcul de : <ul style="list-style-type: none"> ○ travail indiqué, indiqué BP et HP ; ○ pressions moyennes Indiquées (BP, HP) ; ○ estimation PMIBP par le différentiel de pression échappement-admission. 				<ul style="list-style-type: none"> • Connaissances de base du motoriste : grandeurs caractéristiques des cycles d'un point de vue énergie / travail.
S6.3.3 Chaîne des rendements				
<ul style="list-style-type: none"> • Bilan énergétique du moteur. • Pertes mécaniques : <ul style="list-style-type: none"> ○ définition des pertes en termes de couple, d'énergie (PMF) ; ○ méthodes de détermination ; ○ valeurs typiques ; ○ facteurs d'influence : température, régime, lubrifiants, architecture moteur. • Définition des rendements partiels et du rendement effectif : <ul style="list-style-type: none"> ○ de combustion ; ○ de forme ; ○ mécanique ; ○ indiqué, indiqué HP. • Chaîne des rendements. • Facteurs d'influence, « analyse moteur » : <ul style="list-style-type: none"> ○ configuration moteur : rapport volumétrique, forme de chambre de combustion... ○ réglage moteur : avance, richesse, dilution ; ○ paramètres d'exploitation : charge, régime. 				<ul style="list-style-type: none"> • Bilan des entrées sorties en termes d'énergie. • Lien avec S4.3. • La chaîne des rendements sera décrite en termes de couple, puissance, énergie, pressions moyennes. • On précisera les ordres de grandeur des répartitions. • On précisera pour les différentes grandeurs les formules de définition, et les formules « pratiques » permettant de la calculer dans les conditions du métier. • Les relations et méthodes de calculs des différentes grandeurs seront détaillées. • On pourra utiliser les droites de Willans pour illustrer la chaîne des rendements.

S6.4 Optimisation énergétique					
S6.4.1 Méthodes d'adaptation du moteur à sa machine d'exploitation • Equation de résistance à l'avancement, loi hélice, autres charges. • Paramètres permettant l'adaptation du moteur sur des critères de consommation et ou de pollution. S6.4.2 Cogénération, récupération d'énergie • Centrale à cogénération : définition, rendement global d'installation. S6.4.3 Hybridation - gestion de l'énergie • Typologie des hybridations. • Modes de gestion de l'énergie électrique-thermique.				<ul style="list-style-type: none"> • On modélisera les charges, et on les représentera dans le champ moteur. • On précisera les influences des paramètres de transmission sur le rendement, les émissions... • On dressera le bilan énergétique au niveau du moteur et de l'installation globale. • Il s'agit d'évaluer l'impact de l'hybridation sur le gain en termes de consommation et d'émissions polluantes. 	
S6.5 Emissions					
Savoirs, connaissances (concepts, notions, méthodes)	Niveau taxonomique				Limites de connaissances et commentaires
	1	2	3	4	
S6.5.1 Caractéristiques des polluants réglementés : • Impact des polluants sur la santé et l'environnement. • Limites d'émissions en cours et à venir.					
S6.5.2 Conditions de formation des polluants à la source • Aspects chimiques et physiques. • Diagramme de Pishinger.					
S6.5.3 Facteurs d'influence sur les émissions à la source • Configuration moteur : rapport volumétrique, géométrie de la chambre. • Configuration système injection : position injecteur, atomisation. • Paramètres de réglage : avance à l'allumage, à l'injection, richesse, dilution.					
S6.5.4 Post traitement • Trifonctionnel : <ul style="list-style-type: none"> ○ équations chimiques de base ; ○ structure du pot catalytique ; ○ typologie et action des catalyseurs ; ○ efficacité et facteurs d'influence, critère de mise en action ; ○ notion « d'OSC » : définition, mesure. • Particules : <ul style="list-style-type: none"> ○ constitution d'un FAP et des systèmes associés ; ○ stratégies de régénération, avec et sans additif. • Spécifique NOx : <ul style="list-style-type: none"> ○ constitution ; ○ principe de fonctionnement, stratégies pour déNox et SCR. • Association des éléments de post-traitement : <ul style="list-style-type: none"> ○ influence de l'ordre des éléments sur l'efficacité ; ○ choix et stratégies d'association des éléments. 					<ul style="list-style-type: none"> • La partie « équations » sera faite en liaison avec l'enseignement de la physique chimie.

S7 Mesures et mise au point moteur

S7.1 Mesures					
Savoirs, connaissances (concepts, notions, méthodes)	Niveau taxonomique				Limites de connaissances et commentaires
	1	2	3	4	
S7.1.1 Principes généraux d'une chaîne d'acquisition de données • Capteur, conditionneur, convertisseur. • Mesurande, étendue de mesure, sensibilité, linéarité. • Etalonnage, zéro, pleine échelle.					• Cette partie se fera en liaison avec les enseignements de physique chimie.
S7.1.2 Qualité des mesures • Incertitudes, résolution, propagation des incertitudes, répétabilité, reproductibilité.					• Cette partie se fera en liaison avec les mathématiques.
S7.1.3 Nomenclature des grandeurs physiques mesurées et capteurs associés • Principes physiques, conditions d'utilisation et de montage (mise en œuvre), caractéristiques de sortie, critères de choix, disponibilité (catalogues).					• On se limitera aux grandeurs usuellement mesurées sur un moteur et son environnement.
S7.1.4 Mesures spécifiques • Acquisition pression-cylindre, configuration amplificateur de charge, filtrage, calage PMH (logiciel, par capteur PMH), pression de référence. • Consommation de carburant : balances, débitmètres spécifiques.					
S7.1.5 Instrumentation – maquetage • Implantation typique des capteurs de température, piquage pression et polluants, montage codeur angulaire, capteurs de pression cylindre.					• On prendra des exemples pour des mesures au niveau de l'instrumentation et au niveau du contrôle moteur. Exemples de cahiers d'instrumentation.
S7.2 Structure et principes des systèmes numériques					
S7.2.1 Généralités : • Systèmes de numération : bases binaire décimale et hexadécimale, conversion entre bases. • Structure des cartographies, interpolation double. • Conversions grandeurs physiques / variables calculateur.					
S7.2.2 Organisation fonctionnelle et structurelle d'un calculateur émulé • Structure et caractéristiques (variables RAM et ROM, micro-processeur...) • Outils de pilotage et de communication du contrôle moteur. • Configuration et utilisation (mesures, calibrations, enregistrements, gestion de base de données).					• On identifiera les différentes parties et fonctions du calculateur (entrées, sorties, alimentation, mémoire). • On identifiera le protocole de communication.
S7.2.3 Projet de MAP / logiciel de MAP • Fichier descripteur, fichier calibration. • Page de travail, page de référence. • Environnement de travail, écrans d'interface. • Méthodes de découpage et d'assemblage de calibrations.					
S7.2.4 Communication entre systèmes • Liaison série, bus CAN, LIN...messagerie (databases). • Structure et communication avec l'ECU.					• Structure des messages, intégration d'une « database » à un système d'analyse de trame.

S7.3 Régulation / asservissement					
Savoirs, connaissances (concepts, notions, méthodes)	Niveau taxonomique				Limites de connaissances et commentaires
	1	2	3	4	
S7.3.1 Généralités <ul style="list-style-type: none"> • Structure d'un système asservi. • Qualités d'un système. • Définition et caractéristiques de régulation type P, PI, PID. 					<ul style="list-style-type: none"> • On adoptera un point de vue pragmatique plutôt que mathématique. • On pourra utiliser des logiciels de simulation.
S7.3.2 Régulateurs industriels <ul style="list-style-type: none"> • Exemple typique de la régulation de température ; Kp, TI, Td, RPM, BP. • Méthodes expérimentales de réglage. 					
S7.3.3 Asservissements dans les contrôles moteurs <ul style="list-style-type: none"> • Schéma-blocs typiques, configuration des blocs. • Boucles d'état. 					<ul style="list-style-type: none"> • Le contrôle de position d'une vanne de débit d'EGR constitue un exemple pertinent. • On s'appuiera également sur d'autres exemples (pression rail...).
S7.4 Moyens d'essais : banc moteur					
S7.4.1 Organisation du moyen d'essai <ul style="list-style-type: none"> • Description des fonctions nécessaires et disponibles sur un banc moteur : <ul style="list-style-type: none"> ○ sécurités : survitesse, surcharge, températures, gaz toxiques, incendie ; ○ alimentation en air contrôlé ; ○ charge ; ○ dissipation de l'énergie ; ○ régulations de température : air comburant, carburant, liquide de refroidissement, huile... ○ pilotage de banc (systèmes de) ; ○ consommation carburant et comburant ; ○ ambiance contrôlée : température, pression (altitude). 					<ul style="list-style-type: none"> • On est dans ce paragraphe dans un contexte de description des fonctions réalisées sur un banc.
S7.4.2 Typologie des essais moteurs <ul style="list-style-type: none"> • Caractérisation, mise au point : <ul style="list-style-type: none"> ○ réponse à une variable (ex : chapeau d'avance) ; ○ réponse à 2 variables (ex : CSE = f(N, charge)) ; ○ réponse à n variables (PLEX). • Autres essais : chargement / vieillissement / catalyseurs / régénération FAP... • Essai d'endurance, de fatigue vibratoire. • Essais d'agrément : <ul style="list-style-type: none"> ○ DAF (départ à froid). • Autres essais : <ul style="list-style-type: none"> ○ caractérisation des frottements. 					<ul style="list-style-type: none"> • Description des modalités et des cycles des essais. • Justification du type d'essai par rapport à l'objectif visé.
S7.4.3 Structure et principes de fonctionnement des systèmes <ul style="list-style-type: none"> • Machines de charge : <ul style="list-style-type: none"> ○ freins ; ○ bancs à inertie ; ○ machines dynamique et haute dynamique. • Types de régulation : différents modes de régulation et d'exploitation des machines de charge. • Pilotage des bancs : <ul style="list-style-type: none"> ○ organisation générale ; ○ configuration des consignes, des cycles, des sécurités par des logiciels dédiés. 					<ul style="list-style-type: none"> • On précisera la signification des types de régulation : vitesse pédale, vitesse couple, couple –vitesse, loi quadratique, loi de route, cycles dynamiques. • Les essais d'homologation (émissions polluantes) sont traités au paragraphe S7.5. • On se limitera à la description des caractéristiques de fonctionnement (l'aspect électrotechnique sera abordé en enseignement de physique). • On donnera la description des principes, des actionneurs utilisés. • On justifiera le type de régulation par rapport à l'objectif de l'essai.

S7.5 Moyens d'essais : banc à rouleau					
Savoirs, connaissances (concepts, notions, méthodes)	Niveau taxonomique				Limites de connaissances et commentaires
	1	2	3	4	
S7.5.1 Organisation du moyen d'essai • Description des fonctions nécessaires et disponibles : pilotage de banc en mode loi de route ; simulation inertie, inertie équivalente.					• Il s'agit de décrire l'organisation générale, d'un banc à rouleau et les fonctions principales qu'il réalise : <ul style="list-style-type: none"> ○ sécurités : bridage véhicule, gaz toxiques, incendie ; ○ alimentation en air contrôlé ; ○ charge ; ○ dissipation de l'énergie.
S7.5.2 Typologie des essais / normes • Essais normalisés : Européens : NEDC, WLTC, départ à froid (-7°C), évolutions : <ul style="list-style-type: none"> ○ préparation véhicule ; ○ profil vitesse / temps ; ○ limites des émissions. 					
S7.5.3 Réglage du banc à rouleau • Loi de route, coast-down. • Loi de frein, pertes.					
S7.6 Mesure des polluants					
S7.6.1 Appareils, analyseurs • Fumimètre. • Opacimètre. • Analyseurs de gaz (baie 5 gaz et autres composés : NH3...). • Compteurs de particules. • Systèmes embarqués (PEMS).					• On indiquera les principes de fonctionnement, les caractéristiques principales, et les conditions de mise en œuvre.
S7.6.2 Cycles routiers au banc à rouleau • Prélèvement continu de gaz dilués à volume d'échantillon constant (CVS). • Schéma, principe, nécessité de la dilution. • Facteur de dilution, calculs en g/phase et g/km.					
S7.6.3 Cycles réalisés au banc moteur (Poids Lourds) • Cycles ESC, ELR, ETC, WHTC, WHSC et évolutions : définitions, profils. • Prélèvement des gaz : schéma, principe. • Pondération, calcul des émissions spécifiques en g.kWh ⁻¹ .					
S7.7 Essais spécifiques					
S7.7.1 Banc de débit • Soufflerie culasse : perméabilité. • Caractérisation de composant (papillon, vanne EGR).					• Schéma et principe des bancs. • Typologie d'essais réalisés sur ces bancs. • Liaison avec la mécanique des fluides : écoulement isentropique.
S7.7.2 Banc d'injecteurs • Caractérisation des injecteurs : débit statique, débit dynamique, offset...					
S7.7.3 Banc d'organes • Caractérisation des composants.					
S7.8 Mise au point					
S7.8.1 Cahier des charges-allocations-interactions • Définition et exemples de CdC en termes de prestations client, d'allocation polluants / consommation...					• On prendra des exemples de compromis inter prestations. • Dans le cadre des services attendus / prestation client on abordera : <ul style="list-style-type: none"> ○ les contraintes liées à la qualité du ressenti client : temps de réactions, bruits, consommation, brio, émissions à la canule ; ○ la maintenabilité, durabilité. • L'ensemble est à traiter au travers d'études de cas : démarrage à froid,

			performances pleine charge ; charge partielle conso/émissions, transitoires...
<p>S7.8.2 Comportements génériques des moteurs associés aux prestations client</p> <ul style="list-style-type: none"> • Grandeurs observées : remplissage, performances pleine charge, CSE, polluants, températures, pressions cylindre, gradient de pression, bruit... • Eléments de réglage : distribution, avance (allumage, injection), pression injection, fractionnement injection, pression de suralimentation, dilution... • Limites typiques : température, bruit, pression de combustion, cliquetis... 			<ul style="list-style-type: none"> • Il s'agit des « courbes typiques » d'évolution des grandeurs observées en fonction des variables, p-alfa... • On pourra utiliser des réseaux iso caractéristiques pour dégager les valeurs optimales et les critères de robustesse. • On s'efforcera de justifier les évolutions des différentes grandeurs et les choix de réglage associés.
<p>S7.8.3 Outils de dépouillement et d'analyse</p> <ul style="list-style-type: none"> • Tracé de graphiques, calculs courants dans des tableurs, grapheurs et logiciels de modélisation multi-physique. • Utilisation d'un logiciel d'exploitation de résultats de PLEX. • Bases de la programmation : <ul style="list-style-type: none"> • variables, tableaux ; • structures algorithmiques de base (itératives et sélectives). 			<ul style="list-style-type: none"> • Il s'agit de décrypter, éventuellement de modifier une macro ou un script intégrés dans un logiciel. • Il s'agit de l'exploitation des données disponibles, des calculs de nouvelles valeurs à partir des données, de la mise en forme et de la présentation des résultats... • Les connaissances basiques de la programmation doivent permettre de réaliser la modification, la création (à un niveau simple), l'établissement d'une demande à un service spécialisé, un traitement de données automatisé.
<p>S7.8.4 Méthodes et outils d'organisation</p> <ul style="list-style-type: none"> • Cadrage d'un projet : <ul style="list-style-type: none"> ○ notions de délais, de coûts et de qualité de la prestation ; ○ organisation des services dans l'entreprise : relation fournisseur / client en interne / externe, demande d'essai... • Planification d'un projet : <ul style="list-style-type: none"> ○ diagramme de Gantt ; ○ notions de charge et d'affectation de tâches. • Pilotage d'un projet : <ul style="list-style-type: none"> ○ les moyens de communication opérationnelle ; ○ méthode de suivi et d'actualisation périodique du projet. • Capitalisation des acquis. 			<ul style="list-style-type: none"> • On se limitera à : identifier le contexte de l'étude, le marché et les enjeux inhérents, de sensibiliser l'étudiant au triangle de performance « coût, qualité, temps », et d'identifier les ressources humaines et matérielles. • On se limitera à l'élaboration d'une planification simple (type macro planning) et à la lecture du planning existant détaillé avec utilisation d'un logiciel de gestion de projet. • Les pratiques dans ce domaine (archivage, mutualisation, ...) seront observées par l'étudiant lors de son stage en entreprise.

S8 Communication

S8.1 Éléments généraux de la communication professionnelle					
Savoirs, connaissances (concepts, notions, méthodes)	Niveau taxonomique				Limites de connaissances et commentaires
	1	2	3	4	
<ul style="list-style-type: none"> • Les éléments de la communication : <ul style="list-style-type: none"> ○ les acteurs dans les différentes situations professionnelles ; ○ le fond du message ; ○ les composantes de la transmission du message (communication verbale, non verbale...). 					<ul style="list-style-type: none"> • La maîtrise du vocabulaire technique est évidemment présente partout et se construit au travers de l'ensemble des savoirs S1 à S7 y compris en anglais.
<ul style="list-style-type: none"> • Connaissance de soi et de l'autre : <ul style="list-style-type: none"> ○ attitudes ; ○ comportements ; ○ facteurs d'influence sociale (valeurs et préjugés...). 					
S8.2 Outils de la communication professionnelle					
<ul style="list-style-type: none"> • Techniques de communication dans les relations entre les différents acteurs concernés par le projet : <ul style="list-style-type: none"> ○ prise en compte des enjeux (négociation, conseil, prescription, suivi de l'intervention et du dossier, contrôle de la prestation) ; ○ techniques de prise de parole en réunion ; ○ outils d'aide à la communication orale. 					
S8.3 Communication écrite dans le métier de motoriste					
<ul style="list-style-type: none"> • Transmission d'informations : <ul style="list-style-type: none"> ○ définition d'un objectif de communication, du message à transmettre, du destinataire (toute personne en consultation ou donneur d'ordre) ; ○ méthodes de collecte, d'analyse et de structuration des informations avant de les retranscrire ; ○ mise en forme d'un écrit (rapport, note de synthèse...). 					

S9 Culture générale et expression

L'enseignement du français dans les sections de techniciens supérieurs se réfère aux dispositions de l'arrêté du 16 novembre 2006 (BOEN n° 47 du 21 décembre 2006) fixant les objectifs, les contenus de l'enseignement et le référentiel de capacités du domaine de la culture générale et expression pour le brevet de technicien supérieur.

S10 Langue vivante étrangère 1

L'enseignement des langues vivantes dans les sections de techniciens supérieurs se réfère aux dispositions de l'arrêté du 22 juillet 2008 (BOESR n° 32 du 28 août 2008) fixant les objectifs, les contenus de l'enseignement et le référentiel de capacités du domaine des langues vivantes pour le brevet de technicien supérieur.

1. Le niveau exigible en fin de formation

Le niveau visé est celui fixé dans les programmes pour le cycle terminal (BO hors série n°7 28 août 2003) en référence au *Cadre européen commun de référence pour les langues* (CECRL) : le niveau B2 pour l'anglais ; le niveau B1 pour la langue vivante étrangère facultative.

Dans le CECRL, le niveau B2 est défini de la façon suivante :

« Peut comprendre le contenu essentiel de sujets concrets ou abstraits dans un texte complexe, y compris une discussion technique dans sa spécialité ; peut communiquer avec un degré de spontanéité et d'aisance tel qu'une conversation avec un locuteur natif ne comporte de tension ni pour l'un ni pour l'autre ; peut s'exprimer de façon claire et détaillée sur une grande gamme de sujets, émettre un avis sur un sujet d'actualité et exposer les avantages et les inconvénients de différentes possibilités ».

2. Les contenus

Pour une présentation détaillée des objectifs, des contenus et des activités langagières aux niveaux B1 et B2 (« *Programme et définition d'épreuve de langue vivante étrangère dans les brevets de technicien supérieur relevant du secteur industriel* »), voir l'arrêté du 22 juillet 2008 et ses annexes.

2.1. Grammaire

Au niveau B2, un étudiant a un assez bon contrôle grammatical et ne fait pas de fautes conduisant à des malentendus.

La maîtrise opératoire des éléments morphologiques, syntaxiques et phonologiques figurant au programme des classes de première et terminale constitue un objectif raisonnable. Il conviendra d'en assurer la consolidation et l'approfondissement.

2.2. Lexique

La compétence lexicale d'un étudiant au niveau B2 est caractérisée de la façon suivante.

Étendue : possède une bonne gamme de vocabulaire pour des sujets relatifs à son domaine et les sujets les plus généraux ; peut varier sa formulation pour éviter des répétitions fréquentes, mais des lacunes lexicales peuvent encore provoquer des hésitations et l'usage de périphrases.

Maîtrise : l'exactitude du vocabulaire est généralement élevée bien que des confusions et le choix de mots incorrects se produisent sans gêner la communication.

Dans cette perspective, on réactivera le vocabulaire élémentaire de la langue de communication afin de doter les étudiants des moyens indispensables pour aborder des sujets généraux.

C'est à partir de cette base consolidée que l'on pourra diversifier les connaissances en fonction notamment des besoins spécifiques de la profession, sans que ces derniers n'occultent le travail indispensable concernant l'acquisition du lexique plus général lié à la communication courante.

2.3. Éléments culturels

Outre les particularités culturelles liées au domaine professionnel (écriture des dates, unités monétaires, abréviations, heure, sigles, code vestimentaire, modes de communication privilégiés, vie des entreprises), le technicien supérieur doit montrer une connaissance des pays dont il étudie la langue. La connaissance des pratiques sociales et des contextes économiques et politiques est indispensable à une communication efficace, qu'elle soit limitée ou non au domaine professionnel.

2.4. Objectifs de l'enseignement technologique en langue vivante étrangère (ETLV)

dans le prolongement du cours d'anglais, poursuivre le travail sur les activités langagières en les appliquant au domaine professionnel spécifique à la section et aux gestes techniques en contexte ;

assurer une veille documentaire par la fréquentation de la presse ou de sites d'informations scientifiques ou généralistes en langue anglaise et placer ainsi le domaine professionnel de la section dans une perspective complémentaire : celle de la culture professionnelle et de la démarche scientifique (parallèle ou concurrente) des pays anglophones.

S11 Mathématiques

L'enseignement des mathématiques dans les sections de techniciens supérieurs se réfère aux dispositions figurant aux annexes I et II de l'arrêté du 4 juin 2013 fixant les objectifs, les contenus de l'enseignement et le référentiel des capacités du domaine des mathématiques pour les brevets de technicien supérieur.

Les dispositions de cet arrêté sont précisées pour ce BTS de la façon suivante.

I – Lignes directrices

Objectifs spécifiques à la section

L'étude de phénomènes continus issus des sciences physiques et de la technologie constitue un des objectifs essentiels de la formation des techniciens supérieurs en productique mécanique. Ils sont décrits mathématiquement par des fonctions obtenues le plus souvent comme solutions d'équations différentielles.

Une *vision géométrique* des problèmes doit imprégner l'ensemble de l'enseignement car les méthodes de la géométrie jouent un rôle capital en analyse et dans leurs domaines d'intervention : apports du langage géométrique et des modes de représentation.

Enfin la *connaissance de quelques méthodes statistiques* pour contrôler la qualité d'une fabrication est indispensable dans cette formation.

Organisation des contenus

C'est en fonction de ces objectifs que l'enseignement des mathématiques est conçu ; il peut s'organiser autour de *cinq pôles* :

- une étude des *fonctions usuelles*, c'est-à-dire exponentielles, puissances et logarithme dont la maîtrise est nécessaire à ce niveau ;
- la résolution d'*équations différentielles* dont on a voulu marquer l'importance, en relation avec les problèmes d'évolution ;
- la résolution de *problèmes géométriques* rencontrés dans les divers enseignements, y compris en conception assistée par ordinateur ;
- une initiation au *calcul des probabilités*, suivie de notions de *statistique inférentielle* débouchant sur la construction des tests statistiques les plus simples utilisés en contrôle de qualité ;
- une valorisation des *aspects numériques et graphiques* pour l'ensemble du programme, une initiation à quelques méthodes élémentaires de *l'analyse numérique* et l'utilisation à cet effet des *moyens informatiques* appropriés : calculatrice programmable à écran graphique, ordinateur muni d'un tableur, de logiciels de calcul formel, de géométrie ou d'application (modélisation, simulation,...).

Organisation des études

En première et en deuxième année, l'horaire hebdomadaire est de 2 heures en classe entière (dont une demi-heure en co-enseignement) + 1 heure de travaux dirigés.

II – Programme

Le programme de mathématiques est constitué des modules suivants :

Fonctions d'une variable réelle, à l'exception des paragraphes « *Approximation locale d'une fonction* » et « *Courbes paramétrées* ».

Calcul intégral, à l'exception du paragraphe « *Formule d'intégration par parties* ».

Équations différentielles.

Statistique descriptive.

Probabilités 1.

Probabilités 2, à l'exception du paragraphe « *Exemples de processus aléatoires* ».

Statistique inférentielle

Configurations géométriques.

Calcul vectoriel.

III – Programme complémentaire

Le programme complémentaire ne fait pas l'objet d'une évaluation et peut être enseigné durant les heures d'accompagnement personnalisé de deuxième année.

Cet apport est un approfondissement qui peut être utile aux étudiants souhaitant des compléments spécifiques de modélisation géométrique et de calcul matriciel.

Modélisation géométrique.

Calcul matriciel.

S12 Physique - Chimie

✓ Préambule

L'enseignement de la physique-chimie en section de techniciens supérieur « **Moteur à combustion interne** », s'appuie sur la formation scientifique acquise dans le second cycle. Il vise à renforcer la maîtrise de la démarche scientifique afin de donner à l'étudiant l'autonomie nécessaire pour réaliser les tâches professionnelles qui lui seront proposées dans son futur métier et agir en citoyen responsable. Cet enseignement vise l'acquisition ou le renforcement chez les futurs techniciens supérieurs des connaissances, des modèles physiques et des capacités à les mobiliser dans le cadre de leur exercice professionnel. Il doit leur permettre de faire face aux évolutions technologiques qu'il rencontrera dans sa carrière et s'inscrire dans le cadre d'une formation tout au long de la vie.

Les compétences propres à la démarche scientifique doivent permettre à l'étudiant de prendre des décisions éclairées et d'agir de manière autonome et adaptée. Ces compétences nécessitent la maîtrise de capacités qui dépassent largement le cadre de l'activité scientifique :

- confronter ses représentations avec la réalité ;
- observer en faisant preuve de curiosité ;
- mobiliser ses connaissances, rechercher, extraire et organiser l'information utile fournie par une situation, une expérience ou un document ;
- raisonner, démontrer, argumenter, exercer son esprit d'analyse.

Le programme de physique-chimie est organisé en deux parties :

- dans la première partie sont décrites les compétences que la pratique de la **démarche expérimentale** permet de développer. Ces compétences et les capacités associées seront exercées et mises en œuvre dans des situations variées tout au long des deux années en s'appuyant sur les domaines étudiés décrits dans la deuxième partie du programme. Leur acquisition doit donc faire l'objet d'une programmation et d'un suivi dans la durée ;
- dans la deuxième partie sont décrites les **connaissances et capacités** qui sont organisées en deux colonnes : à la première colonne « notions et contenus » correspond une ou plusieurs « capacités exigibles » de la deuxième colonne. Celle-ci met ainsi en valeur les éléments clefs constituant le socle de connaissances et de capacités dont l'assimilation par tous les étudiants est requise.

Le programme indique les objectifs de formation à atteindre pour tous les étudiants. Il ne représente en aucun cas une progression imposée. Le professeur doit organiser son enseignement en respectant quatre grands principes directeurs :

- la mise en activité des élèves : l'acquisition des connaissances et des capacités sera d'autant plus efficace que les étudiants auront effectivement mis en œuvre ces capacités. La démarche expérimentale et l'approche documentaire permettent cette mise en activité. Le professeur peut mettre en œuvre d'autres activités allant dans le même sens ;
- la mise en contexte des connaissances et des capacités : le questionnement scientifique, prélude à la construction des notions et concepts, se déploiera à partir d'objets technologiques, de procédés simples ou complexes, relevant du domaine professionnel de la section. Pour dispenser son enseignement, le professeur s'appuie sur la pratique professionnelle ;
- une adaptation aux besoins des étudiants : un certain nombre des capacités exigibles du programme relèvent des programmes de lycées et sont donc déjà maîtrisées par les étudiants. La progression doit donc tenir compte des acquis des étudiants ;
- une nécessaire mise en cohérence des différents enseignements scientifiques et technologiques : la progression en physique-chimie doit être articulée avec celles mises en œuvre dans les enseignements de mathématiques et de sciences et techniques industrielles.

Le professeur peut être amené à présenter des notions en relation avec des projets d'étudiants ou avec leurs stages, notions qui ne figurent pas explicitement au programme. Ces situations sont l'occasion pour les étudiants de mobiliser les capacités visées par la formation dans un contexte nouveau et d'en conforter la maîtrise. Les connaissances complémentaires ainsi acquises ne sont pas exigibles.

✓ La démarche expérimentale

Les activités expérimentales mises en œuvre dans le cadre d'une démarche scientifique mobilisent les compétences qui figurent dans le tableau ci-dessous. Des capacités associées sont explicitées afin de préciser les contours de chaque compétence : elles ne constituent pas une liste exhaustive et peuvent parfois relever de plusieurs compétences.

Les compétences doivent être acquises à l'issue de la formation en STS, le niveau d'exigence étant naturellement à mettre en perspective avec celui des autres composantes du programme de la filière concernée. Elles nécessitent d'être régulièrement mobilisées par les étudiants et sont évaluées en s'appuyant, par exemple, sur l'utilisation de grilles d'évaluation. Cela nécessite donc une programmation et un suivi dans la durée.

L'ordre de présentation de celles-ci ne préjuge pas d'un ordre de mobilisation de ces compétences lors d'une séance ou d'une séquence.

Compétence	Capacités (liste non exhaustive)
S'approprier	<ul style="list-style-type: none">- Comprendre la problématique du travail à réaliser.- Adopter une attitude critique vis-à-vis de l'information.- Rechercher, extraire et organiser l'information en lien avec la problématique.- Connaître le vocabulaire, les symboles et les unités mises en œuvre.
Analyser	<ul style="list-style-type: none">- Choisir un protocole/dispositif expérimental.- Représenter ou compléter un schéma de dispositif expérimental.- Formuler une hypothèse.- Proposer une stratégie pour répondre à la problématique.- Mobiliser des connaissances dans le domaine disciplinaire.
Réaliser	<ul style="list-style-type: none">- Organiser le poste de travail.- Régler le matériel/ le dispositif choisi ou mis à sa disposition.- Mettre en œuvre un protocole expérimental.- Effectuer des relevés expérimentaux.- Manipuler avec assurance dans le respect des règles de sécurité.- Connaître le matériel, son fonctionnement et ses limites.
Valider	<ul style="list-style-type: none">- Critiquer un résultat, un protocole ou une mesure.- Exploiter et interpréter des observations, des mesures.- Valider ou infirmer une information, une hypothèse, une propriété, une loi.- Utiliser les symboles et unités adéquats.- Analyser des résultats de façon critique.
Communiquer	<ul style="list-style-type: none">- Rendre compte d'observations et des résultats des travaux réalisés.- Présenter, formuler une conclusion.- Expliquer, représenter, argumenter, commenter.
Être autonome, faire preuve d'initiative	<ul style="list-style-type: none">- Élaborer une démarche et faire des choix.- Organiser son travail.- Traiter les éventuels incidents rencontrés.

Concernant la compétence « **Communiquer** », la rédaction d'un compte-rendu écrit constitue un objectif de la formation. Les activités expérimentales sont aussi l'occasion de travailler l'expression orale lors d'un point de situation ou d'une synthèse finale. Le but est de poursuivre la préparation des étudiants de STS à la présentation des travaux et projets qu'ils auront à conduire et à exposer au cours de leur formation et, plus généralement, dans le cadre de leur métier. L'utilisation d'un cahier de laboratoire, au sens large du terme en incluant par exemple le numérique, peut constituer un outil efficace d'apprentissage.

Concernant la compétence « **Être autonome, faire preuve d'initiative** », elle est par nature transversale et participe à la définition du niveau de maîtrise des autres compétences. Le recours à des activités s'appuyant sur les questions ouvertes est particulièrement adapté pour former les élèves à l'autonomie et l'initiative.

Erreurs et incertitudes

Pour pratiquer une démarche expérimentale autonome et raisonnée, les étudiants doivent posséder de solides connaissances et capacités dans le domaine des mesures et des incertitudes : celles-ci interviennent aussi bien en amont au moment de l'analyse du protocole, du choix des instruments de mesure, etc. qu'en aval lors de la validation et de l'analyse critique des résultats obtenus. Les notions explicitées ci-dessous sont celles abordées dans les programmes du cycle terminal des filières S, STI2D et STL du lycée.

Les capacités exigibles doivent être maîtrisées par le technicien supérieur Moteur à Combustion interne.

Erreurs et incertitudes	
Notions et contenus	Capacités exigibles
Erreurs et notions associées	<ul style="list-style-type: none"> • Identifier les différentes sources d'erreurs (de limites à la précision) lors d'une mesure : variabilité du phénomène et de l'acte de mesure (facteurs liés à l'opérateur, aux instruments, etc.).
Incertitudes et notions associées	<ul style="list-style-type: none"> • Évaluer les incertitudes associées à chaque source d'erreurs. • Comparer le poids des différentes sources d'erreurs. • Évaluer l'incertitude de répétabilité à l'aide d'une formule d'évaluation fournie. • Évaluer l'incertitude d'une mesure unique obtenue à l'aide d'un instrument de mesure. • Évaluer, à l'aide d'une formule fournie, l'incertitude d'une mesure obtenue lors de la réalisation d'un protocole dans lequel interviennent plusieurs sources d'erreurs.
Expression et acceptabilité du résultat	<ul style="list-style-type: none"> • Maîtriser l'usage des chiffres significatifs et l'écriture scientifique. Associer l'incertitude à cette écriture. • Exprimer le résultat d'une opération de mesure par une valeur issue éventuellement d'une moyenne, et une incertitude de mesure associée à un niveau de confiance. • Évaluer la précision relative. • Déterminer les mesures à conserver en fonction d'un critère donné. • Commenter le résultat d'une opération de mesure en le comparant à une valeur de référence. • Faire des propositions pour améliorer la démarche.

✓ Connaissances et capacités

Les capacités exigibles privilégiant une approche expérimentale sont écrites en italique.

Partie A : Thermodynamique

A.1 Fondamentaux	
Notions et contenus	Capacités exigibles
<p>Énergie interne d'un système. Énergie d'un système, aspects macroscopique et microscopique. Vocabulaire et définitions (système, état d'équilibre, variables d'état, divers types de transformations, grandeurs intensives, grandeurs extensives, fonction d'état). Énergie interne U d'un système. Premier principe $\Delta U = W + Q$. Cas des phases condensées solides et liquides.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Expliquer la température comme une mesure de l'agitation des particules. • Expliquer la pression d'un gaz comme résultant des chocs élastiques des particules sur les parois. • Identifier le caractère intensif ou extensif d'une grandeur. • Expliquer la notion de travail W lors d'une transformation d'un système à partir des interactions macroscopiques entre les particules constitutives de ce système et l'extérieur. • Expliquer la notion de transfert thermique Q lors d'une transformation d'un système à partir des interactions microscopiques entre les particules constitutives de ce système et l'extérieur. • Établir un bilan d'énergie lors d'un transfert thermique entre deux systèmes en phase condensée. • <i>Mettre en œuvre un protocole expérimental pour déterminer une capacité thermique massique.</i>
<p>Cas des gaz parfaits : Énergie cinétique moyenne, capacités thermiques à volume constant ou à pression constante. Travail des forces de pression lors d'une compression ou d'une détente d'un gaz parfait.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Expliquer l'énergie cinétique microscopique d'un gaz parfait en fonction de l'agitation thermique des molécules le constituant. • Exploiter la première loi de Joule pour déterminer l'énergie interne d'un gaz parfait. • Évaluer la variation d'énergie interne pour un gaz parfait, les températures initiales et finales étant connues. • Évaluer le travail et la variation d'énergie interne dans les cas de transformations adiabatiques, isochores, isothermes ou

	isobares, polytropiques pour un gaz parfait. • Définir le travail de transvasement et le relier à la variation d'enthalpie H.
Définition et intérêt de l'enthalpie de changement d'état (chaleur latente de changement d'état).	• Etablir un bilan d'énergie pour déterminer une température d'équilibre lors d'un changement d'état. • <i>Mettre en œuvre un protocole expérimental pour déterminer une énergie de changement d'état.</i>

A.2. Moteurs thermiques	
Notions et contenus	Capacités exigibles
Application du premier principe aux machines thermiques cycliques dithermes en fonctionnement moteur uniquement. Affirmation de l'inégalité de Clausius dans ce même cas (on mentionnera à l'occasion le second principe sans aucun autre développement à son sujet). Rendement, théorème de Carnot. Exemples de traitements thermodynamiques de machines thermiques en fonctionnement moteur uniquement.	<ul style="list-style-type: none"> • Décrire le principe de fonctionnement des moteurs et identifier les transferts d'énergie mis en jeu pour réaliser un bilan énergétique. • Etablir le rendement théorique d'un cycle de Carnot d'un gaz parfait. • Exploiter des informations (simulations, textes, graphiques...) pour décrire une machine réelle au choix, en insistant sur la métallique, ionique, covalent ou moléculaire).

Applications métiers : Principe de fonctionnement d'un moteur à combustion interne (A2) ;
 Bilan thermodynamique d'un moteur à combustion interne (A1) ;
 Principe d'échange énergétique et grandeurs caractéristiques dans un turbocompresseur, un échangeur, une tuyère (A1) ;
 Application au cycle de RANKINE (A2).

Compétence technique associée : C1.1.

Savoirs techniques associées : S2.2.8, S6.3.

Partie B : Chimie

B.1 Réaction chimique	
Notions et contenus	Capacités exigibles
Masses molaires atomique et moléculaire : M ($\text{g}\cdot\text{mol}^{-1}$). La quantité de matière. Son unité : la mole.	<ul style="list-style-type: none"> • Évaluer une masse molaire moléculaire à partir des masses molaires atomiques. • Énoncer et exploiter les différentes relations permettant de calculer une quantité de matière exprimée en mole.
Transformation chimique, réaction, équation de réaction. Bilan de matière : réactif limitant, stœchiométrie, avancement.	<ul style="list-style-type: none"> • Distinguer les termes : transformation chimique, réaction, équation de réaction. • Dans le cas où une transformation chimique peut être modélisée par une seule réaction : <ul style="list-style-type: none"> - Établir l'équation de réaction qui modélise cette transformation ; - Établir un bilan de matière ; - Identifier le réactif limitant ; - Définir la notion de mélange stœchiométrique. • <i>Mettre en œuvre un protocole expérimental mettant en évidence les notions de réactif limitant, de stœchiométrie et d'avancement.</i>

B.2. Les combustions	
Notions et contenus	Capacités exigibles
Composition des carburants usuels et alternatifs. Combustions : combustibles ; comburants ; combustions complète ou incomplète.	<ul style="list-style-type: none"> • Extraire et exploiter des informations sur les carburants alternatifs (composition, utilisation ...). • Comparer les rejets en CO₂. • Extraire et exploiter des informations sur la distillation et le raffinage. • Distinguer carburant et comburant. • Établir et exploiter les équations des réactions de combustion de carburants (hydrocarbures).
Aspects énergétiques associés à la combustion ; ordres de grandeurs Pouvoir calorifique d'un combustible. Indice d'octane et cétane.	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Mettre en œuvre une démarche expérimentale permettant de vérifier que, lors d'une combustion, le système transfère de l'énergie au milieu extérieur sous forme thermique et estimer la valeur de cette énergie libérée.</i> • Évaluer, à l'aide d'une formule fournie, l'énergie libérée lors d'une combustion (variation d'enthalpie à pression constante). • Définir et comparer les pouvoirs calorifiques de quelques carburants. • Extraire et exploiter des informations sur les indices d'octane et de cétane.
Polluants. Protection contre les risques liés aux combustions.	<ul style="list-style-type: none"> • Extraire et exploiter des informations des fiches toxicologiques pour comprendre les effets physiologiques des polluants.

B.3. L'Oxydoréduction	
Notions et contenus	Capacités exigibles
Oxydant, réducteur. Couple oxydant/réducteur. Réaction d'oxydo-réduction.	<ul style="list-style-type: none"> • Identifier une réaction chimique d'oxydo-réduction. • Identifier l'oxydant, le réducteur, les couples oxydant/réducteur mis en jeu. • Établir l'équation chimique d'une réaction d'oxydoréduction, les couples oxydant/réducteur étant donnés. • <i>Établir expérimentalement une classification électrochimique des métaux.</i> • Établir qualitativement les transformations possibles en exploitant les potentiels standard d'oxydoréduction. • Expliquer le principe des pots catalytiques.

B.4. Les générateurs d'énergie électrochimique.	
Notions et contenus	Capacités exigibles
Les accumulateurs.	<ul style="list-style-type: none"> • Décrire le principe de fonctionnement de grands types d'accumulateurs (plomb, nickel-zinc...) • Expliquer qu'une batterie de voiture fonctionne tantôt en pile (générateur) tantôt en électrolyse (récepteur).

Piles. Pile à combustible à hydrogène.	<ul style="list-style-type: none"> • Décrire la constitution et le fonctionnement d'une pile. • Établir les réactions aux électrodes et relier les quantités de matière des espèces chimiques consommées ou produites à l'intensité du courant et à la durée de fonctionnement. • Estimer la durée de fonctionnement d'une pile et la quantité maximale d'électricité débitée dans un circuit. • Expliquer le principe de fonctionnement de la pile à hydrogène. • Expliquer le principe de production du dihydrogène et les implications d'une production massive de ce gaz.
---	--

**Applications métiers : Combustions et rendement des moteurs thermiques (B1-B2) ;
Caractéristiques des carburants (B2) ;
Pots catalytiques (B3) ;
Alimentation électrique, y compris des moteurs hybrides (B4).**

Compétences techniques associées : C1.1, C1.3.

Savoirs techniques associés : S4.5, S6.1, S6.2, S6.5.

Partie C : Énergie électrique

Notions et contenus	Capacités exigibles
Circuit électrique en régime continu.	<ul style="list-style-type: none"> • Distinguer source de tension et source de courant • Évaluer les différentes grandeurs électriques dans un circuit : intensité, tension, puissance. • Appliquer le pont diviseur de tension dans un circuit simple. • <i>Proposer une stratégie expérimentale et mettre en œuvre le protocole associé pour mesurer les différentes grandeurs électriques dans un circuit : intensité, tension, puissance.</i>
Circuit électrique en régime sinusoïdal. Bilan des puissances.	<ul style="list-style-type: none"> • Évaluer les différentes puissances mises en jeu dans un dispositif : puissance active, réactive et apparente. • <i>Proposer une stratégie expérimentale et mettre en œuvre le protocole associé pour établir un bilan de puissance pour un dispositif simple.</i>
Réseau triphasé.	<ul style="list-style-type: none"> • Décrire un réseau triphasé équilibré : phases, neutre, tensions simples, tensions composées.

**Applications métier : Circuit électrique d'un véhicule ou d'un moteur (Intervention électrique sur un véhicule ou un moteur) ;
Machine d'essai, groupe électrogène.**

Compétence technique associée : C1.3.

Savoirs techniques associés : S4.4, S4.5, S4.6, S7.4.

Partie D : Conversion de l'énergie électrique

D.1. Convertisseurs statiques	
Notions et contenus	Capacités exigibles
Transformateur.	<ul style="list-style-type: none"> • Décrire la conversion de puissance réalisée par un transformateur en précisant les relations entre les grandeurs d'entrée et de sortie. • <i>Proposer une stratégie expérimentale et mettre en œuvre le protocole associé pour mesurer le rapport de transformation d'un transformateur.</i>
Les interrupteurs en régime de commutation	<ul style="list-style-type: none"> • Décrire le fonctionnement d'une diode idéale et d'un transistor bipolaire idéal en régime de commutation. • Décrire les limites de fonctionnement (puissance commutée et fréquence) de quelques interrupteurs commandés usuels.
Redresseurs non commandés en régime monophasé et triphasé.	<ul style="list-style-type: none"> • Décrire la conversion de puissance réalisée par un redresseur en précisant les relations entre les grandeurs d'entrée et de sortie. • Identifier la nature du convertisseur à partir du schéma structurel ou du chronogramme de la tension de sortie.

	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Proposer une stratégie expérimentale et mettre en œuvre le protocole associé pour relever les harmoniques de la tension en sortie d'un redresseur et les harmoniques de courant en entrée d'un redresseur.</i>
Hacheur quatre quadrants.	<ul style="list-style-type: none"> • Décrire la conversion de puissance réalisée par un hacheur en précisant les relations entre les grandeurs d'entrée et de sortie. • Identifier la nature du convertisseur à partir du schéma structurel ou du chronogramme de la tension de sortie. • Décrire l'influence du rapport cyclique sur la valeur moyenne de la tension de sortie. • Décrire l'influence d'une bobine sur l'ondulation du courant. • Décrire le principe de réversibilité. • <i>Proposer une stratégie expérimentale et mettre en œuvre le protocole associé pour établir la relation entre la vitesse de rotation du moteur et le rapport cyclique de la tension de commande.</i>
Onduleur.	<ul style="list-style-type: none"> • Décrire la conversion de puissance réalisée par un onduleur en précisant les relations entre les grandeurs d'entrée et de sortie. • Identifier la nature du convertisseur à partir du schéma structurel ou du chronogramme de la tension de sortie. • Déterminer le sens de transfert de l'énergie à partir des chronogrammes de la tension et l'intensité du courant disponibles en sortie. • <i>Proposer une stratégie expérimentale et mettre en œuvre le protocole associé pour relever les harmoniques des tensions et courant en sortie</i>

D2. Convertisseurs électromécaniques	
Notions et contenus	Capacités exigibles
Machine à courant continu.	<ul style="list-style-type: none"> • Décrire la conversion de puissance réalisée par une machine à courant continu en précisant les relations entre les grandeurs d'entrée et de sortie. • Expliquer le principe de la réversibilité de la machine à courant continu. • Établir le bilan des puissances et évaluer le rendement. • Déterminer le point de fonctionnement d'un ensemble moteur-charge, les caractéristiques mécaniques étant données. • <i>Proposer une stratégie expérimentale et mettre en œuvre le protocole associé pour relever la caractéristique mécanique : Moment du couple utile en fonction de la vitesse de rotation.</i>
Machines alternatives asynchrone et synchrone.	<ul style="list-style-type: none"> • Décrire la conversion de puissance réalisée par une machine alternative en précisant les relations entre les grandeurs d'entrée et de sortie. • Expliquer le principe de la réversibilité des machines alternatives. • Établir le bilan des puissances et évaluer le rendement. • <i>Proposer une stratégie expérimentale et mettre en œuvre le protocole associé pour relever les caractéristiques du moment du couple utile en fonction de la vitesse de rotation pour diverses valeurs de la fréquence d'alimentation du moteur pour un fonctionnement à tension/fréquence constant.</i>

**Applications métier : Motorisation hybride, machine d'essai (D2) ;
Commande d'actionneurs (injecteur, papillon, vanne...) (D1).**

Compétence technique associée : C1.3.

Savoirs techniques associés : S4.4, S4.5, S4.6, S6.4.3, S7.4.

Partie E : Analyse du signal

E.1. Propriétés	
Notions et contenus	Capacités exigibles
Propriétés temporelles.	<ul style="list-style-type: none"> Caractériser un signal à partir de son chronogramme : valeur moyenne, valeurs extrêmes, période. Énoncer qu'un signal périodique peut être considéré comme la somme d'une composante continue et d'une composante alternative. <i>Identifier expérimentalement les caractéristiques d'un signal.</i>
Propriétés fréquentielles.	<ul style="list-style-type: none"> Énoncer qu'un signal périodique alternatif peut être décomposé en la somme d'un fondamental et d'harmoniques. Identifier les composantes d'un signal à partir de son spectre d'amplitude. Représenter le spectre d'amplitude d'un signal, les fréquences et les amplitudes de son fondamental et de ses harmoniques étant données. <i>Proposer une stratégie expérimentale et mettre en œuvre le protocole associé pour relever le spectre en amplitude d'un signal périodique.</i>
Propriétés énergétiques.	<ul style="list-style-type: none"> Énoncer la relation liant les valeurs maximale et efficace d'un signal sinusoïdal. <i>Évaluer expérimentalement la valeur efficace d'un signal périodique.</i>

E.2. Systèmes linéaires	
Notions et contenus	Capacités exigibles
Régime transitoire - Régime permanent.	<ul style="list-style-type: none"> Identifier le régime transitoire et le régime permanent sur la réponse d'un système linéaire. <i>Proposer une stratégie expérimentale et mettre en œuvre le protocole associé pour relever la réponse d'un système linéaire.</i>
Ordre d'un système.	<ul style="list-style-type: none"> Identifier l'ordre d'un système à partir de sa réponse indicielle. Exploiter la réponse indicielle d'un système linéaire du premier ordre pour évaluer sa constante de temps. Exploiter la réponse indicielle d'un système linéaire du second ordre pour évaluer son temps de réponse à 5 %. <i>Proposer une stratégie expérimentale et mettre en œuvre le protocole associé pour mettre en évidence l'influence du coefficient d'amortissement sur l'allure de la réponse indicielle d'un système linéaire du second ordre.</i>

E.3. Systèmes linéaires	
Notions et contenus	Capacités exigibles
Schéma fonctionnel d'un système asservi ou régulé.	<ul style="list-style-type: none"> Identifier les éléments constitutifs d'une boucle de régulation sur le schéma fonctionnel. Identifier les éléments constitutifs d'une boucle d'asservissement sur le schéma fonctionnel. Expliquer l'intérêt d'un asservissement ou d'une régulation. <i>Proposer une stratégie expérimentale et mettre en œuvre le protocole associé pour mettre en évidence l'influence de l'hystérésis sur un système régulé en TOR.</i>
Critères de performance d'une boucle d'asservissement ou de régulation.	<ul style="list-style-type: none"> Énoncer les caractéristiques d'un asservissement : stabilité, précision. <i>Proposer une stratégie expérimentale et mettre en œuvre le protocole associé pour mesurer les critères de performance d'une boucle de régulation : précision, rapidité, amortissement.</i> <i>Proposer une stratégie expérimentale et mettre en œuvre le pro-</i>

	<i>toléance associée pour mesurer les critères de performance d'une boucle d'asservissement : temps de réponse, précision et dépassement, et préciser si le système est stable.</i>
Correcteur.	<ul style="list-style-type: none"> • Expliquer le rôle d'un correcteur. • <i>Proposer une stratégie expérimentale et mettre en œuvre le protocole associé pour mettre en évidence l'influence des deux paramètres de réglage d'un correcteur proportionnel-intégral sur la stabilité et la précision.</i>

**Applications métiers : Asservissement et régulateur dans les contrôles moteurs ;
Régulation de tension sur les systèmes de production d'énergie électriques embarqués ;
Régulation des moyens d'essai (T°_{eau} , T°_{huile} , T°_{carb} , charge...).**

Compétences techniques associées : C4.2, C4.5.

Savoirs techniques associés : S5, S7.3, S7.4.

Partie F : Capteurs

Notions et contenus	Capacités exigibles
Principe de fonctionnement de quelques capteurs	<ul style="list-style-type: none"> • Énoncer les lois de la physique ou de la chimie associées aux transducteurs présents dans les principaux capteurs utilisés dans le domaine professionnel en exploitant des ressources.
Capteurs passifs et actifs.	<ul style="list-style-type: none"> • Caractériser les grandeurs d'entrée et de sortie d'un capteur. • Identifier la nature de la grandeur de sortie. • Expliquer le rôle d'un capteur et du conditionneur associé.
Caractéristiques statique et dynamique d'un capteur.	<ul style="list-style-type: none"> • Exploiter les caractéristiques statique et dynamique d'un capteur pour en identifier les contraintes d'utilisation. • <i>Proposer une stratégie expérimentale et mettre en œuvre le protocole associé pour relever les caractéristiques statique et dynamique d'un capteur.</i>

**Applications métiers : Capteurs de température, de pression, de position ;
Débitmètres ;
Capteur de contrôle de combustion ;
Capteur à oxygène.**

4. Tableau de correspondance entre les savoirs et les compétences

		SAVOIRS	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8
COMPÉTENCES			<u>Conception des systèmes</u>	<u>Comportement des systèmes mécaniques</u>	<u>Technologie des mécanismes et des procédés</u>	<u>Sous-systèmes fonctionnels</u>	<u>Contrôle moteur</u>	<u>Conversion et optimisation de l'énergie</u>	<u>Mesures et mise au point moteur</u>	<u>Communication</u>
	<u>CAPACITÉ « ANALYSER »</u>									
C1.1	Analyser et interpréter les données									
C1.2	Identifier les phénomènes physiques lors des observations									
C1.3	Décrire la structure et le fonctionnement d'un système									
C1.4	Décrire la structure et le fonctionnement d'une stratégie									
C1.5	Expertiser un moteur									
C1.6	Arbitrer - Décider									
C1.7	Anticiper les actions à mener									
	<u>CAPACITÉ « CONCEVOIR »</u>									
C2.1	Adapter la configuration d'un moteur ou d'un moyen d'essai à son utilisation									
C2.2	Elaborer et structurer une méthodologie d'essais d'un moteur et de ses équipements									
C2.3	Faire évoluer le paramétrage des moyens (essais, calculs, post-traitement)									
C2.4	Définir un cahier des charges									
	<u>CAPACITÉ « ORGANISER »</u>									
C3.1	Gérer tout ou partie d'un projet									
C3.2	Choisir les moyens et les méthodes d'essais									
C3.3	Rédiger les procédures									
	<u>CAPACITÉ « METTRE EN ŒUVRE »</u>									
C4.1	Préparer les équipements									
C4.2	Configurer les équipements									
C4.3	Conduire les essais									
C4.4	Réaliser des opérations mécaniques sur un moteur, ses périphériques et les moyens d'essai									
C4.5	Caractériser et calibrer un système en stabilisé et en transitoire									
	<u>CAPACITÉ « COMMUNIQUER »</u>									
C5.1	Rédiger des documents professionnels y compris en anglais									
C5.2	Dialoguer avec une équipe y compris en anglais									
C5.3	Exposer oralement une étude technique y compris en anglais									

ANNEXE I c - Les unités du diplôme

1. Conditions d'obtention de dispense d'unités

U1 - CULTURE GÉNÉRALE ET EXPRESSION

Les candidats à l'examen d'une spécialité de brevet de technicien supérieur, titulaires d'un brevet de technicien supérieur d'une autre spécialité, d'un diplôme universitaire de technologie ou d'un diplôme national de niveau III ou supérieur sont, à leur demande, dispensés de subir l'unité de "Culture générale et expression".

Les bénéficiaires de l'unité de "Français", "Expression française" ou de "Culture générale et expression" au titre d'une autre spécialité de BTS sont, à leur demande, pendant la durée de validité du bénéfice, dispensés des épreuves correspondant à l'unité U1 "Culture générale et expression".

U2 – LANGUE VIVANTE

L'unité U2 "Langue vivante étrangère 1" du brevet de technicien supérieur MCI et l'unité de "Langue vivante étrangère 1" des brevets de technicien supérieur relevant de l'arrêté du 22 juillet 2008 (BOESR n° 32 du 28 août 2008) sont communes.

Les bénéficiaires de l'unité "Langue vivante étrangère 1" au titre de l'une des spécialités susmentionnées sont, à leur demande, dispensés de l'unité U2 "Langue vivante étrangère 1".

Les titulaires de l'une des spécialités susmentionnées qui souhaitent faire acte de candidature à une autre de ces spécialités sont, à leur demande, dispensés de subir l'unité U2 : "Langue vivante étrangère 1".

D'autre part, les titulaires d'un diplôme national de niveau III ou supérieur, ayant été évalués en langue vivante pour obtenir ce diplôme, sont, à leur demande, dispensés de subir l'unité U2. : "Langue vivante étrangère 1" du brevet de technicien supérieur MCI.

U 31 - MATHÉMATIQUES

L'unité U31 "Mathématiques" du brevet de technicien supérieur Moteur à combustion Interne et l'unité de Mathématiques des brevets de technicien supérieur du groupement C sont communes.

Les bénéficiaires de l'unité de Mathématiques au titre de l'une des spécialités susmentionnées qui souhaitent faire acte de candidature à une autre de ces spécialités sont, à leur demande, pendant la durée de validité du bénéfice, dispensés de subir l'unité de Mathématiques.

D'autre part, les titulaires d'un diplôme national scientifique ou technologique de niveau III ou supérieur, ayant été évalués en Mathématiques pour obtenir ce diplôme, sont, à leur demande, dispensés de subir l'unité U31. "Mathématiques" du brevet de technicien supérieur MCI.

2. Définition des unités professionnelles constitutives du diplôme

La définition des unités constitutives du diplôme a pour but de préciser, pour chacune d'elles, quelles tâches, compétences et savoirs professionnels sont concernés et dans quel contexte. Il s'agit à la fois :

- de permettre la mise en correspondance des activités professionnelles et des unités dans le cadre de la validation des acquis de l'expérience ;
- d'établir la liaison entre les unités, correspondant aux épreuves, et le référentiel d'activités professionnelles, afin de préciser le cadre de l'évaluation.

Le tableau ci-après présente ces relations. Les cases colorées correspondent, pour chacune des cinq unités aux compétences à évaluer lors de la certification (examen ou validation des acquis). Seules les compétences désignées par des cases colorées seront évaluées. Si les autres peuvent être mobilisées elles ne donneront pas lieu à évaluation. Dans le cas où elles ne seraient pas maîtrisées, les tâches correspondantes seront réalisées **avec assistance**.

		U4	U5 : adaptation, préparation et mise au point moteur			U6
<i>Les cases grisées correspondent, pour chacune des cinq unités aux compétences à évaluer lors de la certification (examen ou validation des acquis). Seules les compétences désignées par des cases grisées seront évaluées. Si les autres peuvent être mobilisées, elles ne donneront pas lieu à évaluation. Dans le cas où elles ne seraient pas maîtrisées, les tâches correspondantes seront réalisées avec assistance.</i>		U4	U51	U52	U53	U6
		Technologie moteur	Intervention mécanique	Essais, mises au point et analyses logicielles liées aux essais	Adaptation de moyens d'essais	Activité en entreprise
mode		ponctuelle	CCF	CCF	CCF	ponctuelle
activités liées		A2	A4	A1 A5	A3	A1 A6
coefficient		4	2	5	3	4
C 1.1	Analyser et interpréter les données.					
C 1.2	Identifier les phénomènes physiques lors des observations.					
C 1.3	Décrire la structure et le fonctionnement d'un système.					
C 1.4	Décrire la structure et le fonctionnement d'une stratégie.					
C 1.5	Expertiser un moteur.					
C 1.6	Arbitrer – Décider.					
C 1.7	Anticiper les actions à mener.					
C 2.1	Adapter la configuration d'un moteur ou d'un moyen d'essai à son utilisation.					
C 2.2	Elaborer et structurer une méthodologie d'essais d'un moteur et de ses équipements.					
C 2.3	Faire évoluer le paramétrage des moyens (essais, calculs, post-traitement).					
C 2.4	Définir un cahier des charges.					
C 3.1	Gérer tout ou partie d'un projet.					
C 3.2	Choisir les moyens et les méthodes d'essais.					
C 3.3	Rédiger les procédures.					
C 4.1	Préparer les équipements.					
C 4.2	Configurer les équipements.					
C 4.3	Conduire les essais.					
C 4.4	Réaliser des opérations mécaniques sur un moteur, ses périphériques et les moyens.					
C 4.5	Caractériser et calibrer un système en stabilisé et en transitoire.					
C 5.1	Rédiger des documents professionnels y compris en anglais.					
C 5.2	Dialoguer avec une équipe y compris en anglais.					
C 5.3	Exposer oralement une étude technique, y compris en anglais.					

ANNEXE II – Stage en milieu professionnel

Deux stages de nature très différente peuvent ponctuer la scolarité des étudiants selon leur origine de formation.

1. Objectifs du stage de découverte

Le premier stage situé chronologiquement lors du premier semestre de la première année (il pourra se dérouler en partie sur des vacances scolaires), d'une durée de deux semaines, est proposé exclusivement aux étudiants possédant un baccalauréat général ou technologique afin de les immerger dans un environnement d'entreprise. L'acquisition de compétences propres au référentiel n'est pas requise, il s'agit d'un stage destiné à accroître rapidement le potentiel professionnel du jeune dans un environnement de réalisation propre au BTS MCI. C'est l'établissement qui, dans le volet pédagogique de son projet d'établissement, décide, ou non, d'organiser ce premier stage auquel la réglementation administrative décrite au paragraphe 3.1.1 s'applique. Le projet pédagogique devra obligatoirement comporter l'organisation pédagogique établie pour les étudiants qui ne font pas ce stage.

Le stage de découverte ne fait pas l'objet d'un rapport de stage évalué dans le cadre des épreuves de certification du BTS MCI.

Le deuxième stage est plus précisément décrit dans les paragraphes suivants.

2. Objectifs du stage métier

Le stage en milieu professionnel permet au futur technicien supérieur de prendre la mesure des réalités techniques et économiques de l'entreprise. Au cours de ce stage l'étudiant est conduit à appréhender le fonctionnement de l'entreprise au travers de ses produits, ses marchés, ses équipements, son organisation du travail, ses ressources humaines... C'est aussi pour lui l'occasion d'observer la vie sociale de cette entreprise (relations humaines, horaires, règles de sécurité, etc.).

Contexte professionnel

Fonctions : elles correspondent à la catégorie « technicien supérieur ».

Localisation : le stagiaire pourra participer à toutes les activités d'une entreprise de la filière telle que décrite à l'annexe I a (typologie des entreprises).

Dans ce cadre, il est conduit à appréhender le fonctionnement général de l'entreprise. Il en appréciera l'organisation, les équipements, les ressources humaines, les intervenants, la gestion et l'ensemble des techniques de réalisation, de contrôle et de mise en œuvre. Les activités menées contribuent à l'approfondissement des connaissances et à l'acquisition de compétences dont les principales sont :

- réaliser une campagne d'essais sur un moteur ou un organe moteur ;
- effectuer le traitement, l'analyse et la synthèse des résultats ;
- assurer le maintien opérationnel et le développement des moyens d'essais ;
- effectuer des interventions mécaniques sur un moteur ;
- effectuer la mise au point d'un moteur adapté à son contexte d'utilisation ;
- formuler et transmettre des informations, communiquer y compris en anglais.

3. Organisation des stages

3.1. Voie scolaire

3.1.1. Réglementation relative aux stages en milieu professionnel

Le stage métier est obligatoire pour les étudiants relevant d'une préparation présentielle ou à distance.

Les stages, organisés avec le concours des milieux professionnels, sont placés sous le contrôle des

autorités académiques dont relève l'étudiant et, le cas échéant, des services du conseiller culturel auprès de l'ambassade de France du pays d'accueil pour un stage à l'étranger.

Chaque période de stage en entreprise fait l'objet d'une convention entre l'établissement fréquenté par l'étudiant et la ou les entreprise(s) d'accueil. La convention est établie conformément aux dispositions et décrets en vigueur.

Toutefois, cette convention pourra être adaptée pour tenir compte des contraintes imposées par la législation du pays d'accueil.

Pendant les stages en entreprise, l'étudiant a obligatoirement la qualité d'étudiant stagiaire et non de salarié.

Chaque convention de stage doit notamment préciser :

- les modalités de couverture en matière d'accident du travail et de responsabilité civile ;
- les objectifs et les modalités de formation (durée, calendrier) ;
- les modalités de suivi du stagiaire par les professeurs de l'équipe pédagogique responsable de la formation et de l'étudiant.

3.1.2. Mise en place et suivi des stages

La recherche des entreprises d'accueil est assurée par les étudiants sous la responsabilité du chef d'établissement. Chaque stage s'effectue au sein d'une entreprise de la filière.

Afin d'en assurer le caractère formateur, les stages sont placés sous la responsabilité pédagogique des professeurs assurant les enseignements professionnels, mais l'équipe pédagogique dans son ensemble est responsable de l'explicitation de leurs objectifs, de leurs mises en place, de leurs suivis et de l'exploitation qui en est faite. Elle doit veiller à informer les responsables des entreprises ou des établissements d'accueil des objectifs de chaque stage et plus particulièrement des compétences qu'ils visent à développer.

La période du stage métier en entreprise, d'une durée de six à dix semaines, dont le positionnement temporel est laissé à l'initiative de chaque établissement doit permettre au stagiaire de mettre en application les compétences acquises durant sa formation. Les activités à conduire sont conjointement définies par l'enseignant et le stagiaire en accord avec les propositions du tuteur en entreprise.

A la fin de la période du stage métier, un certificat de stage est remis au stagiaire par le responsable de l'entreprise ou son représentant, attestant la présence de l'étudiant. Un candidat qui n'aura pas présenté cette pièce ne pourra être admis à subir l'épreuve E6-Unité U6 "activité en entreprise". Un candidat, qui, pour une raison de force majeure dûment constatée, n'effectue qu'une partie de la durée obligatoire du stage métier prévue dans la convention, peut être autorisé par le recteur à se présenter à l'examen, le jury étant tenu informé de sa situation.

3.1.3. Rapport du stage métier

A l'issue du stage métier, les candidats scolaires rédigent à titre individuel, un rapport d'environ trente pages (hors annexes), dont le contenu est défini dans l'épreuve **E6 unité U6**. Les annexes comporteront des compléments techniques et les trois pages rédigées en anglais relatives à l'épreuve E2.

Le rapport du stage métier en milieu professionnel, visé par l'entreprise, est transmis, **en version numérique uniquement**, selon une procédure mise en place par chaque académie et à une date fixée dans la circulaire d'organisation de l'examen.

3.1.4. Documents pour l'évaluation

Au terme du stage métier, les professeurs concernés et le tuteur de l'entreprise d'accueil déterminent conjointement l'appréciation qui sera proposée à l'aide de la fiche d'évaluation du travail réalisé. Cette fiche d'évaluation avec le rapport de stage est le seul document qui sera communiqué à la commission d'interrogation de l'épreuve **E6 unité U6**. Cette fiche comportera une proposition de note attribuée

conjointement par le tuteur en entreprise et l'équipe de formateurs ayant suivi le candidat. Elle sera relative au comportement dont il a fait preuve pendant l'accomplissement des activités qui lui ont été confiées durant le stage.

3.2. Voie de l'apprentissage

Pour les apprentis, les certificats de stage sont remplacés par la photocopie du contrat de travail ou par une attestation de l'employeur confirmant le statut du candidat comme apprenti dans son entreprise. L'épreuve **E6** est identique à celle des candidats de la voie scolaire.

3.3. Voie de la formation continue

Les candidats qui se préparent au brevet de technicien supérieur Moteurs à Combustion Interne par la voie de la formation continue rédigent un rapport numérique sur leurs activités professionnelles dans le même esprit que le rapport du stage métier.

3.3.1. Candidats en situation de première formation ou en situation de reconversion

La durée de stage est de **8 semaines**. Elle s'ajoute à la durée de formation dispensée dans le centre de formation continue en application de l'article 11 du décret n°95-665 du 9 mai 1995 modifié portant règlement général du brevet de technicien supérieur.

L'organisme de formation peut concourir à la recherche de l'entreprise d'accueil. Le stagiaire peut avoir la qualité de salarié d'un autre secteur professionnel.

Lorsque cette préparation s'effectue dans le cadre d'un contrat de travail de type particulier, le stage obligatoire est inclus dans la période de formation dispensée en milieu professionnel si les activités effectuées sont en cohérence avec les exigences du référentiel du brevet de technicien supérieur préparé et conformes aux objectifs définis ci-dessus.

3.3.2. Candidats en situation de perfectionnement

Le certificat de stage peut être remplacé par un ou plusieurs certificats de travail attestant que l'intéressé a été occupé dans le domaine des moteurs à combustion interne en tant que salarié à temps plein pendant six mois au cours de l'année précédant l'examen ou à temps partiel pendant un an au cours des deux années précédant l'examen. Les activités effectuées doivent être en cohérence avec les exigences du référentiel du BTS considéré.

Les candidats rédigent un rapport numérique et un dossier sur leurs activités professionnelles dans le même esprit que le rapport du stage métier.

3.4. Candidats en formation à distance

Les candidats relèvent, selon leur statut (scolaire, apprenti, formation continue), de l'un des cas précédents.

3.5. Candidats qui se présentent au titre de leur expérience professionnelle

Le certificat de stage peut être remplacé par un ou plusieurs certificats de travail justifiant la nature et la durée de l'emploi occupé.

Ces candidats rédigent un rapport numérique sur leurs activités professionnelles dans le même esprit que le rapport du stage métier.

4. Aménagement de la durée du stage métier

La durée normale du stage métier est de six à dix semaines. Pour une raison de force majeure dûment constatée ou dans le cadre d'une formation aménagée ou d'une décision de positionnement, la durée de stage peut être réduite mais ne peut être inférieure à 4 semaines. Toutefois, les candidats qui produisent une dispense (notamment au titre de la validation des acquis de l'expérience) ne sont pas tenus d'effectuer ce stage.

Le recteur est seul autorisé à valider les aménagements de la durée de stage ou les dispenses.

5. Candidats scolaires ayant échoué à une session antérieure de l'examen

Les candidats ayant échoué à une session antérieure de l'examen ont le choix entre présenter le précédent rapport numérique du stage métier, modifier ce rapport ou en élaborer un autre après avoir effectué la période de stage métier correspondante.

Les candidats apprentis redoublants peuvent présenter à la session suivant celle au cours de laquelle ils n'ont pas été admis :

- soit leur contrat d'apprentissage initial prorogé d'un an ;
- soit un nouveau contrat conclu avec un autre employeur (en application des dispositions de l'article L6222-11 du code du travail).

ANNEXE III – Grille horaire

		Horaire de 1 ^{ère} année			Horaire de 2 ^{ème} année		
		Semaine	a + b + c ⁽²⁾	Année ⁽³⁾	Semaine	a + b + c ⁽²⁾	Année ⁽³⁾
1. Culture générale et expression		3	3 + 0 + 0	90	3	2 + 1 + 0	108
2. Langue vivante étrangère		2	0 + 2 + 0	60	2	0 + 2 + 0	72
3. Mathématiques		2,5	1,5 + 1 + 0	75	2,5	1,5 + 1 + 0	90
4. Physique - chimie		3	2 + 0 + 1	90	3	1 + 0 + 2	108
5. Enseignement professionnel (EP) et généraux associés		19	5 ⁽⁴⁾ + 3 + 11	570	19	6 ⁽⁴⁾ + 3 + 10	684
Détail	Enseignement professionnel STI	3,5 + 3 + 11			4,5 + 3 + 10		
	EP en langue vivante étrangère en co-intervention	1 ⁽⁵⁾ + 0 + 0			1 ⁽⁵⁾ + 0 + 0		
	Mathématiques et EP en co-intervention	0,5 ⁽⁶⁾ + 0 + 0			0,5 ⁽⁶⁾ + 0 + 0		
6. Accompagnement personnalisé		1,5⁽⁹⁾	0 + 0 + 1,5 ⁽⁷⁾	45	1,5⁽⁹⁾	0 + 0 + 1,5 ⁽⁸⁾	54
Total		31 h	11,5+6+13,5	930⁽¹⁾ h	31 h	10,5+7+13,5	1116⁽¹⁾ h

(1) : Les horaires tiennent compte de 8 semaines de stage en milieu professionnel.

(2) : a : cours en division entière, b : travaux dirigés ou pratiques de laboratoire, c : travaux pratiques d'atelier ou projet.

(3) : L'horaire annuel est donné à titre indicatif.

(4) : Dont 1,5 heures d'enseignements professionnels STI et généraux associés en co-intervention.

(5) : Pris en charge par deux enseignants STI et anglais (1 heure par semaine, pouvant être annualisée).

(6) : Pris en charge par deux enseignants de mathématiques et STI (0,5 heure par semaine, pouvant être annualisée).

(7) : En première année une part significative de l'horaire d'accompagnement personnalisé est consacrée à une maîtrise des fondamentaux en mathématiques. Les deux heures hebdomadaires peuvent être annualisées.

(8) : En deuxième année, une part significative de l'horaire d'accompagnement personnalisé est consacrée, pour les étudiants concernés, à un approfondissement des disciplines scientifiques en vue d'une poursuite d'étude. L'horaire hebdomadaire (1,5 h) peut être annualisé.

(9) : Les horaires d'accompagnement personnalisé de première et deuxième année peuvent être cumulés sur le cycle de 2 ans et répartis différemment, en fonction du projet pédagogique validé au niveau de l'établissement.

ANNEXE IV – Règlement d'examen

EPREUVES			Candidats				
			Scolaires (établissements publics ou privés sous contrat). Apprentis (CFA ou sections d'apprentissage habilitées).	Formation professionnelle continue (établissements publics habilités à pratiquer le CCF pour ce BTS). GRETA	Scolaires (établissements privés hors contrat), Apprentis (CFA ou sections d'apprentissage non habilités), Formation professionnelle continue (établissement privé) Au titre de leur expérience professionnelle Enseignement à distance		
Nature des épreuves	Unités	Coef.	Forme	Durée	Forme	Forme	Durée
E1 – Culture générale et expression	U1	3	Ponctuelle écrite	4 h	CCF	Ponctuelle écrite	4h
E2 – Langue vivante étrangère Anglais (1)	U2	3	CCF		CCF	Ponctuelle orale	Compréhension 30 min Expression 15 min
E3 – Mathématiques et Physique Chimie							
Mathématiques	U31	2	CCF		CCF	Ponctuelle écrite	2 h
Physique - Chimie	U32	2	CCF		CCF	ponctuelle pratique	2 h
E4 – Technologie moteur	U4	4	Ponctuelle écrite	4 h	CCF	Ponctuelle écrite	4 h
E5 – Adaptation, préparation et mise au point							
Intervention mécanique	U51	2	CCF		CCF	CCF	
Essais, mises au point et analyses logicielles liées aux essais	U52	5	CCF		CCF	CCF	
Adaptation de moyens d'essai	U53	3	CCF		CCF	CCF	
E6 – Activité en entreprise	U6	4	Ponctuelle orale	20+30 min	CCF	Ponctuelle orale	20+30 min
EF1 – Langue vivante facultative (2) (3)	UF1		Ponctuelle orale	20 min de préparation + 20 min	CCF	Ponctuelle orale	20 min de préparation + 20 min

- (1) La deuxième situation de CCF d'expression et interaction orales en anglais peut être co-organisée avec l'épreuve U6.
- (2) La langue vivante choisie au titre de l'épreuve facultative est obligatoirement différente de l'anglais.
- (3) Seuls les points au-dessus de la moyenne sont pris en compte.

ANNEXE V – Définition des épreuves

Épreuve E1 (Unité 1) – Culture générale et expression (Coefficient 3)
--

1. Objectif de l'épreuve

L'objectif visé est de certifier l'aptitude des candidats à communiquer avec efficacité dans la vie courante et la vie professionnelle.

L'évaluation a donc pour but de vérifier les capacités du candidat à :

- tirer parti des documents lus dans l'année et de la réflexion menée en cours ;
- rendre compte d'une culture acquise en cours de formation ;
- apprécier un message ou une situation ;
- communiquer par écrit ou oralement ;
- appréhender un message ;
- réaliser un message.

(cf. annexe III de l'arrêté du 17 janvier 2005 – BO n° 7 du 17 février 2005.)

2. Formes de l'évaluation

2.1. Forme ponctuelle

Épreuve écrite, durée 4 h

On propose trois à quatre documents de nature différente (textes littéraires, textes non littéraires, documents iconographiques, tableaux statistiques, etc.) choisis en référence à l'un des deux thèmes inscrits au programme de la deuxième année de STS. Chacun d'eux est daté et situé dans son contexte.

Première partie : synthèse (notée sur 40)

Le candidat rédige une synthèse objective en confrontant les documents fournis.

Deuxième partie : écriture personnelle (notée sur 20)

Le candidat répond de façon argumentée à une question relative aux documents proposés. La question posée invite à confronter les documents proposés en synthèse et les études de documents menées dans l'année en cours de "Culture générale et expression".

La note globale est ramenée à une note sur 20 points.

(cf. annexe III de l'arrêté du 17 janvier 2005 – BO n° 7 du 17 février 2005.)

2.2. Contrôle en cours de formation

L'unité de "Culture générale et expression" est constituée de trois situations d'évaluation. Les deux premières, de poids identiques, sont relatives à l'évaluation de la capacité du candidat à appréhender et à réaliser un message écrit.

2.2.1. Première situation d'évaluation (durée indicative : 2 heures)

a) Objectif général :

- Évaluation de la capacité du candidat à appréhender et réaliser un message écrit.

b) Compétences à évaluer :

- Respecter les contraintes de la langue écrite ;
- Synthétiser des informations : fidélité à la signification des documents, exactitude et précision dans leur compréhension et leur mise en relation, pertinence des choix opérés en fonction du problème posé et de la problématique, cohérence de la production (classement et enchaînement des éléments, équilibre des parties, densité du propos, efficacité du message).

c) Exemple de situation :

- Réalisation d'une synthèse de documents à partir de 2 à 3 documents de nature différente (textes littéraires, textes non littéraires, documents iconographiques, tableaux statistiques, etc.) dont chacun est daté et situé dans son contexte. Ces documents font référence au deuxième thème du programme de la deuxième année de STS.

2.2.2. Deuxième situation d'évaluation (durée indicative : 2 heures)

a) Objectif général :

- Évaluation de la capacité du candidat à appréhender et réaliser un message écrit.

b) Compétences à évaluer :

- Respecter les contraintes de la langue écrite ;
- Répondre de façon argumentée à une question posée en relation avec les documents proposés en lecture.

c) Exemple de situation :

- A partir d'un dossier donné à lire dans les jours qui précèdent la situation d'évaluation et composé de 2 à 3 documents de nature différente (textes littéraires, textes non littéraires, documents iconographiques, tableaux statistiques, etc.), reliés par une problématique explicite en référence à un des deux thèmes inscrits au programme de la deuxième année de STS et dont chaque document est daté et situé dans son contexte, rédaction d'une réponse argumentée à une question portant sur la problématique du dossier.

2.2.3. Troisième situation d'évaluation

a) Objectif général :

- Évaluation de la capacité du candidat à communiquer oralement.

b) Compétences à évaluer :

- S'adapter à la situation (maîtrise des contraintes de temps, de lieu, d'objectifs et d'adaptation au destinataire, choix des moyens d'expression appropriés, prise en compte de l'attitude et des questions du ou des interlocuteurs) ;
- Organiser un message oral : respect du sujet, structure interne du message (intelligibilité, précision et pertinence des idées, valeur de l'argumentation, netteté de la conclusion, pertinence des réponses...).

c) Exemple de situation

- La capacité du candidat à communiquer oralement est évaluée au moment de la soutenance du rapport de stage.

Chaque situation est notée sur 20 points. La note globale est ramenée à une note sur 20.

Épreuve E2 (Unité 2) – Langue vivante étrangère anglais (Coefficient 2)

1. Finalités et objectifs

L'épreuve a pour but d'évaluer **au niveau B2** les activités langagières suivantes :

- compréhension de l'oral ;
- expression orale en continu et en interaction.

2. Formes de l'évaluation

2.1. Contrôle en cours de formation, deux situations d'évaluation

2.1.1. Première situation d'évaluation

- Evaluation de la compréhension de l'oral, durée 30 minutes maximum sans préparation, au cours du deuxième ou du troisième trimestre de la deuxième année.
- Organisation de l'épreuve
- Les enseignants organisent cette situation d'évaluation au moment où ils jugent que les étudiants sont prêts et sur des supports qu'ils sélectionnent. Cette situation d'évaluation est organisée formellement pour chaque étudiant ou pour un groupe d'étudiants selon le rythme d'acquisition, en tout état de cause avant la fin du troisième semestre. Les notes obtenues ne sont pas communiquées aux étudiants et aucun rattrapage n'est prévu.
- Passation de l'épreuve
- Le titre de l'enregistrement est communiqué au candidat. On veillera à ce qu'il ne présente pas de difficulté particulière. Trois écoutes espacées de 2 minutes d'un document audio ou vidéo dont le candidat rendra compte par écrit ou oralement en français.
- Longueur des enregistrements
- La durée de l'enregistrement n'excèdera pas trois minutes. Le recours à des documents authentiques nécessite parfois de sélectionner des extraits un peu plus longs (d'où la limite supérieure fixée à 3 minutes) afin de ne pas procéder à la coupure de certains éléments qui facilitent la compréhension plus qu'ils ne la compliquent.
- Nature des supports :

Les documents enregistrés, audio ou vidéo, seront de nature à intéresser un étudiant en STS sans toutefois présenter une technicité excessive. On peut citer, à titre d'exemple, les documents relatifs à l'emploi (recherche et recrutement), à la sécurité et à la santé au travail, à la vie en entreprise, à la diversité et à la mixité dans le monde professionnel, à la formation professionnelle, à la prise en compte par l'industrie des questions relatives à l'environnement, au développement durable, etc. Il pourra s'agir de monologues, dialogues, discours, discussions, émissions de radio, extraits de documentaires, de films, de journaux télévisés.

Il ne s'agira en aucune façon d'écrit oralisé ni d'enregistrements issus de manuels. On évitera les articles de presse ou tout autre document conçu pour être lu.

2.1.2. Deuxième situation d'évaluation

- Evaluation de l'expression orale en continu et de l'interaction en anglais pouvant être associée à la soutenance de stage et partagée avec l'épreuve U6, au cours de la deuxième année (durée indicative 5 + 10 minutes, pendant la soutenance).
- Expression orale en continu (durée indicative 5 minutes)

Cette épreuve prend appui sur trois documents en langue anglaise, d'une page chacun, qui illustrent le thème du stage ou de l'activité professionnelle et annexés au rapport : un document technique et deux extraits de la presse écrite ou de sites d'information scientifique ou généraliste. Le premier est en lien direct avec le contenu technique ou scientifique du stage (ou de l'activité professionnelle), les deux autres fournissent une perspective complémentaire sur le sujet. Il peut s'agir d'articles de vulgarisation technologique ou scientifique, de commentaires ou témoignages sur le champ d'activité, ou de tout autre texte qui induise une réflexion sur le domaine professionnel concerné, à partir d'une source ou d'un contexte anglophone. Les documents iconographiques ne représenteront au plus qu'un tiers de la page.

Le candidat fera une présentation structurée des trois documents ; il mettra en évidence le thème et les points de vue qu'ils illustrent, en soulignant les aspects importants et les détails pertinents du dossier (cf. descripteurs du niveau B2 du CECRL pour la production orale en continu).

- Expression orale en interaction (10 minutes minimum)

Pendant l'entretien, l'examineur prendra appui sur le dossier documentaire présenté par le candidat pour l'inviter à développer certains aspects et lui donner éventuellement l'occasion de défendre un point de vue. Il pourra lui demander de préciser certains points et en aborder d'autres qu'il aurait omis.

On laissera au candidat tout loisir d'exprimer son opinion, de réagir et de prendre l'initiative dans les échanges (cf. descripteurs du niveau B2 du CECRL pour l'interaction orale).

2.2. Forme ponctuelle

Les modalités de passation de l'épreuve, la définition de la longueur des enregistrements et de la nature des supports pour la compréhension de l'oral et l'expression orale en continu et en interaction ainsi que le coefficient sont identiques à ceux du contrôle en cours de formation.

- **Compréhension de l'oral** : 30 minutes sans préparation

Modalités : Cf. Première situation d'évaluation du CCF ci-dessus.

- **Expression orale en continu et en interaction** : 15 minutes.

Modalités : Cf. Deuxième situation d'évaluation du CCF ci-dessus.

Épreuve E3 – Mathématiques et Physique Chimie Unité U31 – Mathématiques (Coefficient 2)
--

1. Finalités et objectifs

La sous-épreuve de mathématiques a pour objectifs d'évaluer :

- la solidité des connaissances et des compétences des étudiants et leur capacité à les mobiliser dans des situations variées ;
- leurs capacités d'investigation ou de prise d'initiative, s'appuyant notamment sur l'utilisation de la calculatrice ou de logiciels ;
- leur aptitude au raisonnement et leur capacité à analyser correctement un problème, à justifier les résultats obtenus et à apprécier leur portée ;
- leurs qualités d'expression écrite et/ou orale.

2. Contenu de l'évaluation

L'évaluation est conçue comme un sondage probant sur des contenus et des capacités du programme de mathématiques.

Les sujets portent principalement sur les domaines mathématiques les plus utiles pour résoudre un problème en liaison avec les disciplines technologiques ou les sciences physiques appliquées. Lorsque la situation s'appuie sur d'autres disciplines, aucune connaissance relative à ces disciplines n'est exigible des candidats et toutes les indications utiles doivent être fournies.

3. Formes de l'évaluation

3.1. Contrôle en cours de formation (CCF)

Le contrôle en cours de formation comporte deux situations d'évaluation. Chaque situation d'évaluation, d'une durée de cinquante-cinq minutes, fait l'objet d'une note sur 10 points coefficient 1.

Elle se déroule lorsque le candidat est considéré comme prêt à être évalué à partir des capacités du programme. Toutefois, la première situation doit être organisée avant la fin de la première année et la seconde avant la fin de la deuxième année.

Chaque situation d'évaluation comporte un ou deux exercices avec des questions de difficulté progressive. Il s'agit d'évaluer les aptitudes à mobiliser les connaissances et compétences pour résoudre des problèmes, en particulier :

- s'informer ;
- chercher ;
- modéliser ;
- raisonner, argumenter ;
- calculer, illustrer, mettre en œuvre une stratégie ;
- communiquer.

L'un au moins des exercices de chaque situation comporte une ou deux questions dont la résolution nécessite l'utilisation de logiciels (implantés sur ordinateur ou calculatrice). La présentation de la résolution de la (les) question(s) utilisant les outils numériques se fait en présence de l'examineur. Ce type de question permet d'évaluer les capacités à illustrer, calculer, expérimenter, simuler, programmer, émettre des conjectures ou contrôler leur vraisemblance. Le candidat porte ensuite par écrit sur une fiche à compléter, les résultats obtenus, des observations ou des commentaires.

À l'issue de chaque situation d'évaluation, l'équipe pédagogique de l'établissement de formation constitue, pour chaque candidat, un dossier comprenant :

- la situation d'évaluation ;
- les copies rédigées par le candidat à cette occasion ;
- la grille d'évaluation de la situation, dont le modèle est fourni en annexe ci-après, avec une proposition de note sur 10 points.

3.1.1. Première situation d'évaluation

Elle permet l'évaluation, par sondage, des contenus et des capacités associés aux modules du programme de mathématiques suivants :

- **Fonctions d'une variable réelle**, à l'exception des paragraphes « *Approximation locale d'une fonction* » et « *Courbes paramétrées* ».
- **Calcul intégral**, à l'exception du paragraphe « *Formule d'intégration par parties* ».
- **Statistique descriptive**
- **Probabilités 1**
- **Probabilités 2**, à l'exception du paragraphe « *Exemples de processus aléatoires* »

3.1.2. Deuxième situation d'évaluation

Elle permet l'évaluation, par sondage, des contenus et des capacités associés aux modules du programme de mathématiques suivants :

- **Équations différentielles**
- **Statistique inférentielle**
- **Configurations géométriques**
- **Calcul vectoriel**

À l'issue de la seconde situation d'évaluation, l'équipe pédagogique adresse au jury la proposition de note sur 20 points, accompagnée des deux grilles d'évaluation. Les dossiers décrits ci-dessus, relatifs aux situations d'évaluation, sont tenus à la disposition du jury et des autorités académiques jusqu'à la session suivante. Le jury peut en exiger la communication et, à la suite d'un examen approfondi, peut formuler toutes remarques et observations qu'il juge utile pour arrêter la note.

3.2. Épreuve ponctuelle

Épreuve écrite d'une durée de deux heures.

Les sujets comportent deux exercices de mathématiques. Ces exercices portent sur des parties différentes du programme et doivent rester proches de la réalité professionnelle.

Il convient d'éviter toute difficulté théorique et toute technicité mathématique excessives.

L'usage de la calculatrice est autorisé selon la réglementation en vigueur.

Épreuve E3 – Mathématiques - Physiques - Chimie
Unité U32 – Physique – Chimie
(Coefficient 2)

1. L'évaluation par contrôle en cours de formation (CCF)

Principe

Le contrôle en cours de formation a pour objectif d'évaluer l'étudiant dans le cadre d'une démarche scientifique menée au laboratoire de physique-chimie en lien avec les enseignements et tâches professionnels. C'est une évaluation certificative qui sert à valider la maîtrise des compétences associées à la situation d'évaluation. Il s'agit de valider les compétences qui sont visées au stade final d'un domaine de formation d'un étudiant sans qu'il soit forcément nécessaire d'attendre la fin de toute la formation.

L'étudiant est évalué sur les six compétences suivantes :

- **s'approprier** : l'étudiant s'approprie la problématique du travail à effectuer et l'environnement matériel à l'aide d'une documentation ;
- **analyser** : l'étudiant justifie ou propose un protocole, propose un modèle ou justifie sa validité, choisit et justifie les modalités d'acquisition et de traitement des mesures ;
- **réaliser** : l'étudiant met en œuvre un protocole expérimental en respectant les règles de sécurité ;
- **valider** : l'étudiant identifie des sources d'erreur, estime l'incertitude sur les mesures à partir d'outils fournis, analyse de manière critique les résultats et propose éventuellement des améliorations de la démarche ou du modèle ;
- **communiquer** : l'étudiant explique ses choix et rend compte de ses résultats sous forme écrite et orale ;
- **être autonome et faire preuve d'initiative** : l'étudiant exerce son autonomie et prend des initiatives avec discernement et responsabilité.

Conditions de mise en œuvre des compétences évaluées

Le sujet doit offrir la possibilité d'évaluer l'étudiant sur les six compétences dans une mise en œuvre explicitée ci-dessous.

Compétence	Conditions de mise en œuvre	Exemples de capacités et d'attitudes (non exhaustives)
S'approprier	Sujet contextualisé, c'est-à-dire fondé sur un système ou sur une problématique. Des documentations diverses concernant l'objet de l'étude et le matériel scientifique doivent être fournies en volume raisonnable.	<ul style="list-style-type: none"> - énoncer une problématique à caractère scientifique ou technologique. - définir des objectifs qualitatifs ou quantitatifs. - rechercher, extraire et organiser l'information en lien avec une situation.
Analyser	Le sujet doit permettre une diversité des approches expérimentales et le matériel à disposition doit être suffisamment varié pour offrir plusieurs possibilités à l'étudiant. Les documentations techniques sont mises à disposition.	<ul style="list-style-type: none"> - formuler une hypothèse. - évaluer l'ordre de grandeur des grandeurs physico-chimiques impliquées et de leurs variations. - proposer une stratégie pour répondre à la problématique. - proposer une modélisation. - choisir, concevoir ou justifier un protocole ou un dispositif expérimental.
Réaliser	Le sujet doit permettre à l'examineur d'observer la maîtrise globale de certaines opérations techniques et l'attitude appropriée de l'étudiant dans l'environnement du laboratoire.	<ul style="list-style-type: none"> - évoluer avec aisance dans l'environnement du laboratoire. - respecter les règles de sécurité. - organiser son poste de travail. - utiliser le matériel (dont l'outil informatique) de manière adaptée. - exécuter un protocole.

		- effectuer des mesures et évaluer les incertitudes associées.
Valider	Le sujet doit permettre de s'assurer que l'étudiant est capable d'analyser de manière critique des résultats et de répondre à la problématique.	- exploiter et interpréter de manière critique les observations, les mesures. - valider ou infirmer les hypothèses établies dans la phase d'analyse. - proposer des améliorations de la démarche ou du modèle.
Communiquer	L'étudiant explique ses choix et rend compte de ses résultats sous forme écrite ou orale, à des moments identifiés dans le sujet.	- présenter les mesures de manière adaptée (courbe, tableau, etc.). - utiliser les notions et le vocabulaire scientifique adaptés. - utiliser les symboles et unités adéquats. - présenter, formuler une proposition, une argumentation, une synthèse ou une conclusion de manière cohérente, complète et compréhensible, à l'écrit et à l'oral.
Être autonome, faire preuve d'initiative	Cette compétence est mobilisée sur l'ensemble de l'épreuve en participant à la définition du niveau de maîtrise des autres compétences.	- travailler en autonomie. - mener à bien une tâche sans aide de l'enseignant. - demander une aide de manière pertinente.

L'épreuve est une tâche complexe qu'un étudiant de niveau moyen aura à mener en mobilisant des connaissances, des capacités et des attitudes face à une situation qui nécessite, pour être traitée, l'usage de matériel de laboratoire ou d'un ordinateur.

Le sujet s'appuie sur une situation concrète ou sur une problématique représentative d'une réalité technologique en lien avec le domaine professionnel de la STS. Des documentations diverses concernant l'objet de l'étude et le matériel scientifique sont fournies en volume raisonnable.

L'énoncé du sujet commence par une courte description d'une situation concrète et propose ou invite à un questionnement. Des informations complémentaires (listes de plusieurs protocoles, résultats expérimentaux...) peuvent être fournies de manière à circonscrire le champ de l'étude ou de l'expérimentation.

L'informatique doit fournir aux étudiants les outils nécessaires au traitement des données et à l'évaluation des incertitudes sans qu'ils soient conduits à entrer dans le détail des outils mathématiques utilisés.

Tout au long de l'épreuve, l'étudiant doit agir en autonomie et faire preuve d'initiative. Lors des appels, l'examineur peut conforter l'étudiant dans ses choix ou lui apporter une aide adaptée de manière à évaluer les compétences mobilisées par le sujet, même quand l'étudiant n'est pas parvenu à réaliser certaines tâches. Ces aides peuvent être formalisées lors de la conception de la situation d'évaluation. La nature de l'aide apportée influe sur le niveau d'évaluation de la compétence.

Quelques incontournables :

- le sujet laisse une place importante à l'initiative et à l'autonomie ; le sujet ne doit pas donner lieu à un travail expérimental principalement centré sur les techniques de laboratoire. En effet, il ne s'agit pas de valider uniquement des capacités techniques mais d'évaluer les compétences des étudiants, dans le cadre d'une épreuve expérimentale où ils sont amenés à raisonner, à valider, à argumenter et à exercer leur esprit d'analyse pour faire des choix et prendre des décisions dans le domaine de la pratique du laboratoire ;
- les documents proposés ne doivent pas être trop longs à lire et à exploiter ;
- les productions attendues des étudiants doivent être clairement explicitées dans le sujet.

2. L'évaluation par épreuve ponctuelle pratique (durée 2 heures)

Les objectifs de l'épreuve et les critères d'évaluation sont les mêmes que ceux définis dans le cadre de la validation par contrôle continu en cours de formation.

L'épreuve ponctuelle correspond à une tâche complexe mobilisant des connaissances, des capacités et des attitudes associées à un ou plusieurs objectifs de la formation dispensée en BTS MCI. Les objectifs visés sont ceux qui prévalent dans les épreuves proposées aux candidats sous statut scolaire lors de la validation en cours de formation. L'usage de matériel de laboratoire ou d'un ordinateur est requis pour traiter la tâche proposée.

Le jury est constitué d'un enseignant de physique-chimie en charge de cet enseignement en BTS MCI.

L'épreuve ponctuelle est organisée par un établissement public proposant le BTS MCI.

3. Une grille d'évaluation

Une grille d'évaluation est proposée dans le souci d'une homogénéisation des intitulés des compétences mobilisées dans la démarche scientifique en physique-chimie du collège au niveau Bac+2. Elle constitue un outil d'aide à la conception de sujets de CCF en STS, en affirmant le niveau d'exigence dans ces sections et la nécessité d'éviter des évaluations uniquement centrées sur la maîtrise du geste technique.

Cette grille fait apparaître des items rattachés aux compétences. Toutes les compétences doivent être évaluées sur l'ensemble des situations de CCF.

L'évaluation permet d'apprécier, selon quatre niveaux décrits ici de manière assez générale, le degré de maîtrise par l'étudiant de chacune des compétences évaluées dans le sujet.

Niveau A : l'étudiant a réalisé l'ensemble du travail demandé de manière satisfaisante selon les critères précisés dans le sujet. En cas de difficulté qu'il sait identifier et formuler par lui-même, l'étudiant sait tirer profit de l'intervention de l'examineur pour apporter une réponse par lui-même.

Niveau B : l'étudiant a réalisé l'ensemble du travail demandé de manière satisfaisante selon les critères précisés dans le sujet mais avec quelques interventions de l'examineur concernant des difficultés ou erreurs non identifiées par l'étudiant lui-même mais résolues par lui une fois soulignées par l'examineur :

- après avoir réfléchi suite à un questionnement ouvert mené par l'examineur ;
- ou par l'apport d'une solution partielle.

Niveau C : l'étudiant reste bloqué dans l'avancement des tâches demandées, malgré les questions posées par l'examineur. Des éléments de solutions lui sont apportés, ce qui lui permet de poursuivre les tâches.

Niveau D : l'étudiant n'a pas été en mesure de réaliser les tâches demandées malgré les éléments de réponses apportés par l'examineur. Cette situation conduit l'examineur à fournir une solution complète de la tâche.

Il est légitime qu'un étudiant demande des précisions sur les tâches à effectuer, sans pour autant qu'il soit pénalisé. L'étudiant doit être rassuré à ce niveau, ce qui doit lui permettre de dialoguer sereinement avec l'examineur.

En tout état de cause, lorsqu'une erreur ou une difficulté de l'étudiant est constatée :

- le professeur doit tout d'abord lui poser une ou plusieurs questions ouvertes dans le but de l'amener à reprendre seul le fil de l'épreuve ;
- si cela n'a pas suffi, le professeur donne un ou plusieurs éléments de solution ;
- si cela est encore insuffisant, le professeur donne, sans l'expliquer, la solution qui va permettre la poursuite de l'épreuve.

4. Une nécessaire préparation

Les étudiants doivent être formés à cette démarche tout au long des deux années de formation et le professeur doit donc leur proposer des activités permettant la mise en œuvre des compétences dans l'esprit décrit précédemment.

Cachet ou nom du centre d'examen

ÉPREUVE E... -

Sous-épreuve E... – physique-chimie

FICHE D'ÉVALUATION CCF N°... - Coefficient : 1

Candidat : NOM, Prénom :

Sujet n° : Dénomination :

Date de l'évaluation : Durée :

Domaines d'évaluation : indiquer les compétences évaluées par le sujet

S'approprier	A	B	C	D
Comprendre la problématique du travail à réaliser				
Adopter une attitude critique vis-à-vis de l'information				
Dégager une problématique scientifique				
Rechercher, extraire et organiser l'information en lien avec la problématique				
Analyser	A	B	C	D
Choisir ou concevoir un protocole/dispositif expérimental				
Formuler une hypothèse				
Relier qualitativement ou quantitativement différentes informations				
Proposer une stratégie pour répondre à la problématique				
Mobiliser des connaissances dans le domaine disciplinaire				
Réaliser	A	B	C	D
Organiser le poste de travail				
Régler le matériel/ le dispositif choisi ou mis à disposition				
Mettre en œuvre la stratégie proposée				
Effectuer des relevés expérimentaux pertinents				
Manipuler dans le respect des règles de sécurité				
Valider	A	B	C	D
Critiquer un résultat, un protocole ou une mesure				
Exploiter et interpréter des observations, des mesures				
Valider ou infirmer une information, une hypothèse, un modèle				
Communiquer	A	B	C	D
Utiliser le vocabulaire scientifique, les symboles et les unités de manière appropriée				
Rendre compte des observations et des résultats				
Formuler une conclusion				
Expliquer, représenter, argumenter, commenter				
‡ Cocher les indicateurs d'évaluation retenus en fonction du problème à traiter Commentaires et appréciation générale : (utiliser le verso de la fiche si nécessaire)	Note proposée au jury CCF n°... : /20			
Évaluateur : Nom	Prénom	Qualité	Établissement	Émargement

Critères d'évaluation

Le sujet doit mettre le candidat en situation d'être évalué dans chacun des six premiers domaines et l'évaluation doit permettre de classer la performance de l'élève pour chacune de ces compétences sur quatre niveaux.

- Niveau A : le candidat réalise seul l'ensemble du travail demandé.
- Niveau B : le candidat réalise l'ensemble du travail demandé de manière satisfaisante avec une aide limitée du professeur évaluateur.
- Niveau C : le candidat parvient à réaliser une partie du travail demandé avec l'aide du professeur évaluateur.
- Niveau D: le candidat est incapable de faire quoi que ce soit malgré l'aide du professeur évaluateur.

Afin de permettre à l'évaluateur de déterminer pour chaque domaine de compétences le niveau du candidat, le sujet laissera la place à l'initiative mais comportera des compléments et des aides que l'examineur pourra proposer aux candidats selon leurs besoins.

1. Objectif de l'épreuve

L'objectif général est de mettre en adéquation les résultats d'essais, la technologie mise en œuvre et les phénomènes physiques existants.

Cette épreuve permet d'évaluer les compétences suivantes :

- C1.2 Identifier les phénomènes physiques lors des observations ;
- C1.3 Décrire la structure et le fonctionnement d'un système ;
- C1.4 Décrire la structure et le fonctionnement d'une stratégie ;
- C1.6 Arbitrer – Décider.

Pour cette épreuve U4 les candidats seront placés en situation de réaliser tout ou partie de l'activité A2 (« Effectuer le traitement, l'analyse et la synthèse des résultats »).

Les indicateurs d'évaluation correspondant aux compétences évaluées figurent dans la colonne "Indicateurs de performance" des tableaux décrivant les compétences.

Il est rappelé que l'évaluation se fait sur toutes les dimensions (savoirs, savoir-faire, attitudes) de la compétence et en aucun cas sur les seuls savoirs associés.

2. Contenu de l'épreuve

A partir d'un dossier technique comprenant tout ou partie de :

- spécifications d'un contrôle moteur ;
- résultats d'essais bruts ou mis en forme ;
- cahier des charges de l'essai ou de l'étude ;
- documents techniques du système étudié (moteur, contrôle moteur, équipements...).

Le candidat doit :

- identifier les éléments constitutifs, les lois d'entrée-sortie, les grandeurs physiques associées ;
- décrire et justifier le fonctionnement, à l'aide des lois physiques ;
- à partir de l'étude précédente, faire un choix argumenté d'un composant, d'un réglage ou d'une stratégie.

3. Formes de l'évaluation

C'est une épreuve ponctuelle écrite d'une durée de quatre heures.

1. Objectif de l'épreuve

Cette épreuve permet d'apprécier l'aptitude du candidat à réaliser une intervention mécanique, de maintenance ou d'expertise, sur un moteur, ses périphériques ou des moyens d'essais.

Cette épreuve permet d'évaluer les compétences suivantes :

- C1.5 Expertiser un moteur ;
- C4.4 Réaliser les opérations de mécanique sur un moteur, ses périphériques et les moyens d'essais.

Pour cette épreuve les candidats seront placés en situation de réaliser tout ou partie de l'activité A4 (« Effectuer des interventions mécaniques sur un moteur »).

Les indicateurs d'évaluation correspondant aux compétences évaluées figurant dans la colonne "Indicateurs de performance" des tableaux décrivant les compétences.

Il est rappelé que l'évaluation se fait sur toutes les dimensions (savoirs, savoir-faire, attitudes) de la compétence et en aucun cas sur les seuls savoirs associés.

2. Contenu de l'épreuve

Le support de l'épreuve est un moteur, un périphérique moteur ou un équipement.

L'épreuve consiste à :

- réaliser le démontage de tout ou partie d'un moteur ;
- réaliser les contrôles visuels de certains éléments ;
- réaliser le contrôle métrologique d'un ou plusieurs éléments et de vérifier sa ou leurs conformités ;
- vérifier la conformité du moteur à la définition technique requise ;
- réaliser le remontage et le réglage du moteur conformément à la définition technique requise.

Le candidat dispose :

- de la documentation technique ;
- de la définition technique demandée ;
- de l'outillage général et spécifique ;
- du matériel de métrologie.

3. Formes de l'évaluation

- Contrôle en cours de formation, 1 situation d'évaluation, durée maximale 4h.

L'évaluation est organisée par l'équipe pédagogique chargée des enseignements professionnels.

La période choisie pour l'évaluation se situe pendant le second semestre de la première année de formation et peut être différente pour chaque candidat.

L'organisation de l'évaluation est de la responsabilité de l'équipe pédagogique.

À l'issue de cette situation d'évaluation, l'équipe pédagogique de l'établissement de formation constitue, pour chaque candidat, un dossier comprenant :

- l'ensemble des documents remis pour conduire le travail demandé pendant la situation d'évaluation ;
- la description sommaire des moyens matériels mis à sa disposition ;
- les documents produits par le candidat lors de l'évaluation ;
- la fiche nationale d'évaluation renseignée ayant permis la proposition de note.

Seule cette fiche nationale d'évaluation, à l'exclusion de tout autre document, est transmise au jury, accompagnée de la proposition de note.

Cette fiche est obligatoirement transmise à la commission d'évaluation. L'ensemble du dossier décrit ci-dessus, relatif à la situation d'évaluation, est tenu à la disposition de la commission d'évaluation et de l'autorité rectorale jusqu'à la session suivante. La commission d'évaluation peut éventuellement en exiger l'envoi avant délibération afin de le consulter. Dans ce cas, à la suite d'un examen approfondi, elle formulera toutes remarques et observations qu'elle jugera utiles et arrêtera la note. Une fiche type d'évaluation du travail réalisé, rédigée et mise à jour par l'inspection générale est diffusée aux services rectoraux des examens et concours.

Seule cette dernière sera systématiquement transmise au jury.

- Forme ponctuelle pour les candidats individuels, les centres de formation non habilités et les établissements hors contrat.

Épreuve pratique, durée 4h.

L'épreuve se déroule selon les mêmes modalités que celles du contrôle en cours de formation.

L'évaluation est organisée par l'équipe pédagogique chargée des enseignements professionnels du centre qui accueille le ou les candidats concernés.

Épreuve E5 Unité U52 - Essais, mises au point et analyses logicielles liées aux essais (Coefficient 5)

1. Objectif de l'épreuve

Cette épreuve permet d'apprécier l'aptitude du candidat à **mener** une campagne d'essais d'une part et à **réaliser la mise au point** (partielle) du moteur dans son contexte d'utilisation d'autre part.

Cette épreuve permet d'évaluer les compétences suivantes :

- C1.1 Analyser et interpréter les données.
- C1.7 Anticiper les actions à mener.
- C2.2 Elaborer et structurer une méthodologie d'essais d'un moteur et de ses équipements.
- C2.3 Faire évoluer le paramétrage des moyens (essais, calculs, post-traitement).
- C3.2 Choisir les moyens et les méthodes d'essais.
- C4.2 Configurer les équipements.
- C4.3 Conduire les essais.
- C4.5 Caractériser et calibrer un système en stabilisé et en transitoire.

Pour cette épreuve les candidats seront placés en situation de réaliser tout ou partie des activités A1 (« réaliser une campagne d'essais sur un moteur ou organe moteur ») et A5 (« effectuer la mise au point d'un moteur adapté à son contexte d'utilisation »).

Les indicateurs d'évaluation correspondant aux compétences évaluées figurent dans la colonne "Indicateurs de performance" des tableaux décrivant les compétences.

Il est rappelé que l'évaluation se fait sur toutes les dimensions (savoirs, savoir-faire, attitudes) de la compétence et en aucun cas sur les seuls savoirs associés.

2. Contenu de l'épreuve

Cette évaluation s'appuiera sur un (ou deux) thème(s) d'étude(s) permettant de développer une campagne d'essai jusqu'à la mise au point du système.

Les compétences à évaluer font appel à deux types de situations pratiques différentes. Ceci conduit à mettre en œuvre deux situations de CCF qui peuvent être indépendantes :

- réalisation d'essais : méthodologie, configuration et manipulation des moyens y compris des outils de mise au point, gestion des sécurités...
- Analyse des résultats ; dépouillement, mise en forme, calculs complémentaires... et choix des réglages en fonction des contraintes imposées.

Les activités proposées et les supports doivent relever du champ des activités du technicien motoriste et viser la mise au point du moteur (partiellement) ou du système étudié.

3. Formes de l'évaluation

3.1. Contrôle en cours de formation, 2 situations d'évaluations

L'évaluation est organisée par l'équipe pédagogique chargée des enseignements professionnels.

La période choisie pour l'évaluation se situe pendant la deuxième année de formation et peut être différente pour chaque candidat.

L'organisation de l'évaluation est de la responsabilité de l'équipe pédagogique.

3.1.1. Situation 1 (coefficient 3/5)

L'activité proposée doit conduire l'étudiant à élaborer une méthodologie d'essai, à configurer les moyens d'essai, à réaliser les essais. La situation d'évaluation (thème d'étude) s'étend sur plusieurs semaines (durée

à limiter à 7 semaines ou 50H) et nécessitera des bilans d'étapes qui faciliteront cette évaluation.

- il s'agit de vérifier la capacité à préparer et réaliser, dans les conditions de sécurité des personnes et des biens, les essais planifiés et organisés selon la méthodologie mise en place par le candidat. On est donc dans une situation d'activités pratiques sur les moyens d'essai.
- Le candidat élaborera un document de suivi de ses activités, rédigé sous format numérique, et présentant les points-clés de l'essai demandé. C'est donc ici le fond qui est évalué.

3.1.2. Situation 2 (coefficient 2/5)

L'activité proposée doit conduire le candidat à analyser des résultats d'essai. Il s'agit donc de les dépouiller, de les mettre en forme, de compléter éventuellement les grandeurs par des calculs, et de déterminer les réglages répondant au cahier des charges donné.

L'évaluation des compétences se fait sur un poste informatique. Les résultats d'essai sont donnés sous forme de fichier. Le candidat dispose d'un ou de plusieurs outils de dépouillement et de tracé de graphes pour produire un document de synthèse présentant les points-clés et les éléments permettant de choisir les réglages et mises au point.

À l'issue de cette évaluation, l'équipe pédagogique de l'établissement de formation constitue, pour chaque candidat, un dossier comprenant :

- l'ensemble des documents remis pour conduire le travail demandé pendant la situation d'évaluation ;
- la description sommaire des moyens matériels mis à sa disposition ;
- les documents produits par le candidat lors de l'évaluation ;
- la fiche nationale d'évaluation renseignée ayant permis la proposition de note.

Seule cette fiche nationale d'évaluation, à l'exclusion de tout autre document, est transmise au jury, accompagnée de la proposition de note.

Cette fiche est obligatoirement transmise à la commission d'évaluation. L'ensemble du dossier décrit ci-dessus, relatif à la situation d'évaluation, est tenu à la disposition de la commission d'évaluation et de l'autorité rectorale jusqu'à la session suivante. La commission d'évaluation peut éventuellement en exiger l'envoi avant délibération afin de le consulter. Dans ce cas, à la suite d'un examen approfondi, elle formulera toutes remarques et observations qu'elle jugera utiles et arrêtera la note. Une fiche type d'évaluation du travail réalisé, rédigée et mise à jour par l'inspection générale est diffusée aux services rectoraux des examens et concours. Seule cette dernière sera systématiquement transmise au jury.

3.2. Forme ponctuelle pour les candidats individuels, les centres de formation non habilités et les établissements hors contrat

Épreuve pratique, durée 6h.

L'évaluation est organisée par l'équipe pédagogique chargée des enseignements professionnels du centre qui accueille le ou les candidats concernés.

L'épreuve se déroule sur une activité de travaux pratiques comprenant une analyse de la demande d'essai, un paramétrage du logiciel de contrôle du banc, la réalisation de l'essai et le dépouillement et l'analyse des résultats. La réalisation de l'essai pourra se faire avec aide de l'examineur.

15 minutes seront consacrées à la restitution orale de la démarche et des résultats d'essai.

Le candidat sera invité à se présenter dans le centre d'examen quinze jours avant l'épreuve pour prendre connaissance des équipements mis à sa disposition.

La commission d'interrogation sera composée de deux professeurs de la spécialité.

Épreuve E5
Unité U53 – Adaptation de moyens d'essais
(Coefficient 3)

1. Objectif de l'épreuve

Cette épreuve permet de vérifier la capacité à adapter un moteur avec ses équipements ou un moyen d'essai à son utilisation.

Les supports utilisés seront puisés dans les domaines suivants :

- le moteur et/ou ses équipements ;
- les transmissions de puissance associées à un moteur ;
- La cellule d'essais : supports, matériels d'essais et de mesures.

Cette épreuve permet d'évaluer les compétences suivantes :

- C2.1 Adapter la configuration d'un moteur ou d'un moyen d'essai à son utilisation.
- C2.4 Définir un cahier des charges.

Pour cette épreuve les candidats seront placés en situation de réaliser tout ou partie de l'activité A3 (« Assurer le maintien opérationnel et le développement des moyens d'essais »)

Les indicateurs d'évaluation correspondant aux compétences évaluées figurent dans la colonne "Indicateurs de performance" des tableaux décrivant les compétences.

Il est rappelé que l'évaluation se fait sur toutes les dimensions (savoirs, savoir-faire, attitudes) de la compétence et en aucun cas sur les seuls savoirs associés.

2. Contenu de l'épreuve

Le support de l'épreuve s'appuie sur un dossier technique d'un moteur avec ses équipements ou d'un moyen d'essai pouvant comporter :

- un cahier des charges ;
- une notice technique ;
- des dessins d'ensemble et / ou de détails, des schémas ;
- des résultats d'essais ;
- des résultats de calculs de pré-dimensionnement ;
- tout ou partie d'une maquette numérique du sous-système étudié.

Le candidat dispose de tout ou partie des outils ci-dessous :

- accès aux normes et réglementations ;
- logiciels de CAO, de simulation dédiés et de calculs ;
- accès à internet et aux bases de données technico-économiques.

3. Formes de l'évaluation

3.1. Contrôle en cours de formation

- 1 situation d'évaluation :

L'évaluation est organisée par l'équipe pédagogique chargée des enseignements professionnels.

La période choisie pour cette évaluation se situe pendant le dernier semestre de la formation et peut être différente pour chaque candidat.

L'équipe pédagogique devra proposer une épreuve sous forme de projet (durée maxi 6h) permettant de vérifier entre autre :

- le décodage, l'analyse ou la rédaction d'un cahier des charges ;
- l'analyse de l'étude technique d'une nouvelle configuration d'un moteur avec ses équipements ou d'un moyen d'essai (une pré-étude pourra être exécutée sur feuille, calculs, schémas, croquis...);
- la définition de cette nouvelle configuration se fera sur un poste informatique équipé de logiciels (de CAO, de simulation dédiés et de calculs...).

Les 15 dernières minutes, le candidat expose, devant l'équipe pédagogique et à l'aide du poste informatique, la méthode utilisée, les problèmes rencontrés et les solutions retenues pour les résoudre.

Une fiche type d'évaluation du travail réalisé, rédigée et mise à jour par l'Inspection Générale est diffusée aux services rectoraux des examens et concours. Seule cette dernière sera systématiquement transmise au jury.

A la suite d'un examen approfondi, l'équipe pédagogique formule toute remarque et observation qu'elle juge

utile et arrête la note définitive.

3.2. Forme ponctuelle

Pour les candidats individuels, les centres de formation non habilités et les établissements hors contrat.

L'épreuve se déroule selon les mêmes modalités que la situation du contrôle en cours de formation (durée 6H).

Le candidat sera invité à se présenter dans le centre d'examen 15 jours avant l'épreuve pour prendre connaissance des équipements mis à sa disposition.

La commission d'interrogation sera composée de deux professeurs de la spécialité.

Épreuve E6 – Activité en entreprise
Unité U6
(Coefficient 4)

1. Objectif de l'épreuve

Cette épreuve permet d'évaluer les compétences suivantes :

- C3.1 Gérer tout ou partie d'un projet.
- C3.3 Rédiger les procédures.
- C4.1 Préparer les équipements.
- C5.1 Rédiger des documents professionnels y compris en anglais.
- C5.2 Dialoguer avec une équipe y compris en anglais.
- C5.3 Exposer oralement une étude technique y compris en anglais.

Les indicateurs d'évaluation correspondant aux compétences évaluées figurent dans la colonne "Indicateurs de performance" des tableaux décrivant les compétences.

Il est rappelé que l'évaluation se fait sur toutes les dimensions (savoirs, savoir-faire, attitudes) de la compétence et en aucun cas sur les seuls savoirs associés.

Pour cette épreuve U6 les candidats seront placés en situation de présenter oralement une synthèse des activités réalisées au cours du stage métier en liaison avec les activités A1 (« réaliser une campagne d'essais sur un moteur ou organe moteur ») et A6 (« Communiquer dans l'environnement professionnel »).

2. Contenu de l'épreuve

Le support de l'épreuve est un rapport numérique d'activités (observations, analyses et études) en milieu professionnel conduites par le candidat, dans une entreprise de la filière. Les compétences évaluées au cours de cette épreuve seront liées aux tâches des activités A1 et A6.

Le candidat rédige, à titre individuel, un rapport numérique d'une trentaine de pages, en dehors des annexes, visé par l'entreprise.

Il y consigne, en particulier :

- le compte rendu succinct de ses activités en développant les aspects relatifs aux tâches définies ci-dessus ;
- l'analyse des situations observées, des problèmes abordés, des solutions et des démarches adoptées pour y répondre ;
- un bilan des acquis d'ordre technique, économique, organisationnel ;
- dans les annexes, trois documents en langue anglaise d'une page chacun (voir épreuve E2).

Le rapport du stage métier en milieu professionnel, visé par l'entreprise, est transmis, en version numérique uniquement, selon une procédure et à une date fixée dans la circulaire d'organisation de l'examen.

Le contrôle de conformité du rapport est effectué selon des modalités définies par les autorités académiques avant l'interrogation. La constatation de non-conformité du rapport entraîne l'attribution de la mention « non valide » à l'épreuve correspondante. Le candidat, même présent à la date de l'épreuve, ne peut être interrogé. En conséquence, le diplôme ne peut lui être délivré.

Dans le cas où, le jour de l'interrogation, le jury a un doute sur la conformité du rapport d'activités en milieu professionnel, il interroge néanmoins le candidat. L'attribution de la note est réservée dans l'attente d'une nouvelle vérification mise en œuvre selon des modalités définies par les autorités académiques. Si, après vérification, le rapport réalisé par le candidat est déclaré non-conforme, la mention « non valide » est portée à l'épreuve.

La non-conformité du rapport réalisé par le candidat peut être prononcée dès lors qu'une des situations suivantes est constatée :

- absence de dépôt du dossier réalisé par le candidat ;
- dépôt du dossier réalisé par le candidat au-delà de la date fixée par la circulaire d'organisation de l'examen ou de l'autorité organisatrice ;
- durée du stage inférieure à celle requise par la réglementation de l'examen ;
- attestation de stage non visée ou non signée par les personnes habilitées à cet effet.

3. Formes de l'évaluation

3.1. Forme ponctuelle

Épreuve orale d'une durée de 50 minutes.

Le candidat effectue une présentation orale argumentée, en utilisant les moyens de communication qu'il juge les plus adaptés, des activités conduites au cours de son stage. Au cours de cette présentation, d'une durée maximale de 20 minutes, les évaluateurs n'interviennent pas.

Au terme de cette prestation, les évaluateurs, qui ont examiné le rapport numérique d'activités mis à leur disposition avant l'épreuve conduisent un entretien avec le candidat pour approfondir certains points abordés dans le rapport et dans l'exposé (durée maximale : 30 minutes).

A l'issue de cet entretien la commission d'interrogation prendra connaissance de la fiche d'évaluation du suivi de stage en entreprise et de la proposition de note attribuée conjointement par le tuteur en entreprise et l'équipe de formateurs ayant suivi le candidat (voir annexe « Stage en milieu professionnel » paragraphe 3.1.4).

La commission arrêtera alors la note proposée au jury qui sera constituée à 50% de la note de suivi et à 50% de la note de soutenance du rapport de stage métier.

Une fiche type d'évaluation du travail réalisé, rédigée et mise à jour par l'Inspection Générale est diffusée aux services rectoraux des examens et concours. Seule cette dernière sera systématiquement transmise au jury.

La commission d'interrogation est constituée :

- de deux professeurs (ou formateurs) de la spécialité ;
- d'un professionnel.

L'absence du professionnel n'invalide pas l'évaluation du candidat par la commission.

<p style="text-align: center;">Épreuve EF1 – Langue vivante facultative Unité UF1</p>

Épreuve orale d'une durée de 20 minutes précédée de 20 minutes de préparation.

L'épreuve orale consiste en un entretien prenant appui sur des documents appropriés.

La langue vivante étrangère choisie au titre de l'épreuve facultative est obligatoirement différente de la langue étrangère obligatoire.

ANNEXE VI – Tableau de correspondances entre épreuves

Correspondance entre épreuves du BTS Moteurs à Combustion Interne (ancien arrêté et le nouveau BTS MCI)

Ce tableau n'a de valeur qu'en termes d'équivalence d'épreuves entre l'ancien diplôme et le nouveau pendant la phase transitoire où certains candidats peuvent garder le bénéfice de dispense de certaines épreuves. En aucun cas il ne signifie une correspondance point par point entre les contenus d'épreuve.

BTS MCI Créé par l'arrêté du 30 juillet 1992 Dernière session 2017		BTS MCI Créé par le présent arrêté Première session 2018	
Épreuves ou sous-épreuves	Unités	Épreuves ou sous-épreuves	Unités
E1. Français	U1	E1. Culture générale et expression	U1
E2. Mathématiques- Sciences physiques E21 – Mathématiques E22 – Sciences physiques	U 21 U22	E3. Mathématiques et physique chimie E31 – Mathématiques E32 – Physique chimie	U31 U32
E3. Langue vivante étrangère (anglais obligatoire)	U3	E2. Langue vivante étrangère : Anglais obligatoire	U2
E4. Etude des constructions	U4	E53 – Adaptation de moyens d'essais	U53
E5. Etude des moteurs E51 – Exploitation d'essais Moteur E52 – Etude et analyse des moteurs	U51 U52	E52 – Essais, mises au point et analyses logicielles liées aux essais E4. Technologie moteur	U52 U4
E6. Epreuve professionnelle de synthèse	U6	E6. Activité en entreprise	U6
		E51 – Intervention mécanique	U51

ANNEXE VII - Lexique

Lexique

Activités professionnelles

Classe de tâches faisant partie d'un processus de travail : elle génère un résultat identifiable qui fait faire un pas de progrès dans la résolution du problème technique posé. Exemple : conception préliminaire, constitution du dossier de définition de produit.

Base de données

D'une manière générale, il s'agit d'une ressource structurée d'éléments relatifs à un domaine donné (famille de composants, matériaux, fournisseurs, etc.). Ces données sont disponibles sur support informatique résidant dans le bureau d'études ou le bureau des méthodes sur le réseau informatique de l'entreprise ou sur l'Internet.

En CAO, il s'agit, avant tout, d'une bibliothèque d'éléments standard 3D. La bibliothèque est structurée en familles d'éléments et il existe plusieurs manières de rechercher des éléments : mots clés, index...

On distingue deux types d'éléments standard 3D :

- les éléments modifiables, modulables appartenant à une famille paramétrable ;
- les images d'éléments 3D figés qui permettent de récupérer un encombrement, une interface...

Besoin (énoncé global du besoin), (NF X 50-150)

Nécessité ou désir éprouvé par un utilisateur. La notion de besoin permet de préciser les véritables services à rendre et de poser le problème à son plus haut niveau utile d'étude ou de remise en cause.

Cahier des charges fonctionnel (NF X 50-151)

Document par lequel le demandeur exprime son besoin (ou celui qu'il est chargé de traduire) en termes de fonctions de services et de contraintes. Pour chacune d'elles, sont définis des critères d'appréciation et leurs niveaux. Chacun de ces niveaux doit être assorti d'une flexibilité.

Le cahier des charges fonctionnel (C.d.C.f.) est un document qui évolue et qui s'enrichit au fur et à mesure de la phase de création d'un produit.

Le C.d.C.f. doit donc être rédigé indépendamment des solutions envisageables et doit permettre l'expression du besoin dans des termes compréhensibles par les utilisateurs.

Calibration

Ensemble des cartographies et constantes programmables.

Capacité

Ensemble d'aptitudes que l'individu pourrait mettre en œuvre dans différentes situations. Une capacité garde un caractère très général et décrit plus un potentiel disponible qu'une compétence opérationnelle maîtrisée. Elle n'est ni observable, ni évaluable. Elle se décline en compétences.

Capitalisation des données

Selon ADEMA, la capitalisation des données est un processus participatif au cours duquel on diagnostique, on analyse et on trie des données existantes, à partir des expériences et des activités menées, afin de créer un modèle qui soit réutilisable par nous-mêmes et par autrui.

Chaîne de liaisons

Chaîne formée par un ensemble de constituants d'un mécanisme reliés par des liaisons mécaniques.

Chaîne fonctionnelle

Ensemble des constituants organisés en vue de l'obtention d'une fonction opérative (par exemple prendre un objet, déplacer une charge, adapter un environnement, etc.). Une chaîne fonctionnelle comporte généralement une chaîne d'action, son élément de commande, la partie physique associée et une chaîne d'acquisition (compte rendu de l'exécution de l'action).

Compétence

Ensemble de savoirs, savoir-faire et savoir être organisé en vue de contribuer de façon adaptée à l'accomplissement d'une activité. Dans une situation concrète ou contexte, une compétence se traduit par des actions ou comportements, généralement observables. Les comportements ou/et les résultats de l'action sont mesurables ou évaluables. Exemples : définir des processus de réalisation, planifier une réalisation.

Compromis inter-prestations

C'est le réglage permettant le compromis entre la performance, la consommation, la pollution, le bruit,

l'agrément, la robustesse, etc...

Cycle de vie d'un produit

Pour un seul exemplaire du produit

Le cycle de vie est généralement illustré comme une série d'étapes, depuis la production (extraction et récolte des matières premières) jusqu'à l'évacuation finale (élimination ou valorisation), en passant par la fabrication, l'emballage, le transport, la consommation par les ménages et les industries et le recyclage ou élimination.

Pour l'ensemble des exemplaires d'un même produit

Le cycle de vie d'un produit regroupe l'ensemble des phases par lesquelles passe généralement un produit, de sa mise sur le marché à l'arrêt de sa production :

- lancement ;
- croissance ;
- maturité ;
- déclin ;
- éventuellement, relance.

Développement durable

Le développement durable est « un développement qui répond aux besoins du présent sans compromettre la capacité des générations futures à répondre aux leurs », citation de Mme Gro Harlem Brundtland, Premier ministre norvégien (1987). En 1992, le Sommet de la Terre à Rio, tenu sous l'égide des Nations unies, officialise la notion de développement durable et celle des trois piliers (économie/écologie/social) : un développement économiquement efficace, socialement équitable et écologiquement soutenable.

Donnée technique

Une donnée technique est une information, élément d'une base de données techniques.

Elle est retenue pour sa pertinence dans des opérations techniques qui concernent toutes les étapes de la vie d'un produit (conception, industrialisation, production, SAV...).

Dossier technique

Terme générique désignant un ensemble de données techniques relatives à une ou plusieurs phases de la vie d'un produit (conception, industrialisation, production, maintenance...). Ce type de dossier comporte des données, des comptes-rendus, des analyses spécifiques, des conclusions techniques.

Écoconception

Méthode de conception d'un produit qui intègre les consignes écologiques de respect de l'environnement depuis la création du produit jusqu'à son recyclage.

FAST (Function Analysis System Technique)

Représentation schématique définissant le passage de chacune des fonctions de service en fonction(s) technique(s) puis, matériellement, en solution(s) constructive(s).

La méthode d'élaboration de ce schéma s'appuie sur une technique interrogative :

- pourquoi ? : pourquoi une fonction doit-elle être assurée ?
- comment ? : comment cette fonction doit-elle être assurée ?
- quand ? : quand cette fonction doit-elle être assurée ?

Fonction technique

Au sens du FAST, une fonction de service est satisfaite par l'association d'une ou plusieurs fonctions techniques. Une fonction technique est une « relation caractérisée » entre différentes parties d'un produit (pièce ou ensemble de pièces), elle est exprimée exclusivement en termes de finalité.

La fonction technique est formulée par un verbe d'action à l'infinitif suivi d'un ou plusieurs compléments. Cette formulation doit être indépendante des solutions susceptibles de la réaliser. Une fonction technique doit être caractérisée par des critères et des valeurs

Dans le développement industriel d'un produit, ces fonctions correspondent généralement à un ensemble de tâches et d'activités relatives à la réalisation d'une phase identifiée, comme la conception, la préparation de la production, la production, la gestion de la qualité, des achats...

Dans le monde industriel, ces fonctions correspondent généralement à des services réunissant toutes les compétences techniques et humaines nécessaires à la réalisation d'une fonction donnée : bureau d'étude, service qualité, bureau de méthodes, service industrialisation...

GANTT

Outil, couramment utilisé en gestion de projet, permettant de représenter visuellement l'état d'avancement des différentes activités (tâches) constitutives du projet.

Grenelle de l'environnement (ou Grenelle 1)

Loi n° 2009-967 du 3 août 2009 de programmation introduisant des mesures qui visent à favoriser le développement de produits plus respectueux de l'environnement (article 46).

Impact environnemental

État de modification de l'environnement, négatif ou bénéfique, résultant totalement ou partiellement des activités (productions ou services) d'un organisme.

ISO 14000

Ensemble des normes françaises concernant le management environnemental.

Maquette numérique

La maquette numérique est une représentation virtuelle d'un produit. Les maquettes servent à valider et à définir. Les propriétés qui lui sont attachées sont fonction des points de vue souhaités pour la validation - un principe technique, une solution constructive, un ensemble fonctionnel, un comportement...

Modeleur volumique

Dénomination des progiciels de conception de systèmes mécaniques de dernière génération. Le modeleur volumique est le maillon central d'une chaîne numérique de conception.

Ce type de logiciel permet de :

- créer des pièces par association de volumes élémentaires créés par des fonctions telles que l'extrusion ou la rotation d'une surface (esquisse) par rapport à une direction ;
- associer ces pièces selon des contraintes géométriques pour construire le modèle virtuel d'un système mécanique ;
- construire des maquettes "robustes". La robustesse d'une maquette caractérise sa capacité à accepter de se reconstruire après la modification d'une caractéristique de référence. Ce concept dépend des méthodes de constructions adoptées pour définir une pièce (choix de l'arbre de construction, des esquisses et des critères d'évolution) et construire un assemblage (choix des contraintes, constructions dans l'assemblage, paramétrages...) ;
- construire des maquettes "portables". Propriété du modèle géométrique à accepter les modifications et à être réutilisé facilement. Les interventions extérieures sur le fichier informatique ne doivent pas générer des incohérences dans la base de données géométriques.

Le modeleur peut être :

- variationnel : toute modification d'une dimension sur le modèle engendre des modifications sur l'ensemble de la pièce et de la structure ;
- paramétré : possibilité de déclarer des paramètres gérant des dimensions et des fonctions facilitant la gestion de familles de pièces ;
- évolutif : possibilité d'enregistrer des versions successives d'une maquette, facilitant des traitements particuliers (simulations de comportement mécanique, dimensionnements, fabrications), souvent associé à l'interactivité des modèles (une modification exigée par une simulation de fabrication se reporte automatiquement sur le modèle géométrique, par exemple) ;
- exact : la représentation volumique des solides est attachée à une définition mathématique exacte ;
- configurable : ce qui permet de gérer, dans un seul fichier informatique, différentes situations de la même maquette, pour enregistrer des options de conception, des positions successives, des essais de formes, etc ;
- surfacique : s'attache à définir la peau de la pièce par un modèle mathématique ou surfaces mathématiques, les opérations portent sur ces surfaces.

Modèle d'étude

Il s'agit d'un modèle permettant le calcul manuel ou informatique exploitant les théorèmes généraux de la mécanique ou les lois de l'élasticité en vue de déterminer les inconnues d'un problème (déformations, contraintes, efforts, puissances...).

Ce modèle est élaboré à partir des solutions constructives du système réel en faisant un certain nombre d'hypothèses le plus souvent simplificatrices.

En phase de conception préliminaire, ce modèle est élaboré à l'aide d'un modeleur volumique. Il permet d'intégrer les conditions fonctionnelles et sert de support aux validations comportementales.

Moyen d'essais

C'est le système permettant de réaliser la mesure ou l'étude (exemple : le banc, le logiciel, le moteur, etc...)

Méthodologie

Organisation hiérarchique des opérations à l'intérieur de l'essai.

Exemple de méthodologie :

- mettre en marche le moteur ;
- attendre 50°C de température moteur ;
- commencer la mesure.

Procédure

Organisation hiérarchique temporelle de l'essai (ou de la mesure) par rapport aux moyens d'essais.

Exemple de procédure :

- mettre en marche la baie d'analyse à H-2 ;
- mettre en marche le fumimètre à H-1 ;
- calibrer la baie...

Protocole

Association de la procédure et de la méthodologie.

Projet

Processus visant un objectif conforme à des exigences spécifiques. Ce processus est une suite d'activités coordonnées comportant des dates de début et de fin constituant des étapes.

Outils méthodologiques liés à la conduite de projets : Cycle en V, Spirale, cascade, Agiles, Scrum

Règles de l'art

Respecter les protocoles en y ajoutant les notions de qualité.

Règles d'usage

Ce sont les règles non écrites respectées par des personnes, exerçant des professions déterminées, qu'elles considèrent nécessaires pour régler leurs rapports.

Responsabilité sociétale des entreprises

Elle correspond à la déclinaison des principes du développement durable à l'échelle de l'entreprise et signifie essentiellement que les entreprises, de leur propre initiative, contribuent à améliorer la société et à protéger l'environnement, en liaison avec les parties prenantes.

Reuves de projet

Phases de la conception du produit pendant laquelle « l'équipe projet » valide un certain nombre de points d'avancement du dossier de projet industriel. En BTS, « l'équipe projet » est composée, des étudiants qui réalisent le projet, des professeurs responsables et du demandeur.

On peut distinguer trois revues de projet :

- la **revue critique de spécification** qui valide le cahier des charges fonctionnel ;
- la **revue critique de conception préliminaire** qui valide la recherche de solutions et les avant-projets ;
- la **revue critique de conception générale et détaillée** qui valide la conception générale du produit ainsi que sa définition au regard du cahier des charges.

Robustesse (d'une maquette numérique)

La robustesse d'une maquette numérique est sa capacité à ne pas être altérée par une petite modification des données ou des paramètres choisis.

Robustesse (d'une prestation)

C'est la stabilité d'une prestation (performances, polluants, bruit, consommation, ...) lorsqu'elle est impactée par des dérives dues aux tolérances de réalisation et de réglages, aux usures dans la vie du produit et aux variabilités des conditions d'usage et de matière d'œuvre.

Savoirs associés aux compétences

La conduite d'une activité professionnelle requiert une ou plusieurs compétences, chacune d'elles mobilisant à la fois des savoir-faire, des savoir-être et des connaissances. Ces connaissances sont également dénommées savoirs associés à la compétence considérée.

Savoir-faire

Habilité manifestée dans une situation professionnelle définie. C'est l'ensemble des gestes, des méthodes les mieux adaptées à la tâche proposée.

Le **savoir-faire** est **d'ordre manipulateur** lorsqu'il est du domaine de l'action, de la manipulation. Ex : agir, connecter, démonter ou remonter, démarrer, mesurer (prendre la mesure).

Le **savoir-faire** est **d'ordre opératoire** lorsqu'il est du domaine du suivi d'un protocole d'action, de la réalisation d'une opération, de la mise en œuvre de tout ou partie d'un processus. Ex : régler, mettre en œuvre, démonter ou remonter un ensemble complexe, mesurer (mettre en œuvre la mesure)

Le **savoir-faire** est **d'ordre méthodologique** lorsqu'il est du domaine de l'organisation de l'action, de la conception, du choix, de la justification d'une méthode en vue de réaliser un processus ou un service. Ex : organiser, proposer, concevoir, choisir, justifier, comparer, mesurer (concevoir la mesure).

Solution constructive

Proposition concrète et réaliste dont la fabrication est possible. Elle permet de répondre, en partie, à une ou plusieurs fonctions de service dans un mécanisme.

Les solutions constructives peuvent être classées en grandes familles répondant à des objectifs donnés (transformer un mouvement, réaliser un guidage en rotation, assurer une étanchéité...). Elles peuvent associer des éléments standardisés, préfabriqués et optimisés, des éléments spécifiques au problème donné, définis et réalisés pour la circonstance ou par des éléments adaptatifs, préfabriqués mais possédant des capacités d'adaptation au cahier des charges.

Spécification géométrique

C'est une indication qui caractérise soit l'intervalle acceptable pour une dimension, soit la zone de tolérance relative à l'acceptabilité d'une forme ou au positionnement relatif d'une surface par rapport à une autre.

Stratégie

Algorithme de traitement des variables d'entrées conduisant à définir les variables de sorties.

Spécification

C'est l'outil de description de l'ensemble des stratégies.

Support

Sujet de l'étude, de la mesure ou de l'essai (exemple : moteur, carburant, catalyseur, etc...)

SysML (Systems Modeling Language)

Langage de modélisation des systèmes permettant la spécification, l'analyse, la conception, Associé à d'autres outils, il permet la vérification et la validation de ces systèmes et de leurs sous-systèmes.

Système

Ensemble d'éléments en interaction dynamique et organisés en fonction d'un but.

Le moteur, le post traitement et les périphériques.

Systémique (Approche ...)

L'approche systémique, à l'inverse et en complément de l'approche analytique, considère la globalité d'un système dans toute sa complexité et sa dynamique. Lorsqu'une approche analytique se focalise sur le comportement des éléments, l'approche systémique se focalise sur leurs interactions. Ces approches sont donc éminemment complémentaires. Enfin, une approche systémique peut être mobilisée tant pour l'analyse des écosystèmes naturels que pour celle des systèmes humains.

Tâches professionnelles

Ensemble d'opérations élémentaires mises en œuvre pour réaliser le travail prescrit.

Pour être menée à bien, une tâche mobilise des compétences. Elle est caractérisée par des données d'entrée, la mise en œuvre d'outils et de méthodes, la production de résultats attendus et identifiables.

Exemple : analyse critique de solutions, réalisation des dessins de définition de produits finis, cotés, tolérancés.

Température d'ambiance

Limite de T° sous capot ou dans l'environnement du moteur.

Vie du produit et cycle de vie

Selon l'analogie biologique introduite par l'américain R. Vernon, les produits se comportent comme des êtres vivants et ont un cycle de vie en quatre phases : naissance, croissance, maturité et déclin.

Dans le domaine de la mécanique, le cycle de vie d'un produit est l'ensemble de toutes les phases de l'existence d'un produit, depuis sa naissance jusqu'à sa disparition : conception, réalisation, utilisation, recyclage.

Sigles et acronymes

CA : crank angle (angle vilebrequin).

CAI : Controlled Auto Ignition. Principe de combustion par auto-inflammation contrôlée.

CAO : Conception assistée par ordinateur.

CHSCT : Comité d'hygiène, de sécurité et des conditions de travail.

CVS : Constant Volume Sampler. Système de prélèvement à volume constant.

déNox : système de traitement catalytique des oxydes d'azote.

ECU : Engine Control Unit (calculateur).

EGR : Exhaust Gas Recirculation. RGE (Recirculation de gaz d'échappement).

ELR : European Load Response. Cycle de détermination des polluants pour véhicules poids lourds.

EOBD : European On Board Diagnostics. Norme européenne concernant la détection des défaillances liées aux systèmes de dépollution des véhicules.

ETC : European Transient Cycle. Cycle de détermination des polluants pour véhicules poids lourds.

FAP : Filtre à Particules

GMP : Groupe motopropulseur

HCCI : Homogeneous Charge Compression Ignition. Principe de combustion par compression d'un mélange homogène.

HLC : Hauteur de loi de Combustion.

NEDC : New European Driving Cycle. Cycle européen routier pour l'homologation des véhicules.

NOx : oxydes d'azote (NO, NO₂, N₂O)

OSC : Oxygen Storage Capacity. Capacité d'un pot catalytique à stocker transitoirement du dioxygène.

PEMS : Portable emissions measurement system. Systèmes de mesure de polluants embarqués (sur véhicules pour normes d'homologation futures).

PCI / PCS : Pouvoir calorifique inférieur / supérieur.

PLEX : plan d'expérience.

PMI : pression moyenne indiquée. PMIBP : pression moyenne indiquée basse pression. PMF : pression moyenne de frottement.

QSE : Qualité - Sécurité – Environnement.

SCR : Selective Catalytic Reduction. Système de traitement catalytique des oxydes d'azote.

SME : Système de Management de l'Environnement.

WHTC (World Harmonised Transient cycle) et **WHTSC** (World Harmonised Steady State Cycle) : cycles de détermination des polluants pour véhicules poids lourds.

WLTC : Worldwide harmonized Light vehicles Test Cycle. Cycle routier « mondialisé », partie de la procédure de détermination des émissions polluantes harmonisée au niveau mondial (Worldwide harmonized Light vehicles Test Procedures) devant remplacer, à terme, le cycle européen.