



Liberté • Égalité • Fraternité

RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

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

Brevet de technicien supérieur MAINTENANCE DES VÉHICULES

Option A : Voitures particulières

Option B : Véhicules de transport routier

Option C : Motocycles

Savoirs S1:

Analyse et comportement des systèmes

Mise en œuvre à la rentrée 2016

S1. Analyse et comportement des systèmes

Finalité : Cet enseignement a pour objectif de rendre les étudiants capables de décrire l'organisation fonctionnelle d'un système ou sous-système, d'analyser les solutions constructives réalisant les fonctions techniques et de vérifier les performances d'un système ou sous-système. Il développe l'esprit critique et apporte les outils d'analyse, de calcul et de représentation nécessaires aux activités de diagnostic et de remise en conformité des systèmes.

Cette démarche d'analyse mobilise des compétences scientifiques et technologiques en apportant des connaissances du fonctionnement des mécanismes et de leurs solutions constructives préalables aux activités de diagnostic et de maintenance.

L'évolution technologique des véhicules nécessite des compétences affirmées de la part des techniciens pour qu'ils puissent intervenir avec un maximum d'efficacité, notamment lorsque des diagnostics complexes sont nécessaires.

Les étudiants s'appuieront sur des modèles physiques pour analyser et justifier les phénomènes observés.

Méthodologie : Les différentes études seront issues de problématiques réelles sur des véhicules récents.

Cet enseignement s'organise en travaux pratiques réalisés sur des systèmes didactisés, réels ou virtuels. Des synthèses, réalisées en classe entière à la fin de chaque séquence, permettront de dégager les concepts scientifiques et techniques.

Les activités des travaux pratiques porteront sur la décomposition des systèmes, sous-systèmes et composants afin d'en faciliter l'analyse et l'exploitation lors des « activités pratiques ».

Il sera proposé aux étudiants :

- l'étude des solutions constructives représentatives de celles rencontrées sur les véhicules actuels ;
- des activités de montage et de démontage permettant de mieux appréhender l'agencement ;
- des différents sous-ensembles, les procédures d'assemblage et de réglage ;
- des études techniques nécessitant l'utilisation de l'outil informatique.

L'outil informatique est essentiellement utilisé pour visualiser et comprendre le fonctionnement, simuler et relever des performances, et analyser des causes mécaniques de dysfonctionnement.

S1.1 Analyse fonctionnelle et structurale				
Savoirs, connaissances (concepts, notions, méthodes)	Niveau taxonomique			Commentaires
	VP	VTR	M	
S1.1.1 Approche globale <ul style="list-style-type: none"> • Cahier des charges fonctionnel. • Langage de description SysML. • Types de diagrammes et leur utilisation : <ul style="list-style-type: none"> – diagramme des exigences ; – diagramme de définition de bloc ; – diagramme de bloc interne. 	2	2	2	<p>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.</p> <p>A ce stade, on se limitera à la lecture et la compréhension des diagrammes SysML.</p>
S1.1.2 Description interne <ul style="list-style-type: none"> • Déclinaison des fonctions de service en fonctions techniques : outil FAST. <p>Organisation fonctionnelle de la chaîne d'énergie</p> <ul style="list-style-type: none"> • Fonctions principales de la chaîne d'énergie : alimenter, convertir, moduler, transmettre,... • Identification des composants. • Flux d'énergie, grandeurs physiques. <p>Organisation fonctionnelle de la chaîne d'information</p> <ul style="list-style-type: none"> • Fonctions principales de la chaîne d'information : acquérir, coder, communiquer, mémoriser,... • Identification des composants. • Caractéristiques des signaux (types, période, fréquence, amplitude, valeur moyenne, valeur efficace, rapport cyclique,...). <p>Liens entre la chaîne d'information et la chaîne d'énergie</p> <ul style="list-style-type: none"> • Ordres, comptes rendus. 	3	3	3	<p>Systèmes mono-source. Systèmes multi-sources, hybride.</p> <p>La description interne du système doit être menée en intégrant, si ces éléments existent, les données de l'ingénierie système par l'utilisation des diagrammes SysML.</p> <p>Il peut s'agir de diagrammes qui décrivent la structure interne du système étudié, de diagrammes qui situent le produit étudié à l'intérieur d'un système pluri technologique plus vaste.</p>
S1.1.3 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 et nomenclature (tous types) ; – maquette numérique ; – graphe de montage ou de démontage. • Outils de schématisation : <ul style="list-style-type: none"> – schémas blocs ; – schémas fluidiques (hydraulique, pneumatique) ; – schémas cinématiques ; – schémas électriques. 	2	2	2	<p>L'utilisation des outils descripteurs s'intègre dans l'analyse structurale et fonctionnelle du système, la communication technique, la recherche initiale de solutions constructives.</p> <p>Les différentes normes de représentation sont fournies pour décoder ou compléter un schéma.</p>

En aucun cas, cet enseignement vise à présenter toutes les solutions constructives existantes. Il doit permettre, à des fins de diagnostic de mettre en évidence les paramètres influençant les performances du système ou du mécanisme.

S1.2 Solutions constructives				
Savoirs, connaissances (concepts, notions, méthodes)	Option			Commentaires
	VP	VTR	M	
S1.2.1 Liaisons complètes, guidages en rotation, en translation, rotulage <ul style="list-style-type: none"> • Conditions fonctionnelles (précision du guidage, tenue aux efforts). • Lubrification : désignation normalisée d'une huile, viscosité et les techniques de lubrification. • Étanchéité statique et dynamique. • Usure, jeu et dispositif de rattrapage. • Conditions d'utilisation et réglage. 	3	3	3	<p>Ces solutions sont à aborder d'un point de vue de la maintenance lors d'activités pratiques.</p> <p>Les dispositifs de réglage ou de serrage et les contrôles sont analysés ainsi que les défaillances. Seuls la nature, la forme et le mode d'action d'une étanchéité seront abordés.</p>
S1.2.2 Liaisons élastiques <ul style="list-style-type: none"> • Ressorts (traction, compression, torsion, flexion), caractéristiques principales (raideur, flexibilité). • Amortisseurs. • Suspension (hydraulique, pneumatique, hydropneumatique) et leurs caractéristiques principales. 	3	3	3	<p>Les lois (effort → déformation) et (couple → déformation) sont données.</p> <p>Les courbes caractéristiques des amortisseurs sont données, les paramètres sont exploitables.</p>
S1.2.3 Les matériaux <ul style="list-style-type: none"> • Typologie. • Domaines d'utilisation. • Principaux traitements des métaux et alliages métalliques. 	2	2	2	<p>On se limitera aux caractéristiques et aptitudes mécaniques, thermiques, électriques, et magnétiques.</p>

S1.3 Constituants des chaînes d'énergie				
Savoirs, connaissances (concepts, notions, méthodes)	Option			Commentaires
	VP	VTR	M	
S1.3.1 Adaptateur d'énergie, sans transformation de mouvement <ul style="list-style-type: none"> • Poulies-courroies, chaînes, engrenages, trains épicycloïdaux, réducteurs. 	3	3	3	<p>Ces familles de composants seront abordées à travers les points suivants :</p> <ul style="list-style-type: none"> – caractéristiques ; – comportement cinématique : loi d'entrée-sortie à partir de calculs simples ou de courbes issues de logiciels ; – courbes « constructeur » ; – réversibilité ; – actions mécaniques transmissibles ; – puissance d'entrée et de sortie ; – rendement ; – conditions d'utilisation ; – conditions de montage ; – réglages ; – causes et modes de défaillance.
S1.3.2 Adaptateur d'énergie avec transformation de mouvement <ul style="list-style-type: none"> • Système vis-écrou, cames, excentrique, système bielle manivelle. 	3	3	3	
S1.3.3 Convertisseur d'énergie <ul style="list-style-type: none"> • Pompes, moteurs, compresseurs, vérins, turbines. 	3	3	3	
S1.3.4 Modulateur d'énergie <ul style="list-style-type: none"> • Distributeur, régulateurs de pression, limiteurs de débit. 	3	3	3	
S1.3.5 Transmetteur d'énergie <ul style="list-style-type: none"> • Embrayages, accouplements. 	3	3	3	

Les courbes des constructeurs : lois (débit-pression) seront données pour vérifier les performances des composants.

S1.4 Comportement des systèmes mécaniques				
Savoirs, connaissances (concepts, notions, méthodes)	Option			Commentaires
	VP	VTR	M	
S1.4.1 Modélisation des mécanismes <ul style="list-style-type: none"> • Modélisation 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 ; – association des liaisons mécaniques élémentaires : liaisons composée. • Description des chaînes de liaisons : <ul style="list-style-type: none"> – classe d'équivalence cinématique ; – graphe des liaisons ; – schéma cinématique. • Isostatisme, hyperstatisme et mobilité. 	4	4	4	Liaisons élémentaires normalisées. Ces notions seront abordées sans l'utilisation de la résolution torsorielle. Par contre, la description torsorielle des actions mécaniques dans les liaisons sera utilisée.
S1.4.2 Modélisation des actions mécaniques <ul style="list-style-type: none"> • Actions mécaniques 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. • Etude du contact entre solides : <ul style="list-style-type: none"> – nature géométrique du contact ; – frottement et adhérence : lois de Coulomb. • Cas particulier du contact sol / pneumatique. 	4	4	4	Représentation des actions mécaniques sous forme torsorielle en vue de renseigner une simulation numérique.
S1.4.3 Mouvements relatifs entre solides dans le cas d'une translation ou d'une rotation autour d'un axe fixe <ul style="list-style-type: none"> • Nature et définition des mouvements de rotation et de translation. • Trajectoires des points du solide. • Vecteurs position, vitesse et accélération. • Champ des vecteurs « vitesse ». 	3	3	3	
S1.4.4 Mouvements plans de solides <ul style="list-style-type: none"> • Equiprojectivité du champ des vecteurs « vitesse ». • Centre instantané de rotation et distribution des vecteurs « vitesse ». • Composition des vitesses : <ul style="list-style-type: none"> – loi de composition ; – méthode graphique pour des systèmes plans. • Étude des chaînes cinématiques : lois d'entrée sortie. 	4	4	4	Limitation à un mouvement de translation ou de rotation autour d'un axe fixe dans les cas de mouvements uniformes ou uniformément variés. Analyse des courbes de vitesse et d'accélération à partir de relevés expérimentaux.
S1.4.5 Comportement mécanique des solides et des systèmes <ul style="list-style-type: none"> • Isolement d'un solide ou d'un système de solides. • Principe fondamental de la statique (énoncé du principe en vue d'une résolution analytique, ou logicielle). • Actions mutuelles. • Méthodologie de résolution analytique ou informatique des problèmes de statique. • Identification des caractéristiques cinétiques d'un solide influant son comportement dynamique : centre d'inertie, masse, moments d'inertie, matrice d'inertie. Théorème de Huygens. 	3	3	3	Représentation graphique dans les cas simples. Sauf pour les cas plans simples, la détermination des lois entrée sortie s'effectuera à l'aide d'un logiciel de simulation.
	4	4	4	Résolution analytique dans les cas de systèmes comportant quatre actions mécaniques maximales. Les autres cas seront étudiés avec une assistance informatique.
	3	3	3	Toutes les caractéristiques cinétiques (centre d'inertie, moment d'inertie, matrice d'inertie) seront données.

<ul style="list-style-type: none"> Principe fondamental de la dynamique : énoncé du principe en vue d'une résolution analytique ou logicielle. Équilibrage statique et dynamique d'un solide en rotation. 	2	2	2	<p>La mise en évidence de ces caractéristiques sera réalisée par la mise en œuvre de modèles volumiques.</p> <p>A l'aide des logiciels de CAO pour des volumes simples et complexes ou des recherches d'inertie autour d'axes quelconques.</p> <p>Étude limitée aux mouvements de translation rectiligne ou de rotation autour d'un axe fixe (exploitation logicielle pour les autres cas).</p> <p>Approche expérimentale et logicielle de l'équilibrage (limitée aux balourds matérialisés par une masse ponctuelle excentrée). Équilibrage d'une roue (équilibreuse).</p>																		
<p>S1.4.6 Energétique</p> <ul style="list-style-type: none"> Énergie potentielle de pesanteur et élastique. Énergie cinétique - Inertie équivalente. Travail, puissance d'une force, d'un couple. Théorème de l'énergie cinétique. 	3	3	3	<p>Application aux mouvements de translation et de rotation autour d'un axe fixe.</p>																		
<p>S1.4.7 Analogie mécanique – électrique – hydraulique – pneumatique</p> <ul style="list-style-type: none"> Grandeur d'effort (tension, force, couple, ...) et grandeur de flux (courant, débit, vitesse, vitesse angulaire, ...). Rendement global et partiel (d'un actionneur, d'un mécanisme, d'une chaîne d'énergie). 	3	3	3	<table border="1" data-bbox="991 857 1487 981"> <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> <p>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</p>	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)																				
<p>S1.4.8 Mécanique des fluides</p> <p>Statique des fluides</p> <ul style="list-style-type: none"> Loi effort-pression. Théorème de Pascal. Théorème d'Archimède. Loi de l'hydrostatique. <p>Cinématique des fluides</p> <ul style="list-style-type: none"> Débit volume, débit masse. Équation de continuité. <p>Dynamique des fluides incompressibles</p> <ul style="list-style-type: none"> Équation de Bernoulli, avec ou sans transfert d'énergie. Travail et puissance échangés entre le fluide et le milieu extérieur au cours de son évolution. Écoulement d'un fluide réel dans une conduite. Viscosités cinématique et dynamique, nombre de Reynolds. Écoulements laminaire et turbulent. Pertes de charges singulière et régulière. <p>Aérodynamique</p> <ul style="list-style-type: none"> Coefficients aérodynamiques (portance, traînée,...). Surface de référence (maître couple). Force de traînée. Force de portance. Puissance résistante aérodynamique. 	4	4	4	<p>L'étude se fera à partir d'un fluide considéré parfait, incompressible, dans le cadre d'un écoulement permanent, sans aucun échange thermique avec l'extérieur.</p> <p>L'utilisation de logiciels de simulation et de calcul pour les cas complexes est recommandée.</p> <p>Les coefficients de pertes de charges seront donnés ou déterminés par lecture sur abaque.</p> <p>Toutes les caractéristiques aérodynamiques seront données pour calculer les forces de traînée et de portance ainsi que la puissance résistante aérodynamique.</p>																		
<ul style="list-style-type: none"> Coefficients aérodynamiques (portance, traînée,...). Surface de référence (maître couple). Force de traînée. Force de portance. Puissance résistante aérodynamique. 	3	3	3																			
	3	3	3																			
	4	4	4																			
	4	4	4																			
	4	4	4																			

S1.4.9 Thermodynamique				
<p>Généralités</p> <ul style="list-style-type: none"> • Définitions, état d'un système, transformations, cycles. • Travail des forces extérieures de pression. • Transformations en vase clos – Transformations avec transvasement. <p>Premier principe de la thermodynamique</p> <ul style="list-style-type: none"> • Loi de Joule. • Énergie interne. • Enthalpie. <p>Étude des gaz parfaits</p> <ul style="list-style-type: none"> • Lois de Mariotte, Gay Lussac, Charles. • Équation caractéristique. • Capacités thermiques massiques, relation de Mayer. • Mélange des gaz parfaits, loi de Dalton. <p>Évolutions des gaz parfaits, diagrammes</p> <ul style="list-style-type: none"> • Isobare, isochore, isotherme, adiabatique réversible et irréversible, polytropique. <p>Phases d'un corps pur</p> <ul style="list-style-type: none"> • Changement d'état d'un corps pur. • Chaleur latente de vaporisation, titre de mélange liquide / vapeur, point d'ébullition. <p>Second principe de la thermodynamique</p> <ul style="list-style-type: none"> • Cycle dithermes, énoncé du principe, entropie. Rendement ou efficacité, d'un cycle (moteur, récepteur). 	3	3	3	<p>On limitera les études thermodynamiques aux éléments listés ci-dessous.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Moteurs à combustion interne Paramètres caractéristiques. Courbes caractéristiques, exploitation de ces dernières. Influence des paramètres sur le déroulement d'un cycle (rapport volumétrique, remplissage, déroulement de la combustion). Rendements. Amélioration de la puissance. • Ressorts pneumatiques Loi (pression, volume), flexibilité, raideur. • Accumulateurs Loi (pression, volume), énergie accumulée. • Compresseurs et turbocompresseurs Paramètres caractéristiques. Courbes caractéristiques, exploitation de ces dernières. Rendements. • Climatisation Lecture du diagramme (pression, enthalpie, température), états du fluide, bilan thermique du cycle, efficacité.
	4	4	4	
	3	3	3	

S2. Maintenance et diagnostic

Finalité : L'évolution technologique des véhicules dans le domaine de l'informatique et de l'électronique nécessite des compétences affirmées de la part des techniciens pour qu'ils puissent intervenir avec un maximum d'efficacité, lors des opérations de remise en conformité.

L'enseignement de la "Maintenance et diagnostic" contribue aux activités :

- de diagnostic ;
- d'organisation et de réalisation des opérations de maintenance ;
- de contrôle des performances des systèmes et des véhicules ;
- d'installation d'équipements complémentaires ;
- de mise en œuvre des activités de réglage et de paramétrage.

Ce savoir est complémentaire à celui de l'analyse des systèmes.

Méthodologie : Les observations, les mesures et les interprétations menées permettront :

- l'approfondissement de l'étude du fonctionnement d'un système (qui a pu être menée en technologie des véhicules par exemple) ;
- l'interprétation et l'analyse des indications des outils d'aide au diagnostic.

Cet enseignement est articulé d'une part, de travaux pratiques réalisés sur des systèmes réels "didactisés" ou sur véhicule (instrumenté ou non, avec / ou sans dysfonctionnement), et d'autre part d'études et de synthèses réalisées en groupe classe permettant un approfondissement de points clés.

NB : Pour ce savoir en particulier, une veille technologique est nécessaire. La prise en compte des évolutions techniques doit garantir une bonne adéquation entre les enseignements et la "réalité technologique" du moment.

S2.1 Technologie automobile				
Savoirs, connaissances (concepts, notions, méthodes)	Option			Commentaires
	VP	VTR	M	
S2.1.1 Caractéristiques et organisation structurelle des véhicules <ul style="list-style-type: none"> • Classification des fonctions (motorisation, transmission,...). • Implantation des systèmes. 	3	3	3	L'étude se limitera à une approche externe de chaque sous-système.
S2.1.2 Motorisation <p>Le moteur à combustion interne</p> <ul style="list-style-type: none"> • Caractéristiques géométriques. • Caractéristiques de performances : couple, puissance, consommation spécifique, rendement,... <p>Les circuits annexes</p> <ul style="list-style-type: none"> • Refroidissement : <ul style="list-style-type: none"> - refroidissement par air ; - refroidissement liquide ; - gestion de la température du moteur. • Lubrification, filtration : <ul style="list-style-type: none"> - par pression ; - par barbotage. <p>L'alimentation en carburant et comburant</p> <ul style="list-style-type: none"> • Systèmes d'injection essence : <ul style="list-style-type: none"> - principe de mesure de la masse d'air ; - détermination de la masse d'essence ; - stratégies de dépollution ; - injection directe essence ; - injection GPL ; 	3	3	3	L'étude se limitera aux caractéristiques principales du moteur.
	3	3	3	L'étude se limitera aux données utiles à la réparation et au diagnostic.
	3	3	3	L'étude approfondie des capteurs, calculateurs et actionneurs sera abordée dans la partie S2.2.

<ul style="list-style-type: none"> – injection GNV. • Systèmes d'injection gazole, GPL, GNV : <ul style="list-style-type: none"> – principe de l'injection haute pression diesel ; – stratégies de dépollution. • Moteurs suralimentés : <ul style="list-style-type: none"> – principe de la suralimentation ; – procédés de suralimentation. 	3	3	NT	
<p>Le déclenchement et la gestion de la combustion</p> <ul style="list-style-type: none"> • Allumage commandé (génération de haute tension, caractéristiques des éléments, oscillogrammes,...). • Allumage par compression. 	3	3	3	L'étude approfondie des capteurs, calculateurs et actionneurs sera abordée dans la partie S2.2.
<p>Les batteries de traction</p> <ul style="list-style-type: none"> • Différents types de batteries. • Caractéristiques principales. • Densité énergétique, énergie embarquée, autonomie ; • Les différents types de charge et les contraintes associées (infrastructures, types de prises et puissances nécessaires, temps de charge). 	1	1	1	On se limitera à la structure, au principe de fonctionnement et courbes caractéristiques.
<p>Architecture des véhicules hybrides et électriques</p> <ul style="list-style-type: none"> • Micro, mild et full hybrid. • Hybride série et parallèle. • Stratégie de gestion des flux d'énergie dans les véhicules hybrides. 	1	1	1	
<p>S2.1.4 Freinage</p> <p>Le freinage hydraulique</p> <ul style="list-style-type: none"> • Freins à disques. • Freins à tambours. • Correcteurs de freinage. • Organisation et répartition du freinage. • Assistance au freinage. • Frein de stationnement. 	3	3	3	
<p>Le banc de freinage</p> <ul style="list-style-type: none"> • Mesures et interprétations. 	3	3	NT	
<p>Le freinage (VTR)</p> <ul style="list-style-type: none"> • Freinage pneumatique conventionnel. • Ralentisseurs (moteur et transmission). 	NT	3	NT	L'étude se limitera aux données utiles à la réparation et au diagnostic.
<p>Systèmes de sécurité active liés au freinage</p> <ul style="list-style-type: none"> • Le système d'ABS : <ul style="list-style-type: none"> – distance d'arrêt et adhérence ; – mesure de l'adhérence longitudinale ; – principe de régulation de la pression ; – phases de fonctionnement ; – répartition électronique du freinage ; – schématisation hydraulique. • Le système d'ESP : <ul style="list-style-type: none"> – principe de correction de la trajectoire ; – mesure de l'adhérence transversale ; – principe de contrôle de la trajectoire ; – phases de fonctionnement ; – schématisation hydraulique. • Le système d'anti-patinage : <ul style="list-style-type: none"> – fonctions de l'anti-patinage ; – actions de l'anti-patinage (réduction du couple mo- 	3	3	3	L'étude approfondie des capteurs, calculateurs et actionneurs sera abordée dans la partie S2.2.

<p>teur, du couple de freinage,...).</p> <ul style="list-style-type: none"> Le système d'aide au freinage d'urgence : <ul style="list-style-type: none"> – nécessité de la fonction freinage d'urgence ; – solutions technologiques hydrauliques et électropneumatiques. 				
<p>S2.1.5 Transmission de puissance</p> <p>Boîtes de vitesses robotisées</p> <ul style="list-style-type: none"> Commande robotisée. Boîte de vitesses double embrayage. <p>Boîtes de vitesses automatiques et à variation continue</p> <ul style="list-style-type: none"> Convertisseur de couple. Gestion du passage des vitesses (capteurs, actionneurs). Principe des transmissions à variation continue. <p>Transmissions (2 roues motrices et 4 roues motrices)</p> <ul style="list-style-type: none"> Le différentiel. Principe d'une transmission intégrale. La boîte de transfert. Gestion électronique de la transmission intégrale. 	3	3	3	L'étude pourra être abordée dans le cadre d'une intervention de réparation.
<p>S2.1.6 Liaison au sol – suspension</p> <p>Les suspensions classiques</p> <ul style="list-style-type: none"> Principe de contrôle du débattement de la caisse (ressort + amortisseur). Les ressorts (à lames, à barre de torsion,...). Les amortisseurs (mono tube, bitube,...). Les barres anti-devers. <p>Les suspensions pneumatiques et hydropneumatiques</p> <ul style="list-style-type: none"> Principe d'une suspension pneumatique et hydropneumatique. La correction d'assiette. <p>Les suspensions pilotées</p> <ul style="list-style-type: none"> L'amortisseur piloté. Le système hydropneumatique piloté. La gestion du taux d'amortissement. <p>Géométrie des trains roulants</p> <ul style="list-style-type: none"> Différentes solutions technologiques utilisées. Caractéristiques géométriques du train roulant (angles, épure,...). Influences sur le comportement routier. Roues et pneumatiques (usure, marquage...). 	3	3	3	
	2	3	2	L'étude approfondie des capteurs, calculateurs et actionneurs sera abordée dans la partie S2.2.
	3	3	2	
	3	3	NT	L'étude de nombreux défauts de géométrie des trains roulants devra être proposée.
<p>S2.1.7 Systèmes de direction</p> <p>La direction mécanique</p> <ul style="list-style-type: none"> Principe de fonctionnement. <p>La direction assistée</p> <ul style="list-style-type: none"> Principe d'une assistance hydraulique. Principe d'une assistance électrique. 	3	3	NT	Les directions mécanique et hydraulique seront abordées de manière succincte. L'étude approfondie des directions électriques sera abordée dans la partie S2.2.

<ul style="list-style-type: none"> • Gestion de l'assistance. <p>Les assistances au stationnement</p> <ul style="list-style-type: none"> • Principe de fonctionnement. 				
<p>S2.1.8 Production et utilisation de l'énergie électrique</p> <p>Le circuit de charge</p> <ul style="list-style-type: none"> • Principe de la production de l'énergie électrique. • Transformation du courant alternatif en courant continu. • L'autolimitation en intensité. • La régulation de la tension de bord. • L'autoamorçage. • L'alternateur-démarrateur. <p>Gestion pilotée de l'énergie</p> <ul style="list-style-type: none"> • Principe de fonctionnement. <p>Le circuit de démarrage</p> <ul style="list-style-type: none"> • Principe de conversion de l'énergie électrique en énergie mécanique. • Fonctionnement d'un démarreur. • Point de fonctionnement et courbes caractéristiques. 	3	3	3	<p>Une approche externe permettant de caractériser les performances du système sera privilégiée.</p> <p>L'influence d'une chute de tension sur le circuit de puissance sera mise en évidence.</p>
<p>S2.1.9 Production et utilisation des énergies auxiliaires</p> <ul style="list-style-type: none"> • Pompe d'assistance, groupe électro-pompe, compresseur, éléments de stockage et de distribution. 	2	2	2	Les principes de fonctionnement seront abordés.
<p>S2.1.10 Confort – aide à la conduite</p> <p>Le conditionnement d'air</p> <ul style="list-style-type: none"> • La distribution d'air. • La boucle de froid. • La régulation de température. <p>La gestion des ouvrants et protection du véhicule</p> <ul style="list-style-type: none"> • Le verrouillage centralisé. • Les vitres électriques. • Les essuies glace. <p>La régulation de vitesse intégrale</p> <ul style="list-style-type: none"> • Principe de fonctionnement. • Mesure de la distance. • Principe de contrôle de la vitesse de roulage. 	3	3	NT	<p>L'étude approfondie des capteurs, calculateurs et actionneurs sera abordée dans la partie S2.2.</p> <p>L'étude se limitera aux principes de fonctionnement et aux données utiles à la réparation et au diagnostic.</p>
<p>S2.1.11 Sécurité active et passive</p> <ul style="list-style-type: none"> • Systèmes de coussins gonflables et de prétentionneurs 	2	2	NT	Les principes de fonctionnement seront abordés.

S2.2 Gestion des systèmes pilotés				
Savoirs, connaissances (concepts, notions, méthodes)	Option			Commentaires
	VP	VTR	M	
<p>S2.2.1 Organisation d'un système électronique embarqué</p> <p>Généralités</p> <ul style="list-style-type: none"> • Architecture générale. • Chaîne d'information. • Unité de traitement. • Communication inter systèmes et dialogue homme / système. • Chaîne d'énergie. <p>Organisation fonctionnelle et structurelle d'une chaîne de mesure</p> <ul style="list-style-type: none"> • Conditionneur de capteur. • Conditionneur de signal (mise en forme, filtrage,...). • Chaîne de mesure numérique (conversion analogique / numérique, comptage, ...). <p>Caractéristiques des capteurs</p> <ul style="list-style-type: none"> • Corps d'épreuve. • Élément de transduction. • Capteur de type actif, passif,... • Type du signal : logique, analogique, numérique. • Loi de transfert. • Caractéristiques métrologiques. <p><i>Exemples de mesures : pression, fréquence de rotation par capteur inductif et par capteur à effet Hall, position, débit, température par thermistance, taux d'oxygène, cliquetis, accélération, angle de rotation.</i></p>	2	2	2	<p>Les différents éléments d'un système piloté sont associés aux fonctions proposées (la liste des fonctions assurées par le système est fournie).</p> <p>Les différents éléments sont classés par rapport à l'architecture générale proposée.</p> <p>La connaissance se limite à associer un élément structurel à une fonction proposée pour quelques chaînes de mesures courantes (par exemple : température, vitesse de rotation, pression).</p> <p>Il s'agit d'identifier un type de signal et les principes physiques utilisés à partir d'une documentation technique.</p> <p>A partir de mesures réalisées ou fournies, il faudra établir la relation liant la grandeur mesurée et le signal fourni par le capteur.</p> <p>Les savoirs seront complétés par une expérimentation sur systèmes réels ou maquettes didactiques.</p>
<p>S2.2.2 Organisation fonctionnelle d'un calculateur</p> <ul style="list-style-type: none"> • Schéma synoptique interne (étage d'entrée, micro contrôleur, étage de sortie...). • Interrelations entre les fonctions. • Architecture d'un calculateur et les familles de composants électroniques utilisés (UC, mémoires (Rom, Ram, flash EEprom), étages d'entrée, étages de sortie, alimentation). 	2	2	2	On se limitera à l'aspect fonctionnel des composants.
<p>S2.2.3 Organisation fonctionnelle d'une chaîne d'énergie</p> <p>Généralités</p> <ul style="list-style-type: none"> • Interface de commande. • Pré-actionneurs. • Actionneurs. <p>Les actionneurs et pré-actionneurs</p> <ul style="list-style-type: none"> • Énergies en jeu (électrique, pneumatique, hydraulique). • Principe de fonctionnement et modèle équivalent. • Analyse des signaux en relation avec le pré-actionneur ou l'actionneur et en relation avec les paramètres fournis par les outils de diagnostic. 	2	2	2	<p>Il s'agit essentiellement d'identifier à partir d'une représentation schématique, d'une liste fournie les fonctions principales de la chaîne.</p> <p>L'étude des actionneurs et pré-actionneurs doit s'appuyer sur les systèmes embarqués.</p>
	3	3	3	

<p>Mode de commande</p> <ul style="list-style-type: none"> • En commutation (relais, transistor commandé en commutation). • En hacheur (proportionnelle, rapport cyclique variable,...). • En amplification (protection, limitation en courant,..). • Par pont en H (inversion de sens de rotation,.....). • Par double pont en H (moteur pas à pas,.....). • Convertisseur continu-alternatif : onduleurs. • Commande des onduleurs (symétrique, en MLI). <p>Actionneurs dans les véhicules hybrides et électriques</p> <ul style="list-style-type: none"> • Moteur synchrone. • Moteur asynchrone. 	3	3	3	<p>Lors d'activités de diagnostic, il s'agit d'analyser les signaux de commande du pré-actionneur ou de l'actionneur en relation avec les paramètres fournis par les outils de mesures.</p> <p>La connaissance permet d'identifier les composants et définir leurs fonctions principales :</p> <ul style="list-style-type: none"> – moteurs : synchrone, asynchrone ; – convertisseurs CC / CA et CA / CC.
S2.2.4 Dialogue et communication				
<p>Support physique et classes de bus</p> <ul style="list-style-type: none"> • Paire torsadée, fibre optique vitesse de transmission...). 	2	2	2	<p>A partir des schémas du constructeur, il s'agit d'identifier le média utilisé (paire de fils torsadés, fibre optique).</p>
<p>Topologie des réseaux</p> <ul style="list-style-type: none"> • Organisation du réseau (CAN,LIN, ...). • Multi maîtres, Maître esclaves,... 	2	2	2	<p>A partir des schémas du constructeur, il s'agit d'identifier l'organisation du réseau : notion de topologie, pour les réseaux les plus courants (CAN, LIN, ...)</p>
<p>Les caractéristiques mesurables d'un réseau multiplexé</p> <ul style="list-style-type: none"> • Résistance. • Niveaux de tension. • Présence d'une trame. 	2	2	2	<p>Les mesures doivent permettre de réaliser des activités de diagnostic (résistances de terminaison, niveaux de tension caractéristiques CAN, LIN, contrôles d'isolement ou de court-circuit du réseau).</p>
<p>Interface de multiplexage</p> <ul style="list-style-type: none"> • Structure d'une trame. • Gestion des priorités et arbitrage. • Relation entre les grandeurs physiques et le message : messagerie (couche applicative). 	1	3	1	<p>La connaissance se limite à présenter la structure d'une trame, en mettant en évidence notamment la gestion des priorités et d'arbitrage.</p>
<p>S2.2.5 Organisation des asservissements</p> <ul style="list-style-type: none"> • Système en boucle ouverte. • Système en boucle fermée. 	1	1	1	<p>On s'attachera à montrer l'aspect fonctionnel des composants d'un asservissement. On prendra des exemples liés aux systèmes pilotés (régulation lambda, régulation de pression de suralimentation,...).</p>

S2.3 Méthodologies de diagnostic et d'intervention

Savoirs, connaissances (concepts, notions, méthodes)	Option			Commentaires
	VP	VTR	M	
S2.3.1 Les outils de conception des méthodes de diagnostic <ul style="list-style-type: none"> • L'analyse fonctionnelle descendante. • Les diagrammes cause-effet. • Les algorithmes de diagnostic. 	3	3	3	La mise en œuvre des outils de conception doit : <ul style="list-style-type: none"> – respecter les règles d'écriture ; – s'appliquer à des systèmes technologiquement évolués. La réalisation des arbres de diagnostic se limitera à la fonction défaillante. Les moyens de contrôle et les valeurs attendues seront précisés.
S2.3.2 Mise en œuvre des matériels d'aide au diagnostic <ul style="list-style-type: none"> • Les matériels dédiés (stations de diagnostic constructeur, multi marques, bancs de test, ...). • Fonctionnalités des outils d'aide au diagnostic des systèmes pilotés : <ul style="list-style-type: none"> – dialogue calculateur / outil de diagnostic (lecture défauts, lecture paramètres, mesure paramètres, test actionneurs....) ; – paramétrage (téléchargement, télé codage, apprentissage) ; – procédures de réinitialisation – assistance à distance. • Les matériels conventionnels et leurs limites d'utilisation (oscilloscopes, multimètres ...). • Paramètres des appareils de mesure (calibre, base de temps, déclenchement, fréquence et temps d'acquisition, synchronisation). 	3	3	3	L'utilisation des stations de diagnostic et matériels conventionnels doit permettre la mise en œuvre de toutes les fonctions disponibles (diagnostic, mesures paramètres, acquisition de données, mesures de signaux, mesure grandeurs physiques). Les règles d'utilisation des matériels et consignes de sécurité doivent être respectées.
S2.3.3 Les méthodologies de diagnostic constructeur <ul style="list-style-type: none"> • Les démarches mise en œuvre au niveau de la surface après-vente, au niveau du constructeur. 	3	3	3	Les méthodologies de diagnostic constructeur doivent s'appuyer principalement sur l'utilisation de notes techniques et procédures constructeur. On veillera à montrer les avantages et limites de ce type d'intervention.

RÈGLEMENT D'EXAMEN

ÉPREUVES			Candidats				
			Scolaires (établissements publics ou privés sous contrat), Apprentis (CFA ou sections d'apprentissage habilités), Formation professionnelle continue dans les établissements publics habilités.	Formation professionnelle continue (établissements publics habilités à pratiquer le CCF pour ce BTS).	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.	Forme	Durée
Nature des épreuves	Unités	Coef.	Forme	Durée	Forme	Forme	Durée
E1 – Culture générale et expression	U1	3	Ponctuelle écrite	4 h	CCF 3 situations	Ponctuelle écrite	4 h
E2 – Langue vivante étrangère anglais (1)	U2	2	CCF 2 situations		CCF 2 situations	Ponctuelle orale	Compréhension 30 min Expression 15 min
E3 – Mathématiques et Physique – Chimie							
Sous-épreuve : Mathématiques	U31	2	CCF 2 situations		CCF 2 situations	Ponctuelle écrite	2 h
Sous-épreuve : Physique - Chimie	U32	2	CCF 2 situations		CCF 2 situations	Ponctuelle écrite	2 h
E4 – Analyse des systèmes et contrôle des performances	U4	5	Ponctuelle écrite	6 h	Ponctuelle écrite	Ponctuelle écrite	6 h
E5 – Gestion d'une intervention							
Sous-épreuve : Relation client	U51	2	CCF		CCF 1 situation	Ponctuelle orale	
Sous-épreuve : Intervention sur véhicule	U52	5	CCF		CCF 1 situation	Ponctuelle pratique	6 h
E6 – Épreuve professionnelle de synthèse							
Sous-épreuve : Connaissance de l'entreprise	U61	2	Ponctuelle orale	25 min	CCF 1 situation	Ponctuelle orale	25 min
Sous-épreuve : Mesures et analyse	U62	5	Ponctuelle orale	25 min	CCF 1 situation	Ponctuelle orale	25 min
EF1 – Langue vivante facultative (2) (3)	UF1		Ponctuelle orale	20 min de préparation + 20 min	Ponctuelle orale	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 la sous-épreuve « Relation client » (unité U51).

(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.

Épreuve E4 (Unité 4) – Analyse des systèmes et contrôle des performances (Coefficient 5)

Cette sous-épreuve est commune aux trois options

1. Objectif de l'épreuve

Cette épreuve permet de valider tout ou partie des compétences :

- **C1.1** : Décrire le fonctionnement d'un système ;
- **C1.2** : Identifier les grandeurs d'entrée / sortie d'un système ;
- **C1.3** : Caractériser les performances d'un système.

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 est un dossier technique relatif à un système complexe ou un sous-système appartenant au véhicule. Un dysfonctionnement énoncé par un client en relation avec ce dossier est clairement présenté. L'ensemble des questions posées doit permettre au candidat de proposer une solution de remise en conformité. Il y a lieu de favoriser autant que possible l'indépendance des questions. Le candidat est en totale autonomie.

Pour cette épreuve E4, les candidats seront placés en situation de réaliser tout ou partie des tâches :

A1-T1	Confirmer le dysfonctionnement ressenti et énoncé par le client.
A1-T2	Recenser les informations techniques nécessaires au diagnostic.
A1-T3	Effectuer les contrôles, mesurer et relever les écarts par rapport aux données constructeur / équipementier.
A1-T4	Analyser le système en dysfonctionnement et interpréter les contrôles et mesures.
A2-T5	Compléter, si nécessaire, le diagnostic avec l'aide de la plate-forme d'assistance ou tout intermédiaire équivalent.

2.1 Choix du support

L'épreuve E4 est commune aux options voitures particulières, véhicules de transport routier et motocycles. Le support pourra être issu de l'un de ces trois champs d'application.

Le support de l'épreuve est un dossier relatif à un système complexe ou un sous-système appartenant au véhicule. Le support choisi doit être pluri-technologique, s'appuyer sur des technologies actuelles et permettre d'aborder tous les champs caractéristiques de l'épreuve E4.

2.2 Présentation du sujet de l'épreuve

Le sujet doit comporter trois dossiers.

A - Dossier technique

Il regroupe tous les documents nécessaires à la compréhension du système complexe et à la résolution du dysfonctionnement proposé.

Le dossier comporte principalement des documents constructeurs et éventuellement des documents complémentaires élaborés par les auteurs dans le but de faciliter la compréhension du système complexe (documents issus de modeleurs 3d, logiciels de simulation mécanique....).

B - Dossier travail

Le dossier travail doit en premier lieu présenter la problématique, initiée par une situation d'après-vente sur laquelle repose le sujet.

Le questionnement doit être de difficulté graduelle et favoriser l'indépendance des questions.

Devront être abordés les trois aspects suivants :

- l'analyse fonctionnelle : il ne doit pas être demandé au candidat de réaliser complètement l'analyse fonctionnelle du système mais de savoir exploiter des documents faisant appel aux outils normalisés de l'analyse fonctionnelle afin de cerner la ou les fonctions relatives au problème technique ;
- l'analyse structurelle : devra comporter des études relatives aux solutions techniques et aux composants présents dans le système (de la notice de montage-démontage-réglage à l'explication du fonctionnement jusqu'à la loi entrée-sortie) ;
- le contrôle des performances : les questions posées doivent amener le candidat à mobiliser tout ou partie de ses connaissances en mécanique des fluides, thermodynamique et mécanique du solide afin de vérifier les caractéristiques du système ou de justifier des solutions technologiques.

C - Dossier réponses

Ce dossier contiendra les documents nécessaires au candidat pour répondre à certaines questions nécessitant des études graphiques, exploitation de courbes...

Les réponses aux autres questions seront traitées sur feuilles de copie.

3. Formes de l'évaluation

- **Forme ponctuelle écrite**

Épreuve écrite d'une durée de 6 heures.