

Questions d'examen pour le cours de

1MG11 SYSTEMES DE PROPULSION HYBRIES ET ELECTRIQUES

P. DUYSINX

Année Académique 2021-2022

(Version du 21/12/2021)

Procédure d'examen oral de janvier 2021 :

L'examen consiste en :

1. Première partie : Théorie (maximum 25 minutes)
 - i. Une question de théorie parmi la liste ci-dessus (préparation d'une page par question / 5 minutes maximum pour la préparation / 15 minutes pour la présentation)
 - ii. Des sous-questions de connaissances générales passant en revue les différents concepts du cours (livre fermé et pas de préparation / 5 minutes)
2. Deuxième partie : le débriefing du projet sur l'évaluation des performances et de la consommation de deux véhicules à moteur (5 minutes de discussion)

Partie 1 : Partie théorique (25 minutes maximum)

Compte tenu des conditions sanitaires, l'examen se déroulera en mode hybride. Le mode en présence pour l'examen est l'option préférée, mais l'examen à distance par visio conférence est possible en cas de quarantaine ou de conditions équivalentes. La visio conférence aura lieu sur la plateforme TEAMS.

Un calendrier de rendez-vous sera établi. Un créneau de 30 minutes est attribué à chaque étudiant. Une liste de questions basées sur le matériel vu pendant le cours est proposée.

L'étudiant tire au sort une question de la liste. Cinq minutes seront allouées pour préparer les réponses. L'étudiant présente sa question pendant 15 minutes maximum.

L'étudiant peut préparer à la maison un plan de ses réponses aux différentes questions. Il pourra partager le support qu'il aura préparé (soit en word ou en powerpoint soit sous format PDF en scannant préalablement des documents manuscrits ou rédigé avec un traitement de texte ou de présentation). Le plan peut contenir des diagrammes, des équations ou tout autre élément nécessaire à la discussion. Avant l'examen, l'étudiant fera un scan PDF de ses préparations (seul le format PDF est accepté ; la qualité doit être correcte et le document lisible). Si l'examen se déroule en personne, il sera demandé à l'étudiant de montrer sa préparation sur un projecteur ou un grand écran afin de maintenir une distance sociale. Si l'examen se fait par visio conférence, l'examen se fera sur la plateforme TEAMS et l'étudiant partagera son document via la fonction appropriée.

Après la présentation de la question, le professeur posera des sous-questions sur toute la matière vue au cours et dans les laboratoires. Aucun document de préparation n'est accepté pour cette partie. Pour les réponses aux sous-questions, il n'y a pas de temps de préparation.

Lors de l'examen oral, les élèves doivent démontrer une compréhension approfondie des sujets abordés dans chaque question. Ils doivent être capables d'expliquer les preuves des conjectures.

Partie 2 : projet (max 5 minutes)

À la fin de la présentation de la question préparée, le professeur continue l'examen en discutant et en posant des sous-questions sur le sujet présenté ainsi que des questions courtes évaluant les connaissances générales de l'étudiant sur l'ensemble de la matière du cours (aucune note ne peut être utilisée pendant cette partie de l'examen).

Enfin, l'examen comprend une discussion sur le travail effectué pendant l'année (5 minutes). Aucune préparation n'est requise pour cette partie.

Les élèves ont effectué un travail sur ordinateur. Ils soumettront un rapport écrit qui sera évalué par le professeur. Une discussion de feedback sur le travail sera effectuée lors de l'examen oral. Aucune préparation n'est nécessaire.

La présentation et la discussion des questions **durent 30 minutes maximum.**

Liste des questions :

1. Quelles sont les caractéristiques idéales d'un système de motorisation d'un véhicule ? Quels sont les systèmes de propulsion qui les satisfont le mieux ? Comment peut-on justifier le choix dominant à l'heure actuelle du moteur à piston ?
2. Quelles sont les motorisations alternatives qui pourraient se substituer aux moteurs à pistons ? Quels sont leurs avantages et inconvénients respectifs ? En particulier discuter la question des moteurs thermiques (moteurs à vapeur, moteur Stirling, turbine à gaz, moteur à pistons rotatifs).
3. Quelles sont les motorisations alternatives qui pourraient se substituer aux moteurs à pistons ? Quels sont leurs avantages et inconvénients respectifs ? En particulier discuter la question des motorisations basées sur les machines électriques (EV, HEV, pile à combustible) ainsi que sur les moteurs à air comprimé.
4. Quels sont les principaux éléments de transmission rencontrés habituellement dans les véhicules routiers équipés de moteur à combustion interne ? Décrivez leurs caractéristiques générales et leurs performances globales ?
5. Quels sont les différentes architectures possibles offertes par les chaînes de traction électriques ? Dressez une synthèse des sous-systèmes et composants de base d'une chaîne de traction électrique. Comparez les chaînes de traction centralisées et réparties et le concept de moteur-roue. Discutez la nécessité d'introduire des systèmes mécaniques tels que les embrayages, boîte de vitesse ou différentiel.

6. Définissez la notion de véhicule hybride. Quelles sont les grandes architectures possibles du système de propulsion d'un véhicule hybride ? Décrivez les architectures série, parallèle, complexe de véhicules hybrides ainsi que les technologies de couplages par addition de couple ou de vitesse.
7. Donnez les composants clés des véhicules hybrides (les motorisations principales et auxiliaires, transmission, stockage de l'énergie, contrôleur). Discutez les choix possibles pour chacun d'eux.
8. Le moteur à combustion interne : Principe de fonctionnement, notion de pression moyenne effective, courbes caractéristiques, normes. Définissez la normalisation des performances et l'effet des conditions atmosphériques et de la consommation des accessoires.
9. Pour un moteur à combustion interne donné, comment peut-on réaliser un ajustement des courbes de puissance et de couple dans le cas d'un nombre minimum de paramètres (puissance maximale, couple maximal) ?
10. Donnez les courbes caractéristiques idéalisées d'un moteur / génératrice électrique. Discutez différentes les différentes technologies de moteurs électriques (DC, AC, PM, SR) et de leur électronique de puissance. Distinguez les valeurs en régime continu et intermittent.
11. Etablissez les expressions de la vitesse, de la puissance et de l'effort de traction aux roues en fonction de la vitesse d'avance pour un véhicule équipé d'un moteur thermique à pistons. Que deviennent les courbes dans le cas d'une transmission automatique ? Que deviennent les courbes dans le cas d'un véhicule électrique ?
12. Pour un véhicule donné, décrivez et caractérisez les forces de résistance à l'avancement. Donnez l'expression générale des forces de résistance à l'avancement d'un véhicule en fonction de la vitesse.
13. Etudiez la problématique (plusieurs problèmes) liée à la vitesse maximale d'un véhicule. Etablissez la plus grande vitesse maximale et la vitesse maximale pour un rapport de réduction donné. Discutez le choix du dernier rapport de boîte.
14. Problématique de la pente maximale franchissable par un véhicule. Choix du premier rapport de boîte.
15. Critères de performance en accélération et en reprise. Introduisez la notion de masse équivalente d'un véhicule en accélération. Énoncez la loi du mouvement d'un véhicule
16. Critères de performance en accélération et en reprise. Donnez la procédure de calcul des accélérations et des reprises du véhicule ? Comment prendre en compte les

changements de rapport de boîte ? Décrivez comment en faire la simulation numérique ?

17. Introduisez les notions de consommation, de consommation spécifique et de rendement des moteurs thermiques et électriques. Quelles sont les mesures normalisées et conventionnelles de consommation d'un véhicule ? Dérivez l'expression générale de la consommation d'un véhicule sur un parcours donné. Discutez l'influence des paramètres tels que la masse, le C_x ou la résistance au roulement.
18. Consommation d'un véhicule à vitesse constante. Etablissez l'expression mathématique de la consommation sur un trajet à vitesse donnée Etudiez l'influence du rapport de boîte.
19. Comment calcule-t-on la consommation et les émissions des véhicules sur un cycle de conduite à vitesse variable ? Donnez et comparez différents cycles de conduite.
20. Décrivez la procédure expérimentale sur un banc à rouleaux des performances, de la consommation et des émissions d'un véhicule ?
21. Déterminez et évaluez les performances des véhicules électriques : vitesse maximale, pente maximale franchissable.
22. Déterminez et évaluez les performances en accélération des véhicules électriques.
23. Estimez la consommation d'énergie électrique des véhicules électriques sur un cycle donné. Discutez les hypothèses de calcul et la procédure d'estimation de l'énergie par simulation.
24. Donnez une procédure de prédimensionnement des composants de la motorisation et du système de stockage d'un véhicule électrique en fonction de performances imposées ?
25. Quelles sont les propriétés et caractéristiques des batteries et systèmes de stockage d'énergie et de puissance ? Définissez-les et décrivez-les. Décrivez une modélisation de la dépendance de la charge vis-à-vis du courant et de l'évolution de l'état de charge.
- ~~26. Décrivez le principe de fonctionnement des batteries électrochimiques. Quelles sont les voies de conception des batteries pour maximiser leur performance ? Illustrez votre propos avec le cas des batteries acide-plomb.~~
27. Quelles sont les catégories les plus importantes de batteries électrochimiques ? Donnez-en les caractéristiques principales. Comparez-les.

28. ~~Décrivez le principe de fonctionnement des super capacités. Quelles sont leurs propriétés. Comparez les propriétés des batteries et des supercondensateurs. Quelles sont les applications envisagées ? Expliquez le concept de système de stockage hybride.~~
29. ~~Décrivez le principe de fonctionnement des volants d'inertie. Quelles sont les technologies utilisées pour créer des batteries mécaniques ? Comment optimiser leur design ? Expliquez le concept de système de stockage hybride.~~
30. Justifier le concept de véhicule hybrides au regard des moyens possibles pour réduire la consommation d'énergie des véhicules ? Envisagez le stockage de l'énergie, récupération d'énergie au freinage, amélioration de l'efficience de la conversion d'énergie.
31. Définir un véhicule hybride. Définir les notions de véhicules hybrides doux et complets, de stop start, d'Assistance Moteur, de véhicule hybride à charge entretenue, à déplétion de charge, avec recharge à la prise.
32. ~~Définir et comparer les architectures hybrides série, parallèle et complexe. Illustrer ces définitions avec des exemples. Evoquer les notions de zéro émission (ZEV) et de downsizing du moteur à combustion interne. Définir le concept de véhicule hybride doux. Quels sont les avantages inconvénients du concept ?~~
33. Définir et comparer les architectures hybrides série, parallèle et complexe. Illustrer ces définitions avec des exemples. Evoquer les notions de zéro émission (ZEV) et de downsizing du moteur à combustion interne.
34. Définir le concept de véhicule hybride doux. Quelles sont les architectures possibles ? Quels sont les avantages inconvénients du concept ?
35. ~~Décrivez le principe de fonctionnement d'une pile à combustible, en particulier basez votre raisonnement sur le cas de la pile H_2-O_2 .~~
36. ~~Décrivez la technologie mise en œuvre pour la réalisation d'une la pile H_2-O_2 au sein de l'Assemblage Membrane Electrode, de l'assemblage d'une cellule élémentaire jusqu'à la formation d'un stack.~~
37. ~~Donnez les caractéristiques tension courant (U,I) d'une pile à combustible élémentaire. Définir le rendement thermodynamique, les pertes opérationnelles, surtension d'activation, les pertes ohmiques, la polarisation de concentration, le rendement faradique, le rendement matière, le rendement système.~~
38. ~~Quels sont les différentes technologies (types) de piles à combustible ? Décrivez leurs caractéristiques et donnez leurs avantages et inconvénients~~