

Question List for the Exam of
MECA0525: VEHICLE PERFORMANCE AND DYNAMICS

P. DUYSINX

Academic Year 2021-2022

Version 18th May 2022

Procédure d'examen oral

L'examen consistera une discussion avec le Professeur de 30 minutes maximum y inclus le temps de préparation.

Une question sera tirée au sort dans une liste préalablement définie par le Professeur (voir ci-dessous). Un temps de 5 minutes sera alloué pour préparer les réponses. L'étudiant peut préparer des canevas de réponse aux différentes questions de la liste. **Le canevas de réponse est limité à une page manuscrite maximum par question. Chaque canevas de réponse sera préparé sur une feuille séparée.** Le canevas peut contenir des schémas, des équations ou tout autre élément nécessaire à la discussion. Avant l'examen, l'étudiant effectuera un scan PDF de ses préparations (Seul le format PDF est accepté ; la qualité doit être correcte et le document lisible). Par défaut, l'examen se déroulera en présentiel. Lors de l'examen, l'étudiant sera invité à montrer sa préparation sur projecteur ou grand écran afin de garder une distanciation sociale. Si l'examen se déroule en distanciel, l'examen aura lieu sur le logiciel TEAMS et l'étudiant partagera son document via la fonction adéquate.

A l'issue de la présentation de sa question, l'interrogateur pose des sous-questions sur l'ensemble de la matière vue au cours. 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.

Enfin l'examen comporte une discussion sur les travaux réalisés durant l'année. Aucune préparation n'est nécessaire pour cette partie.

Résumé de la procédure d'examen

L'examen consiste en :

1. Première partie : Théorie (maximum 20 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 d'un véhicule électrique (5 minutes de discussion)

Oral examination procedure

The exam will consist of a discussion with the professor of a maximum of 30 minutes including preparation time.

A question will be drawn from a list previously defined by the Professor (see below). Five minutes will be allotted to prepare the answers. The student may prepare remotely an outline of the answers to the different questions on the list. The answer outline is limited to a maximum of one handwritten page per question. Each answer outline will be prepared on a separate sheet. The outline may contain diagrams, equations, or any other material necessary for discussion. Before the exam, the student will make a PDF scan of his or her preparations (only PDF format is accepted; the quality must be correct and the document readable).

By default, the exam will be conducted in person. During the exam, the student will be asked to display his/her preparation on a projector or large screen in order to keep a social distance. If the exam takes place remotely, the exam will take place on the TEAMS software and the student will share his/her document via the appropriate function.

After the presentation of the question, the professor may ask sub-questions on all the material seen in the course. No preparation documents are accepted for this part. For the answers to the sub-questions, there is no preparation time.

Finally, the exam includes a discussion of the work done during the year. No preparation is required for this part.

Summary of the exam procedure

The examination consists of:

- a. Part One: Theory
 - i. One question of theory from the above list (One page preparation per question / 5 minutes max for preparation / 15 minutes for presentation)
 - ii. General knowledge sub-questions reviewing the different concepts of the course (closed book and no preparation / 5 minutes)
- b. Second part: Project. The debriefing of the project on the performance assessment of an electric vehicle (5 minutes of discussion)

Link for the visio TEAMS (if necessary)

Réunion Microsoft Teams

Rejoindre sur votre ordinateur ou application mobile

[Cliquez ici pour participer à la réunion](#)

Ou rejoindre en entrant un ID de réunion

ID de réunion: 368 325 552 935



Université de Liège

[Pour en savoir plus](#) | [Aide](#) | [Options de réunion](#) | [Légal](#)

Liste des questions / question list :

1. Etablissez l'équilibre longitudinal du véhicule. Décrivez le problème du transfert de charge. Appliquez les équations en vue de mesurer la position (horizontale et hauteur) du centre de gravité du véhicule ? [*Establish the longitudinal Newton equation of the vehicle in motion. Describe the longitudinal load transfer problem. Apply the equations to measure the (longitudinal and vertical) position of the center of mass.*]
2. Le moteur à combustion interne : Principe de fonctionnement. Donnez les courbes de performance des moteurs à combustion interne (puissance et couple en fonction de la vitesse de rotation). Normalisation, effet des conditions atmosphériques et consommation des accessoires. 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) ? [*Piston engine: working principle. Derive the performance curves of ICE (power and torque wrt rotation speed). Define the standards, the effect of atmospheric pressure and temperature and the presence of accessories. Describe the procedure to derive approximation curves based on a minimum set of parameters*]
3. Le moteur à combustion interne : Courbes de performance. Principe de fonctionnement. Notion de pression moyenne effective. Définissez les concepts de consommation et d'émissions spécifiques. Définissez la normalisation des performances et l'effet des conditions atmosphériques et de la consommation des accessoires. [*The internal combustion engine: Characteristic performance curves.*]

Working principle, concept of mean effective pressure. Specific fuel consumption and emissions. Define the standardization of performance and the effect of atmospheric conditions and consumption of accessories.]

4. 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) ? Comment peut-on modéliser la cartographie de consommation spécifique? *[For a given internal combustion engine, how can an adjustment of the power and torque curves be made for a minimum number of given parameters (maximum power, maximum torque)? How can you model the fuel consumption map?]*
5. Dérivez les technologies de machines électriques utilisées pour la traction. Définissez des modèles des courbes caractéristiques d'un moteur / génératrice électrique. Distinguez les valeurs en régime continu et intermittent. *[Describe the different electric machine technologies used in vehicle traction. Define models of the operating curves in electric motors and generators. Distinguish the continuous and the peak operation regimes.]*
6. Quels sont les principaux éléments de transmission rencontrés habituellement dans les véhicules routiers ? Décrivez leurs caractéristiques générales et leurs courbes de performance globale ? *[Describe the major mechanical transmission components present in most of the road vehicles. Give their general static characteristic curves and their overall performance maps]*
7. Pour une motorisation de caractéristique donnée, établissez les expressions de la vitesse, de la puissance, et de l'effort de traction aux roues en fonction de la vitesse d'avance du véhicule. Étudiez le cas des moteurs thermiques à pistons et des moteurs électriques. Que deviennent les courbes dans le cas d'une transmission automatique ? *[For a given powerplant, establish the expressions of the road speed, tractive power and tractive force in terms of engine variables. Investigate the case of piston engines and electric motors. What happens in case of an automatic transmission?]*
8. Pour un véhicule donné, décrivez et caractérisez les forces de résistance à l'avancement auxquelles le véhicule doit vaincre. Donnez l'expression générale des forces de résistance à l'avancement en fonction de la vitesse du véhicule. *[For a given vehicle, describe and model the different road resistance forces. Given the generic expression of the road resistance in terms of vehicle speed.]*

9. Critères de performance stationnaires. Etudiez les différents problèmes liés à la vitesse maximale d'un véhicule. Etablissez l'expression de la pente maximale franchissable par un véhicule. Discutez le choix du dernier et du premier rapport de boîte et décrivez comment on peut sélectionner les rapports intermédiaires ? [*Stationary performance criteria. Investigate the different questions of top speed for a given vehicle. Investigate the question of the maximum grading slope. Discuss the selection of the last and of the first gear ratios and describe how one can select the intermediate gear ratios?*]
10. Critères de performance en accélération et en reprise. Introduisez la notion de masse équivalente d'un véhicule en accélération. Donnez la loi du mouvement d'un véhicule. Déduisez en les expressions permettant de calculer les accélérations, vitesses et déplacements en fonction du temps ? Comment prendre en compte les changements de vitesse ? Décrivez comment en faire la simulation numérique ? [*What are the usual performances indices in acceleration? Introduce the concept of effective mass in acceleration. Give the acceleration equation. Derive the expressions of the acceleration, the velocity and distance against the time. Take into consideration the change of gear ratio. Explain the way to simulate numerically the vehicle acceleration.*]
11. 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 ? Déduisez 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. [*Introduce the concepts of specific fuel consumption, energy conversion efficiency for ICE and e-motors. Define the usual measures of consumption for a road vehicle. Derive the expression of fuel consumption for a road vehicle along a specified travel. Discuss the influence of vehicle parameters such as mass, C_x and rolling resistance.*]
12. Consommation d'un véhicule à vitesse constante. Etablissez l'expression mathématique de la consommation sur un trajet à vitesse donnée. Expression des forces de résistance dans la cartographie moteur. Etudiez l'influence des paramètres tels que le rapport de boîte. [*Derive the expression of the fuel consumption of a vehicle driving at constant speed. Expression of the road resistance curves in the engine map space. Discuss the influence of vehicle parameters as the selected gear ratio.*]

13. Comment peut-on calculer la consommation des véhicules sur un cycle de conduite à vitesse variable ? Donnez et comparez différents cycles de conduite. Décrivez la procédure expérimentale utilisant un banc à rouleaux pour évaluer la consommation et les émissions ? *[Describe the way to calculate the energy consumption of road vehicles with a variable speed. Define the concept of driving cycles. Describe the most usual normalized driving cycles. Describe the experimental procedure to evaluate the normalized fuel consumption on chassis dynamometers.]*
14. Quelles sont les équations décrivant le freinage d'un véhicule ? Quelle est l'importance relative des forces de résistance à l'avancement par rapport aux forces de freinage ? Définissez la notion d'efficacité au freinage. Dérivez les équations décrivant le freinage d'un véhicule ? Calculez de manière simplifiée la distance de freinage et la distance d'arrêt d'un véhicule ? *[State the braking equations. Discuss the relative importance of the different braking forces and road resistance forces. Define the braking efficiency concept. Derive in a simplified way the vehicle braking forces and derive the analytical solutions, if possible, for stopping distance and time.]*
15. Calculez la répartition idéale des forces de freinage pour un véhicule donné pour dans des circonstances connues. Etablissez la courbe caractéristique 'I' de freinage d'un véhicule. Donnez l'expression de la force maximale de freinage sur un essieu si la force de freinage sur l'autre essieu est connue. *[Establish the ideal distribution of braking forces between front and rear wheels for given vehicle and road conditions. Derive the braking ideal 'I' curve. State the maximum braking force for an axle if the braking force on the other one is given.]*
16. En dehors de ces conditions idéales de freinage, comment peut-on prédire la décélération maximale conduisant au blocage des roues avant et arrière ? Définissez la notion d'efficacité de freinage. Dérivez les équations décrivant le freinage d'un véhicule ? Calculez la distance de freinage et la distance d'arrêt d'un véhicule ? *[Under non ideal braking conditions, predict the maximum deceleration rate before wheel blocking on front or rear wheels. Define the concept of braking efficiency. Derive the vehicle braking forces and derive the analytical solutions, if possible, for stopping distance and time.]*
17. Pneumatique : aspects constructifs et normalisation. Systèmes d'axes, convention des forces et définition des angles de dérive et de carrossage. Définitions des différents rayons. Expliquez le mécanisme de génération des forces d'adhérence développées par les pneumatiques. *[Tires: geometrical and manufacturing aspects, regulations. Tire*

reference frame, force conventions, definition of angles of side slip and camber. Radii of the tire. Describe the mechanism of generations of adherence forces developed by the tyres.].

18. Décrivez le phénomène de résistance au roulement des pneumatiques. Quels sont les facteurs d'influence? [*Describe and explain the rolling resistance phenomenon of tires. What are the influence parameters?*]
19. Décrivez et caractérisez le phénomène de génération d'efforts longitudinaux par les pneumatiques (traction et freinage). Introduisez la notion de taux de glissement longitudinal. Courbes de forces de traction / freinage en fonction du taux de glissement. Quels sont les facteurs d'influence? [*Describe and characterize the longitudinal (traction and braking) force generation by tires. Define the longitudinal slip ratio. Sketch the tractive force curves as a function of the longitudinal slip. Discuss the influence of the parameters*].
20. Décrivez et caractérisez le phénomène de dérive et la génération de force latérale par dérive des pneumatiques. Définir la raideur d'envirage. Sensibilité par rapports aux paramètres opérationnels. Qu'est-ce que le couple d'auto-alignement et la chasse pneumatique ? [*Describe the side slip phenomenon and the lateral force generation because of side slip. Introduce the concept of cornering stiffness and its sensitivity to operation parameters? What is the aligning torque and of the pneumatic trail?*]
21. Décrivez et caractérisez le phénomène de carrossage et la génération de forces latérales par carrossage. Définir la raideur d'envirage due au carrossage. Comparez le phénomène de carrossage au phénomène de dérive. [*Describe and characterize the camber thrust generation phenomenon. Introduce the concept of camber thrust stiffness. Compare the cornering force generation due to slide slip and camber angle.*]
22. Décrivez le comportement des pneumatiques sous l'effet de modes d'opération combinés (efforts latéraux et longitudinaux). Expliquez les phénomènes à partir de l'expérience de Sakai. Introduisez la notion de courbe de friction généralisée et la notion de cercle de friction. Présentez le couplage entre les efforts longitudinaux et le couple d'auto-alignement. [*Describe the tire behavior in case of combined operation i.e. simultaneous generation of lateral / longitudinal forces. Describe the combined operation from Sakai experiment. Explain the concept of unified force generation and the friction circle. Present the coupling between the longitudinal force and the aligning moment.*]

23. Donnez les théories d'Ackerman et d'Ackerman-Jeantaud pour le virage à faible vitesse. Qu'est ce que l'épure de Jeantaud ? [*Presentation of Ackerman-Jeantaud theory of the low-speed cornering. Describe the Jeantaud drawing.*]
24. Introduisez le modèle bicyclette d'un véhicule. Précisez les hypothèses sous-jacentes. Dans le cas d'un virage réalisé dans des conditions stationnaires, établir l'équation donnant l'angle de braquage à conférer aux roues directrices à l'accélération latérale. Dégager la notion de gradient sous-vireur. En déduire la classification des véhicules en véhicule survireur, sous vireur et neutre. [*Introduce the single track or bicycle model of the vehicle and the related assumptions. In case of a steady-state turn, establish the equation relating the steering angle and the lateral acceleration. Define the under-steer gradient. From this equation, introduce the concepts of neutral, understeer and oversteer vehicles*].
25. Dans le cas d'un virage réalisé dans des conditions stationnaires, rappelez l'équation donnant l'angle de braquage à conférer aux roues directrices en fonction de la vitesse. A partir de l'équation, introduisez la notion de véhicule survireur et sous-vireur. Introduisez le concept de vitesse critique / caractéristique. Considérez également les gains en vitesse de lacet et en accélération latérale ainsi que la dérive du véhicule. Calculez l'angle de dérive du véhicule (au CG) en fonction de la vitesse. Introduisez la notion de point neutre de manœuvre. [*In case of steady-state cornering conditions, remind the equation relating the steering angle and the lateral acceleration. From this equation, introduce the concepts of over-steer and under-steer vehicles. Provide and analyze the expression of the lateral acceleration. Define the critical and characteristic speeds. Express the gain of acceleration and lateral acceleration. Calculate the body side slip angle at CG as a function of the vehicle velocity. Introduce the concept of neutral maneuver point.*]
26. Calcul de l'angle de roulis d'un véhicule en virage stationnaire. Définition du centre de roulis et les méthodes pour déterminer la position du centre de roulis. Dérivez l'expression de l'équilibre en roulis et la valeur de l'angle de roulis. [*Evaluation of the vehicle roll angle in steady state cornering. Define the roll center and present different methods to determine the roll center position. Derive the roll equilibrium equation and give the expression of the roll angle for a given lateral acceleration.*]
27. Calcul du transfert de charge sur les trains roulants lors de la prise de roulis. Discuter l'influence de la raideur en roulis sur la répartition du transfert de charge latéral. [*Compute the lateral load transfer during roll. Discuss the influence of roll stiffness*

(eventually the presence of roll bars) on the distribution of front rear lateral load transfer.]

28. Estimation de la contribution du transfert de charge sur le gradient sous-vireur (K_{LLT}).
[Estimation of lateral load transfer upon the understeer gradient of the vehicle (K_{LLT}).]
29. Estimation de la contribution de la prise de carrossage au gradient sous-vireur (K_{CAMBER}) lorsque le véhicule est sujet à une prise de roulis. Décrire la procédure de calcul de la prise d'angle de carrossage avec le roulis lors d'un virage stationnaire.
[Estimation of the impact of the wheel camber upon the understeer gradient of the vehicle (K_{CAMBER}). Describe the method to estimate the camber change due to roll angle in steady state cornering.]
30. Etablissez les équations différentielles du mouvement de manœuvre d'un véhicule représenté par un modèle bicyclette à deux degrés de libertés. Introduisez la notion de dérivées de stabilité. Présentez les équations sous forme standard. *[Establish the differential equations of a vehicle described by a bicycle model with two dof. Present the state-space equations under standard form].*
31. Etudiez la stabilité des manœuvres d'un véhicule représenté par un modèle bicyclette à 2 degrés de liberté dans le plan des variables complexes. Retrouvez la notion de véhicule sur-vireur et sous-vireur, les notions de vitesses caractéristiques et d'oscillation. Caractérisez le type de mouvement. Déduire les équations du virage stationnaire et la relation entre angles de braquage et accélération latérale. *[Investigate the vehicle stability under unsteady maneuver using the two dof single track model. Deduce the concept of under steer / over steer vehicles, the critical speed and oscillation speed. Characterize the different types of motions. Derive the steady-state cornering equations and the relation between the steering angle and the lateral acceleration].*
32. Caractérisez les sources d'excitations vibratoires produite par la route ~~et par l'ensemble roue/pneumatique~~. Présentez les critères de la réponse humaine aux vibrations et leur application pour valider le confort des passagers des véhicules et systèmes de transport. *[Characterize the vibration excitations from the road roughness and from the tire/wheel system. Present criteria of human body response to vibrations and their application to assess the ride and comfort in transportation systems and vehicles]*

33. Sur la base d'un modèle de quart de voiture (modèle à 2 ddl), étudiez l'influence des paramètres de suspension principaux (rapport masse suspendue sur masse non suspendue, raideur des amortisseurs, amortissement) sur la transmission des sources de vibrations à la masse suspendue, le débattement de suspension et la déflexion dynamique du pneu. [*Establish the quarter car 2 dof model and study the influence of suspension parameters (stiffness, damping, unsprung mass) on transmissibility, suspension travel and dynamic deflection*]
34. ~~Etudiez le problème d'interaction entre les fréquences de pompage et de tangage à partir d'un modèle à 2 degrés de liberté de l'automobile. Donnez et expliquez les règles de bonne pratique de Maurice Oley pour une conception raisonnable des véhicules. [*Investigate the bounce and pitching motion of the vehicle using a two dof model. Present and comment the rules of M. Oley for good ride vehicle design.*]~~
35. ~~Décrive les effets de roll-steer et de compliance-steer et la contribution de ces deux effets sur le gradient sous vireur. [*Describe the roll-steer and compliance-steer effects and their contribution to the under-steer gradient.*]~~