

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

P. DUYSINX

Academic Year 2020-2021

Version finalisée du 6 mai 2021

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). Si l'examen est réalisé en présentiel, 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 LIFESIZE et l'étudiant partagera son document via la fonction adéquate.

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

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

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). If the exam is conducted in person, the student will be asked to show his/her preparation on a projector or large screen in order to maintain social distance. If the exam is done using video conference, the exam will be done on the LIFESIZE 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 and in the labs. 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.

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 principles. 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. 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.*]
4. Quels sont les principaux éléments de transmission rencontrés habituellement dans les véhicules routiers ? Décrivez leurs caractéristiques générales et leurs performances globales ? [*Describe the major mechanical transmission components present in most of the road vehicles. Give their general static characteristics and the overall performance maps*]
5. 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?]

6. 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 quantify the different road resistance forces. Given the generic expression of the road resistance in terms of vehicle speed.]
7. Critères de performance stationnaires. Etudiez les différents problèmes liés à la vitesse maximale d'un véhicule. Problématique de la pente maximale franchissable par un véhicule. Discutez le choix du dernier et du premier rapport de boîte. *[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.]*
8. 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. Déduez en les expressions permettant de calculer les accélérations et les reprises du véhicule ? 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.]*
9. 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 ? Déduez 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.]*

10. 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.*]
11. Comment calcule-t-on 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.*]
12. 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 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 the vehicle braking forces and derive the analytical solutions if possible, for stopping distance and time.*].
13. 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. Forces maximales 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.*]
14. 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.]

15. Pneumatique : aspects constructifs et normalisation. Systèmes d'axes, convention des forces et définition de la dérive et du carrossage. Définitions des différents rayons. Expliquez le mécanisme de génération des forces de traction par les pneumatiques permettant d'expliquer les valeurs élevées des forces d'adhérence sol-roue. [*Tires: geometrical and manufacturing aspects, regulations. Tire reference frame, force conventions, definition of side slip and camber angles. Radii of the tire. Describe the mechanism of traction force generation by rolling tires and the adherence performance.*].
16. 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?*]
17. 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. Sketch the tractive force curves as a function of the longitudinal slip. Discuss the influence of the parameters*].
18. Décrivez et caractérisez le phénomène de dérive et la génération de force latérale par dérive des pneumatiques. Notion de raideur d'envirage. Sensibilité par rapports aux paramètres opérationnels. Qu'est-ce que le couple d'auto-alignement et la chasse pneumatique ? Quelle est son origine ? [*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? Describe their origin.*]
19. Décrivez et caractérisez le phénomène de carrossage et la génération de forces latérales par carrossage. Notion de 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.*]
20. 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. Extension au 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. Extend the concept to the coupling between the longitudinal force and the aligning moment.*]

21. 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.*]
22. 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. State 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*].
23. Dans le cas d'un virage réalisé dans des conditions stationnaires, introduisez la notion de véhicule survireur et sous-vireur à partir de l'équation donnant l'angle de braquage à conférer aux roues directrices en fonction de la vitesse. 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, introduce the concepts of over-steer and under-steer vehicles from the equation relating the steering angle and the lateral acceleration. Provide and analyze the expression of the lateral acceleration. Define the critical / 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.*]
24. Calcul de l'angle de roulis d'un véhicule en virage stationnaire. Définition du centre de roulis et méthode de détermination de la position du centre de roulis. [*Evaluation of the vehicle roll angle in steady state cornering. Define the roll center and different methods to determine the roll center position.*]

25. 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. [*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.*]
26. Estimation de la contribution du transfert de charge au gradient sous-vireur (K_{LLT}). [*Estimation of lateral load transfer to the understeer gradient of the vehicle (K_{LLT}).*]
27. Estimation de la contribution de la prise de carrossage au gradient sous-vireur (K_{CAMBER}). Décrire la procédure de calcul de la prise d'angle de carrossage avec le roulis lors d'un virage stationnaire. [*Estimation of wheel camber to the understeer gradient of the vehicle (K_{CAMBER}). Describe the method to estimate the camber change due to roll angle in steady state cornering.*]
28. Caractériser les sources d'excitations vibratoires produites par la route et par l'ensemble roue/pneumatique. Caractériser la réponse humaine aux vibrations. Décrivez les critères proposés pour les passagers des systèmes de transport. [*Characterize the vibration excitations from the road roughness and from the tire/wheel system. Response of the human body to vibrations and criteria to evaluate the ride and comfort in transportation systems and vehicles*]
29. Sur la base d'un modèle de quart de voiture (modèle à 2 ddl), étudiez l'influence des paramètres de suspension (rapport masse suspendue sur masse non suspendue, raideur des amortisseurs, amortissement). [*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*]
30. Étudiez 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 d'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.*]
31. ~~Décrire 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.*~~]
32. Établissez les équations différentielles du mouvement de manœuvre d'un véhicule représenté par un modèle bicyclette à deux degrés de liberté. Introduisez la notion de dérivées de stabilité. Mettre 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].

~~33. Etudiez la stabilité des manœuvres d'un véhicule représenté par un modèle bicyclette à 2-degrés de liberté. Retrouvez la notion de véhicule sur-vireur et sous-vireur, les notions de vitesses caractéristiques et d'oscillation. Caractérissez 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*].~~