

SOMMAIRE

I – DONNEES STATISTIQUES

§ Statistiques Filière MP	p 2
§ Résultats des épreuves écrites	p 3
§ Tableau statistique des écoles de la Filière MP	p 4

II – RAPPORT DES EPREUVES ECRITES

§ Epreuve de Mathématiques 1	p 5
§ Epreuve de Mathématiques 2	p 7
§ Epreuve de Physique-Chimie	p 8
§ Epreuve de Sciences Industrielles	p 24
§ Informatique	p 28

Filière MP

Session 2015

	Inscrits		Admissibles		Classés	
	Total	%	Total	%	Total	%
Candidates	1002	26,59	816	27,23	696	27,46
Etrangers CEE	11	0,29	11	0,37	10	0,39
Et Hors CEE	826	21,92	495	16,52	358	14,12
Boursiers	1148	30,46	934	31,16	804	31,72
Pupilles	0	0,00	0	0,00	0	0,00
3/2	2751	72,99	2234	74,54	1873	73,89
Passable	250	6,63	166	5,54	130	5,13
Assez Bien	866	22,98	658	21,96	527	20,79
Bien	1430	37,94	1148	38,30	962	37,95
Très Bien	1223	32,45	1025	34,20	916	36,13
Spéciale MP	3358	89,10	2749	91,73	2323	91,64
Spéciale MP*	302	8,01	204	6,81	180	7,10
Autres classes	109	2,89	44	1,47	32	1,26
Allemand	106	2,81	90	3,00	82	3,23
Anglais	3017	80,05	2525	84,25	2190	86,39
Arabe	591	15,68	334	11,14	221	8,72
Espagnol	46	1,22	41	1,37	35	1,38
Italien	9	0,24	7	0,23	7	0,28
Portugais	0	0,00	0	0,00	0	0,00
Total	3769		2997		2535	

Concours e3a – Filière MP

RESULTATS DES EPREUVES ECRITES

EPREUVES	PRESENTS					MOYENNE FINALE					ECART TYPE FINAL				
	2011	2012	2013	2014	2015	2011	2012	2013	2014	2015	2011	2012	2013	2014	2015
Mathématiques 1	3932	3542	3708	3681	3413	9.69	9.79	9.53	9.58	9.55	3.74	3.30	4.74	4.65	4.10
Mathématiques 2	3328	3050	3218	3168	2773	9.48	9.88	9.42	9.94	9.65	4.65	3.97	3.61	4.40	4.43
Option (Info - SI) Informatique	408	409	429	489	569	9.93	9.92	9.97	9.59	9.93	4.50	4.56	4.12	4.02	3.88
Option (Info - SI) S.I	3057	2753	2958	2835	2881	9.88	9.41	9.93	9.54	9.92	3.81	5.30	4.38	4.66	4.92
Physique-Chimie	3951	3553	3729	3710	3425	8.52	8.62	9.34	9.00	9.12	4.45	4.11	4.19	3.78	4.06

TABLEAU STATISTIQUES DES ECOLES FILIERE MP

Voir site du SCEI rubrique statistiques

<http://www.scei-concours.fr/statistiques/stat2015/mp.html>

EPREUVE DE MATHÉMATIQUES 1

Durée : 4 heures

PRESENTATION DU SUJET

Le sujet comportait quatre exercices, les deux premiers d'algèbre linéaire, le troisième d'analyse et le quatrième de probabilité et d'informatique.

Le premier exercice d'algèbre linéaire faisait diagonaliser une matrice carrée avec des applications dans les espaces euclidiens.

Le second exercice d'algèbre linéaire concernait l'étude des matrices tridiagonales et voulait faire démontrer l'enchevêtrement des zéros des polynômes caractéristiques.

L'exercice d'analyse consistait à calculer une intégrale sur un intervalle non borné à l'aide d'outils au programme de la classe de Mathématiques Spéciales.

L'exercice de probabilité concernait l'étude d'un code correcteur d'erreurs naïf, agissant uniquement par répétition de l'envoi du message et dont on étudie l'efficacité.

COMMENTAIRE GENERAL DE L'ÉPREUVE

La moyenne de cette épreuve est de 9,55 avec un écart-type de 4,1. Le sujet donnait beaucoup de résultats intermédiaires afin de ne pas bloquer les candidats dans leur progression.

Nous avons constaté dans de nombreuses copies, des affirmations contradictoires entre les calculs effectués et les réponses demandées par le texte.

Les fondamentaux sont très mal assimilés, notamment les intégrales sur un ensemble non borné, la diagonalisation, les espaces euclidiens.

La maîtrise des calculs par l'ensemble des candidats est de plus en plus difficile.

Le début de l'exercice de probabilité a été traité convenablement ainsi que les quelques questions concernant l'informatique.

ANALYSE PAR PARTIES

Exercice 1

1)b) Confusion assez fréquente entre polynôme annulateur de J et polynôme annulateur de A .

1)c) Des difficultés à exploiter le polynôme annulateur pour prouver l'inversibilité de A .

2)b) Même sans parler de l'exploitation du polynôme annulateur, la détermination du sous-espace propre associé à une valeur propre est très laborieuse.

2) c) et 2)d) sont rarement traitées.

4)a) La symétrie et le caractère défini positif sont rarement argumentés de façon convaincante.

4)c) Faute de distinguer le produit scalaire étudié du produit scalaire canonique, très peu de candidats disent des choses pertinentes sur cette question.

Exercice 2

1) Enormément d'erreurs de calculs (ne savent pas développer un déterminant ou alors problème avec le $(-1)^n$ qui est rajouté mais pas sur tous les termes.)

2)b) Trop peu reconnaissent une matrice triangulaire !

2)d) Le rang de la question précédente étant souvent faux, beaucoup d'étudiants assument contre vents et marées les contradictions qui en découlent et ne s'aperçoivent pas de leurs erreurs de logique.

3) La question donnant le résultat, on constate de nombreuses affirmations erronées qui conduisent invariablement et miraculeusement au résultat attendu.

4) Peu traitée.

Exercice 3

1) Pour un nombre non négligeable d'élèves, tendre vers 0 suffit pour avoir l'intégrabilité !

2)a) Beaucoup d'erreurs dans le DL du $\cos(\alpha t)$ en 0.

2)b) Beaucoup affirment que l'on a un $o(1/x^2)$ en $+\infty$ ou écrivent une inégalité avec e^{-itx} , ce qui permet bien sûr de conclure !

3)b) A beaucoup plu car la réponse était donnée (mais ils traitent rarement la convergence du crochet dans l'IPP)

3)c) Beaucoup utilisent $\int_0^{+\infty} \frac{1}{x^2} dx$ sans se poser de question...

Exercice 4

Les trois premières questions sont bien traitées dans l'ensemble.

4) Beaucoup d'erreurs d'interprétation : les candidats oublient que le choix du bit en entrée est fait une bonne fois pour toutes pour chaque transmission.

A partir de la question 5), peu de réponses cohérentes.

Les deux questions d'informatique pour tous révèlent une connaissance assez correcte de la syntaxe de Python, mais un certain déficit de réflexion sur l'algorithme à implémenter pour un calcul automatisé efficace.

ANALYSE DES RESULTATS

L'exercice 1 n'a pas été bien réussi dans l'ensemble, beaucoup de longs calculs pour résoudre des questions dont les solutions étaient accessibles par d'autres moyens.

L'exercice 2 a été un peu mieux réussi malgré les erreurs dans le calcul du déterminant.

Dans l'exercice 3 on a vu de nombreuses erreurs de raisonnement ainsi qu'un grand manque de connaissances.

L'exercice 4 a été assez bien réussi, les probabilités et les pratiques du langage Python sont correctement assimilées.

CONSEILS AUX FUTURS CANDIDATS

Nous avons davantage constaté cette année, un manque de rigueur et d'honnêteté intellectuelle dans les preuves demandées.

Nous conseillons aux futurs candidats de soigner les preuves et d'utiliser des arguments solides pour justifier leurs réponses.

Les devoirs propres et bien écrits sont récompensés.

CONCLUSION

Nous constatons que la maîtrise de toutes les connaissances du nouveau programme de Mathématiques Spéciales n'est pas parfaitement réalisée. Les probabilités et l'informatique qui sont des disciplines nouvelles ont été correctement assimilées.

Rapport sur l'épreuve de Mathématiques MP2 (problème)

Présentation du sujet

L'épreuve consiste en un problème pour une durée de 3 heures. Le problème était construit autour du développement en série de la fonction $(x \rightarrow \frac{x}{e^x-1})$ dont les coefficients permettent de définir les nombres de Bernoulli. Le but de la partie I est de justifier que l'inverse d'une série entière dont la valeur est 1 en 0 a un inverse développable en série entière sur un voisinage de 0. On applique ce résultat à la fonction $(x \rightarrow \frac{x}{e^x-1})$ dans la partie II dans le but de définir les nombres de Bernoulli et d'en déduire les premières propriétés. La partie III étudie la régularité et les dérivées successives de la composition d'une série entière avec la fonction $(x \rightarrow (e^x - 1))$ sur un voisinage de 0. Ce résultat est ensuite utilisé dans la partie IV pour obtenir une relation vérifiée par les nombres de Bernoulli.

Commentaire général de l'épreuve et analyse générale

Le sujet se voulait variée et dans les thèmes abordés et dans la difficulté des questions.

- La première partie est peu réussie et a montré que la théorie des séries entières est trop souvent peu maîtrisée, moins que les années précédentes, a-t'il semblé. La première question, traditionnelle question de cours facile des épreuves du concours E3A, a donné des réponses surprenantes: De nombreux candidats ne proposent pas une définition mais une propriété vérifiée par le rayon de convergence dans le meilleur des cas, voire une méthode de calcul non toujours utilisable. De nombreux candidats invoquent le cercle d'incertitude soit pour y faire converger ou diverger la série en tous points. La question 4 se démontre à l'aide d'une récurrence forte que peu ont vue : on a constaté beaucoup d'affirmations non démontrées, mais le plus inquiétant est avec quelle fréquence la structure de la démonstration par récurrence est erronée, avec une hypothèse du type $\forall n \in \mathbb{N}, \dots$. On trouve dans la question 5 (et ailleurs dans le problème) des nombres qui prétendent être une borne d'une suite $(u_n)_{n \in \mathbb{N}}$ mais dépendent de n .
- La partie IIA est plus réussie. La question 3 suppose un raisonnement par équivalence (ou une double inclusion) rarement mené avec rigueur. Il faut peut-être conseiller aux candidats de raisonner en deux implications, ce qui oblige à préciser son argumentation. Tous les candidats ne connaissent pas le rayon de convergence de la fonction exponentielle. Les questions 7a et 7b trient les candidats sévèrement : le calcul de la question 7a est rarement argumenté et le caractère de parité d'une fonction développable en série entière est bien mal interprété. La partie IIB montre à nouveau des démonstrations par récurrence peu réussies et les calculs de la question 2 sont rarement menés.

- La partie III est plus difficile, elle demande un bon usage du théorème de convergence d'une série de fonctions et du théorème qui en assure la dérivabilité. Cette partie n'est abordée de façon significative que dans les meilleures copies.
- La partie IV est très rarement investie. Le développement en série de la fonction logarithme est rarement reconnu. La formule de Leibniz est souvent correctement énoncée mais la suite des questions, avec des notations plus indigestes, n'est abordée que dans des copies excellentes. Signalons une erreur de typographie dans la somme de la question 3a : si on veut inclure le cas $n = 0$ dans l'énoncé, il faut faire démarrer l'indice de sommation sur 0. Les rares candidats arrivés jusque là l'ont remarqué avec intelligence.

Analyse des résultats

L'épreuve a été traitée par 2773 candidats. Les notes sont étalées entre 0 et 20 avec une moyenne de 9.65 et un écart-type 4.43. Les correcteurs signalent le manque de maîtrise des démonstrations par récurrence, un certain manque de rigueur dans les raisonnements et la méconnaissance du cours en particulier sur les séries entières (surtout ce qui concerne le disque de convergence). La présentation des copies est majoritairement satisfaisante.

Conseil aux futurs candidats

- Prenez votre temps, lisez l'énoncé. Réfléchissez à la cohérence du sujet.
- Ne négligez pas les questions élémentaires et les questions de cours.
- Il y a lieu de réfléchir au sens des termes utilisés en mathématiques, et plus particulièrement dans les énoncés de problèmes. Une définition peut prendre la forme d'une propriété à condition que celle-ci caractérise ce qu'on souhaite définir. Une propriété trop vague ne peut pas servir de définition.
- Soignez la logique de vos démonstrations : les démonstrations par récurrence, les démonstrations par équivalence. La précision et la rigueur sont des compétences appréciées dans cette épreuve.

EPREUVE DE PHYSIQUE-CHIMIE

Durée : 4 heures

PRESANTATION DU SUJET

Le sujet porte sur quelques aspects de « Rosetta », mission spatiale de l'Agence spatiale européenne, dont l'objectif principal est de recueillir des données sur la composition du noyau de la comète 67P/Tchourioumov-Guérassimenko et sur son comportement à l'approche du Soleil.

Il est découpé en quatre parties. La première traite de la descente du module Philae vers la comète. La seconde s'intéresse aux communications entre la sonde Rosetta et la Terre. La troisième concerne les aspects thermiques de la comète lorsque celle-ci se rapproche du Soleil. La dernière partie de cette épreuve est consacrée à la chimie des ergols, composés destinés à fournir l'énergie nécessaire à la propulsion de Rosetta.

COMMENTAIRE GENERAL SUR L'EPREUVE

L'épreuve fait appel à de nombreuses notions des programmes de MPSI et de MP, dans différents domaines : mécanique, électromagnétisme, thermodynamique, architecture de la matière, transformations chimiques en solution aqueuse, thermodynamique de la transformation chimique et électrochimie.

Le caractère indépendant des différentes parties (et même des différentes sous-parties), permet aux candidats d'avancer dans le sujet sans être pénalisés de manière excessive par une question non traitée ou non réussie.

La nécessité pour le/la candidat(e) d'utiliser sa connaissance de cours, d'exprimer un résultat sous forme littérale ou numérique, d'analyser des graphiques, de commenter les résultats obtenus... permet au jury d'évaluer sous plusieurs aspects les compétences acquises.

ANALYSE PAR PARTIE

PREMIERE PARTIE : ATERRISSAGE DU MODULE PHILAE

Partie A : Champ gravitationnel de la comète

L'analyse des invariances et symétries du problème est trop souvent absente. Le caractère non uniforme du champ gravitationnel est régulièrement justifié par des arguments fantaisistes.

Partie B : Trajectoire de Philae

Des candidats ont cherché à intégrer l'équation du mouvement sans prendre en compte le caractère non uniforme du champ gravitationnel... pourtant affirmé à la partie précédente ! La lecture des graphes est plutôt bien faite, même si des candidats oublient de prendre en compte le rayon de la comète pour « lire » la vitesse atteinte au moment du contact.

Concernant l'approche énergétique, le signe « - » est souvent absent de l'expression de l'énergie potentielle. Ensuite, la diminution de l'énergie potentielle et l'augmentation de l'énergie cinétique au cours de la chute ne suffit pas à justifier la conservation de l'énergie mécanique.

Partie C : Philae à la surface de la comète

Si la confusion masse/poids est souvent levée, la notion de force d'inertie est mal comprise. Le plus souvent, la force de Coriolis est évoquée, alors que le module est fixe dans le référentiel tournant.

Partie D : Rosetta autour de la comète

L'étude du mouvement circulaire est satisfaisante, contrairement à celle du mouvement sur l'orbite elliptique. A titre d'exemple, un grand nombre de candidats confond la distance minimale (distance du centre attracteur au péricentre) et le demi-petit axe.

DEUXIEME PARTIE : COMMUNICATION AVEC LA TERRE

Partie E : Propagation dans le vide

La propagation de l'onde électromagnétique est bien traitée, même s'il reste des confusions entre la direction de propagation et la polarisation de l'onde. Une grande majorité de candidats « oublie » que la valeur moyenne du vecteur de Poynting reste... un vecteur !

Partie F : Réception du signal

La partie est peu abordée. Les candidats qui ne prennent pas en compte le fait que la comète se rapproche de la Terre (et qui considèrent qu'elle s'éloigne) essayent (en vain) d'arranger les expressions pour retomber sur le résultat fourni dans l'énoncé.

Partie G : Prise en compte de l'ionosphère

La justification du caractère négligeable de la composante magnétique de la force de Lorentz est régulièrement fantaisiste.

Les calculs qui mènent à la relation de dispersion sont souvent bien menés. Les commentaires physiques laissent en revanche perplexes le jury, qui note un écart important entre la manipulation des équations de Maxwell (résultats sortis de la calculatrice ?) et la compréhension des phénomènes associés.

TROISIEME PARTIE : FORMATION DE LA QUEUE DE LA COMETE

Partie H : Sublimation de la glace

La prise en compte du sens conventionnel (surface orientée vers l'extérieur) alors que le flux thermique est effectivement reçu par la comète pose problème.

Partie I : Transfert thermique dans la croûte de la comète

Enoncer que le vecteur densité de flux thermique est opposé au gradient de température ne suffit à justifier le signe « - » dans la loi de Fourier.

En ce qui concerne l'intégration de l'équation à variables séparées, les bornes ne sont pas toujours correctement choisies.

QUATRIEME PARTIE : PROPULSION DE LA SONDE

Partie J : Etude de l'hydrazine

La formule de Lewis de l'hydrazine n'est correcte que dans de (trop) rares copies.

La distinction entre équilibres acido-basiques et équilibres redox n'est pas toujours très claire pour les candidats. L'identification des domaines dans le diagramme potentiel-pH s'en trouve compliquée, d'autant plus qu'une majorité de candidats placent les espèces acides aux valeurs élevées du pH.

Partie K : Décomposition de l'hydrazine

La notion de « corps pur » est confondue avec celle de « corps simple ». D'ailleurs, dire que le diazote est un corps simple ne suffit pas à justifier la valeur de son enthalpie standard de formation.

Partie L : Intérêt de propergols

La partie a été peu traitée. La difficulté d'équilibrer les équations freine des candidats.

ANALYSE DES RESULTATS

La structure de l'épreuve permet aux candidats de traiter un nombre élevé de questions. Les copies sont souvent assez fournies, et bien présentées dans l'ensemble. Toutefois, les points ne peuvent pas être attribués aux candidats qui se contentent d'écrire la réponse sans expliciter le raisonnement ou détailler les principales étapes de calcul qui permettent de l'obtenir.

L'absence d'applications numériques ou des erreurs systématiques pénalisent fortement certains candidats. Il en va de même pour ceux (parfois les mêmes...) qui laissent de côté les questions plus qualitatives (commentaires, justifications).

Après un traitement mathématique ramenant le barème à 20, la moyenne de l'épreuve s'élève à 9,12 sur 20 avec un écart-type de 4,06.

CONSEILS AUX FUTURS CANDIDATS

L'apprentissage du cours reste incontournable, la capacité à analyser un résultat est aussi essentielle. Les applications numériques doivent faire l'objet d'une attention particulière : l'ordre de grandeur du résultat peut souvent être comparé à celui que les candidats peuvent raisonnablement attendre au regard de leur culture scientifique.

En ce qui concerne les justifications à donner ou les commentaires à apporter, les candidats gagnent à faire des réponses courtes et précises, avec un (ou deux) argument(s) clairement exposé(s).

Enfin, la partie chimie est absente dans certaines copies, alors qu'elle occupe une place importante dans le barème (30 % dans cette épreuve). Des connaissances de base suffisent pour répondre à un nombre raisonnable de questions : les quelques candidats qui traitent correctement la partie s'en trouvent grandement avantagées.

Rapport sur l'épreuve d'informatique MP

Présentation du sujet

L'épreuve de l'option informatique MP était formée de trois exercices indépendants. De nombreuses questions dans chaque exercice étaient des questions de lecture de programme ou des programmes courts et simples en langage Caml Light. Le premier exercice était basé sur les calculs de puissances de nombres d'entiers et des algorithmes testant si un nombre entier est une puissance non triviale d'un nombre entier ou non. Le second exercice appliquait divers algorithmes de reconnaissance syntaxique à la recherche du motif 2015 dans un texte de chiffres. Le troisième exercice étudie et compare plusieurs méthodes pour rechercher un élément dont le nombre d'occurrences est majoritaire dans un tableau, lorsqu'il en existe un.

Commentaire général de l'épreuve

L'épreuve a été traitée par 569 candidats. Les notes sont étalées entre 0 et 20 avec une moyenne de 9.93 et un écart-type 3.88.

Les correcteurs ont noté des progrès concernant les aspects connaissance en algorithmique et programmation, en comparaison avec les années précédentes. Les heures introduites grâce à informatique pour tous permet probablement de consacrer plus d'heures de programmation et l'effet se voit. Les boucles "while" sont plus souvent correctes. Les correcteurs saluent une utilisation réussie des exceptions chez certains candidats. Mais cela a aussi pour conséquence de nombreuses confusions entre Caml et Python. Signalons les points particuliers suivants :

- Un certain nombre de candidats voudraient arrêter une boucle for en plein milieu, sur le modèle du return de Python. Ce qui peut mener à des erreurs, certains candidats semblant croire que le calcul d'une valeur peut avoir le même effet qu'un return de Python.
- Des confusions entre listes de Caml et de Python, en particulier, certains candidats pensent que $t :: l$ modifie la liste l à l'instar de $l.append(t)$. Les candidats devraient savoir que les listes Caml sont persistantes (la différence entre structures persistantes et impératives est une exigence du programme).
- Des confusions entre les opérateurs `%` de Python et les opérateurs `mod` de Caml.
- Certains candidats veulent accéder au n -ième élément d'un tuple avec la syntaxe Python.

- Comme d'habitude, le sens des O est souvent mal compris : on trouve dans les copies des $O(N - 3)$, $O(2 \ln k - 1)$,... et autres constantes inutiles dans les $O()$.

Analyse des résultats par exercices

- Concernant l'exercice 1 et la représentation des nombres :
 - Certains candidats ont du mal avec la division euclidienne (quotient ou reste). Elle est parfois reprogrammée par soustractions successives, parfois en passant par les flottants.
 - Certains calculs qui devraient se faire de manière exacte sur les entiers sont faits de manière approchée en passant par les flottants.
 - Pour la question 1.a.iii, de nombreuses techniques de démonstrations ont été utilisées : récurrence, se ramener à résoudre $k/2^p < 1$, se ramener au cas où k est une puissance de 2...
- Concernant l'exercice 2:
 - Peu de candidats ont pu dessiner l'automate de la première question, certains ont proposé un automate non déterministe, d'autres ont utilisé des ϵ -transitions.
 - La question 2a s'est avérée surprenante: les correcteurs ont vu toutes sortes de propositions : 1, 3, 4, 6, 16, $4!$, 4^4 , 4^{10} , 9^4 , 1000, 8999, 9000, 9999, $4 * 10 * 9 * 8 * 7$, 10110, 20560, 4 parmi 10^4 , 4 parmi 10, $10 * 9 * 8 * 7 = 5040$, $(1000 + 100 + 10 + 1)!/100!/10!/1000!$, $((10^{10})^{10})^{10}$, l'infini ...
- L'exercice 3, plus théorique, a été moins souvent abordé. La définition du "postulant" n'a pas été souvent comprise. Certains candidats ont confondu le nombre d'appels récursifs avec la profondeur d'appels récursifs et ont trouvé un nombre d'appels récursifs en $\ln(n)$.

Conseil aux futurs candidats

- Il est recommandé de commenter vos programmes, d'expliquer le rôle des fonctions auxiliaires ou de certaines variables.
- Privilégiez les programmes simples et courts, au besoin en utilisant des fonctions auxiliaires.

Rapport du jury

Concours e3a - Mathématiques-Physique

Epreuve de science industrielle

Durée : 3 heures

Présentation de l'épreuve :

L'épreuve a pour but d'évaluer sur une durée de trois heures les capacités des candidats à :

- Conduire une analyse fonctionnelle et structurelle, destinée à valider la compréhension du fonctionnement global du système et à évaluer la maîtrise des outils de communication technique.
- Vérifier la performance d'une chaîne fonctionnelle du système étudié :

Les champs disciplinaires abordés sont ceux du cours de sciences industrielles pour l'ingénieur de la filière MP, incluant cette année deux questions relatives à la mise en œuvre de solutions informatiques.

Présentation du sujet

Le thème de l'étude proposée concernait un véhicule électrique autonome dit intelligent.

Après une mise en situation présentant l'intérêt de l'étude, les membres du jury ont voulu proposer un scénario compatible avec une difficulté croissante dans les questions posées.

Le sujet comporte trente-huit questions balayant une très grande partie du programme de Sciences Industrielles de la filière MP, et cela via une organisation en cinq parties indépendantes.

Les premières questions ont pour objectif de valider le critère de la distance de freinage. Pour cela une étude dynamique permettait de déterminer les efforts aux roues et d'en déduire dans le cas d'un coefficient de frottement constant, la distance de freinage. Cette partie se termine par un programme fourni en annexe en langage Python et en SCILAB pour lequel il fallait compléter quelques champs afin de prendre en compte un modèle plus évolué de modèle de frottement. Cela conduisait à intégrer une équation différentielle dont la résolution analytique n'est pas possible, d'où l'usage du programme proposé.

La partie B a pour objectif de déterminer les relations entre les différents paramètres cinématiques : taux de rotation des roues, et orientations angulaires des roues, dans le cas d'un suivi de trajectoire, sous l'hypothèse que seul le train avant était directionnel.

Pour la partie C, l'objectif est d'établir les lois de commande de rotation des roues, ce qui vient donc compléter les résultats de la partie B.

La quatrième partie porte sur l'établissement du modèle d'asservissement de pilotage de la vitesse des roues en intégrant la flexibilité de la transmission. Comme souvent, l'application du théorème de l'énergie puissance, à différents sous-systèmes permettait de mettre en place les équations différentielles qui régissent le comportement du système étudié.

Une identification portant sur des résultats de mesure conduisait de nouveau à l'établissement d'un programme informatique en rapport avec l'enseignement de l'IPT. Cette question d'informatique était plus ouverte que les premières et a été assez logiquement moins bien traitée par les candidats.

La dernière partie dont l'objectif est la validation du modèle, déroule de nombreuses questions de cours sur la précision et sur l'apport d'un correcteur proportionnel intégral afin de vérifier la conformité avec les exigences du cahier des charges.

Analyse des résultats par question et commentaires

Q1 :

On souhaitait vérifier la performance de vitesse maximale annoncée dans le cahier des charges, condition initiale de la phase de freinage des questions suivantes. Cette question était plutôt destinée à mettre en confiance le candidat... Pourtant le jury s'étonne de la très grande variété de réponses erronées rencontrées (au moins 40 façons de ne pas arriver au bon résultat...). Essayons de résumer :

- Omission d'un terme de l'expression, majoritairement le rapport de réduction
- Mauvaise conversion dans les unités, ou absence de conversion et confusion
- Mauvaise position numérateur / dénominateur, que ce soit pour les termes de l'expression, et/ou pour les formules de conversion d'unité.
- Passage par un calcul faisant intervenir la puissance.

De fait, on arrive dans certains cas à des résultats peu plausibles comme 38 400 m/s...ce qui devrait inviter le candidat à se dire que la formule utilisée de doit à priori pas être la bonne

Les candidats sont invités, chaque fois que cela est possible, à vérifier que les résultats d'applications numériques sont cohérents avec la réalité physique des phénomènes étudiés.

Q2, Q3, Q4 :

On note que ceux qui modélisent correctement le problème via un schéma approprié obtiennent les bonnes équations de résultante dynamique. Un candidat sur dix ne prend pas la peine de faire le schéma de modélisation. Entre un quart et un tiers des candidats font un schéma erroné : efforts tangentiels et normaux colinéaires, superposition de la résultante avec sa décomposition en composantes.

On note également des erreurs de signe liées au sens de représentation des vecteurs dont les composantes sont des inconnus du problème. Ne pas attribuer de signe 'à priori' à une composante inconnue.

Q5 :

La moitié des candidats traitent correctement cette question, un sixième a choisi de ne pas traiter cette question, le reste ne propose pas la bonne réponse.

Q6 :

Plus de la moitié des candidats ne sait pas répondre correctement à cette question, en font l'équation de moment dynamique en G au lieu de A.

Q7 et Q8 :

On retrouve des problèmes d'homogénéité, surtout dû à l'oubli de la masse dans les expressions du moment dynamique en A.

Q9 :

Les candidats semblent bien avoir intégré la loi du frottement sec. Peu d'erreur de principe donc pour ceux qui ont traité cette question.

Q10 a), b), c) :

Plus de la moitié des candidats à choisi de ne pas traiter cette question. Un quart des candidats traite correctement la question en respectant les noms des variables du programme proposé.

Q11, Q12, Q13, Q14, Q15, :

Des erreurs dans l'application du produit vectoriel, avec des résultats sur le mauvais axe.

Des inversions Sin et cos dans l'expression de tangente...

Q16 :

L'hypothèse $\sin(a)$ voisin de zéro a donné des conclusions un peu hâtives...petit ne veut pas dire nul !

Q17 : concernant la stratégie de virage

Les expressions de A et C sont souvent correct, l'expression de B un peu moins, et pour l'expression de D, les bonne réponses sont rares, mais il y en a. Un quart des candidats n'a pas traité cette question.

Q18, Q19, Q20, Q21, :

Question traité par moins de la moitié des candidats. Deux candidats sur dix ayant traité ces questions donnent la bonne solution.

Concernant la partie Modélisation et Commande du véhicule

Les questions étant à la fin de l'épreuve, il y a eu peu de réponses. Même si on peut noter que le sens pratique de cette partie n'est pas assimilée par les candidats, Globalement les questions concernant l'analyse (modélisation, identification des paramètres) ont été mieux appréhendées que celle relative à la synthèse (asservissement, performances des correcteurs...)

Q22 et Q23 :

Traité par les deux tiers des candidats. Un quart de ceux qui ont traité la question trouve le bon résultat. Les erreurs constatées témoignent d'une connaissance approximative du théorème de l'énergie cinétique.

Il en résulte un grand souci dans le respect de l'homogénéité de l'équation dynamique obtenue :

- Oubli de dérivation de l'énergie cinétique
- Energie cinétique égale somme des couples, ou somme des puissances...

Q25. Les réponses étaient globalement satisfaisantes. Question plutôt de calcul et non de réflexion.

Q27.1 Les erreurs concernent principalement le calcul du gain et non la constante de temps.

Q27.1 Donner les expressions des fonctions de transfert $W_{Ua}(p)$ et $W_{Cp}(p)$. Notez

$$\left(K_{em}\right)^2 \frac{K_m}{N} K_e \equiv K_s$$

Q27.2. question peu traitée

Q28.1 La réponse a été plutôt bien traitée

Q28.2 Le calcul des fonctions de transfert par rapport à la perturbation et la consigne ne semble pas être bien assimilé alors que cette architecture est celle qu'on retrouve dans les systèmes réels.

Q30.1 Question relativement simple mais le calcul de l'erreur statique n'est pas réussi.

Q30.2 L'analyse de la stabilité de systèmes 1^{er} et 2eme ordre et le sens physique de la marge de gain n'est pas comprise.

Q31.1 : la présence d'un intégrateur dans la boucle ouverte annulant l'erreur statique est bien assimilée : les réponses globalement justes.

Q32 : cette question qui est une synthèse des actions P, I et D est malheureusement très mal assimilée

Conseils généraux aux candidats :

- Vérifier l'homogénéité des expressions et des équations.
- Maîtriser les changements d'unité.
- Savoir juger de la cohérence physique des valeurs obtenues par application numérique.
- Ne pas mettre de longues pages de commentaires pour tenter d'expliquer le pourquoi d'un résultat visiblement erroné.

Conclusion :

Toutes les questions ont été abordées par les candidats, avec environ 5% des copies qui se sont vues attribuées la note maximale. Cela démontre la bonne corrélation du sujet proposé avec les programmes en vigueur et l'adéquation de la difficulté des questions posées avec le niveau des candidats.