

# Option

## Sciences Industrielles de l'Ingénieur

### Présentation du sujet

Le support de l'épreuve de S2I de la filière MP session 2018 est le robot Sphero de la société Orbotix. C'est un robot à mobilité non conventionnelle créé pour le loisir et l'éducation. Il est contrôlable avec une tablette ou un smartphone auquel il se connecte.

L'objet de l'étude est d'évaluer les solutions techniques mises en jeu dans la conception du Sphero et de déterminer une commande permettant à ce robot d'atteindre les exigences de stabilité, de maniabilité et de respect des consignes de l'utilisateur.

Deux aspects de la commande du robot Sphero sont étudiés : la génération des consignes de cap et de vitesse envoyées et le principe de commande de la chaîne d'énergie.

### Analyse globale des résultats

Les résultats sont globalement satisfaisants, et le jury a la satisfaction de nombreuses très bonnes copies. Le sujet est de longueur raisonnable puisque plusieurs candidats ont abordé toutes les questions.

### Commentaires sur les réponses apportées et conseils aux futurs candidats

Comme chaque année, le jury tient à rappeler, avec la plus grande insistance, que les réponses fournies ne peuvent se limiter à de simples affirmations. Les réponses sans argumentation ne sont pas prises en compte, quand bien même elles seraient correctes. Par la suite, ce rapport précise les attendus du jury sur cet aspect.

Dans la rédaction d'une réponse, la démarche retenue doit apparaître de façon explicite et ordonnée. Les hypothèses simplificatrices doivent être clairement indiquées et justifiées. Les unités des différentes grandeurs exprimées numériquement doivent être systématiquement indiquées.

Le jury souhaite que les réponses soient rédigées dans l'ordre quand bien même elles seraient abordées dans un ordre différent, que les numéros des questions soient indiqués, que les réponses aux questions soient mises en évidence et que les développements amenant à ces réponses soient rédigés de manière lisible et compréhensible. Il est rappelé que, dans la structure de la description par l'utilisation du langage de modélisation SysML, il est indispensable de faire référence aux exigences par leur identifiant numéroté (id ...).

Trop de candidats trouvent des valeurs numériques sans se demander si elles sont cohérentes avec le système étudié, ce qui conduit certains à valider des valeurs totalement aberrantes vis-à-vis de la fonction du système.

### II Étude préliminaire et respect de l'exigence de maniabilité

Cette partie a pour objectif de mener une analyse comportementale du Sphero afin de mettre en évidence la problématique qui est traitée dans le sujet.

Les deux questions de cette partie ne présentent pas de problèmes particuliers et ont d'ailleurs été très bien réussies par la majorité des candidats. Pour les quelques réponses erronées, il apparaît que les candidats ne suivent pas les consignes données. La deuxième question, portant sur l'analyse de l'expérimentation, a été volontairement limitée à des arguments s'appuyant sur le nombre de clics. Les arguments avancés qui n'étaient pas en rapport avec la consigne donnée, n'ont pas été pris en compte.

### III Interfaçage utilisateur / Sphero (exigence de contrôle)

L'objectif de cette partie est de concevoir un algorithme générant les consignes de vitesse et de cap du Sphero à partir de la manipulation de l'interface tactile.

#### III.B – Interface graphique et respect de l'exigence de contrôle

La très grande majorité des candidats a déterminé convenablement les caractéristiques géométriques de l'écran tactile et conclu correctement sur la taille du curseur au regard de la surface de contact d'un doigt. Il est toutefois rappelé que les réponses telles que « oui le choix de la taille est conforme » ne sont pas recevables. Pour ces questions relativement simples, le jury apprécie principalement la qualité de l'argumentation. Le jury s'étonne que certains candidats éprouvent des difficultés à extraire les informations essentielles d'un texte. Ainsi, dans le texte, il est fait référence à des pixels carrés et à un écran tactile. Certains comprennent que l'écran est carré. Quel que soit leur niveau de compétences scientifiques, il devient difficile de conduire un raisonnement à partir de données erronées. Ici encore, certains ne suivent pas les consignes du texte et ne répondent pas avec les unités demandées (pixels, cm).

#### III.C – Consignes utilisateur

Les deux questions de cette partie ne posent pas de problème de calcul, mais elles demandent une lecture attentive des données du texte. La rédaction de la question 8 a été demandée sous la forme d'un algorithme, afin de prendre en compte les différents cas liés au domaine de l'étude ainsi qu'aux domaines de définition des fonctions trigonométriques inverses. Beaucoup de candidats apportent des réponses très rigoureuses prenant en compte les différents cas et respectant les unités demandées, vitesse en % et cap en degré. Mais le jury est surpris de constater que de nombreux candidats maîtrisent mal les fonctions trigonométriques inverses et ici encore ne respectent pas les unités demandées. L'instruction `On_dial(A)` ne doit pas être utilisée dans la fonction `Get_CV`, sans au préalable extraire `A` avec `Get_A()`. Il n'y a aucune raison de considérer que la matrice `A` est globale. D'une manière générale, l'utilisation de variables globales doit être exceptionnelle et impérativement faire l'objet d'un commentaire.

#### III.D – Algorithme de commande du Sphero

L'algorithme demandé doit traduire le fonctionnement imposé par le cahier des charges. Son écriture impose une lecture attentive du texte ainsi qu'une écriture correcte d'une instruction conditionnelle. Un grand nombre de candidats rédige un algorithme correct et commenté. Certains cependant ont utilisé abusivement `return` dans la boucle `while True`. Cela a été sanctionné puisque cette instruction interrompt la boucle infinie et donc le fonctionnement de la commande. D'une manière générale le jury attend des structures algorithmiques claires et des commentaires pour expliciter tout traitement particulier.

### IV Architecture détaillée du robot Sphero

Cette question avait pour objectif de s'approprier la chaîne d'énergie et d'information du robot Sphero.

Il s'agit d'une question très classique qui a conduit à trop d'erreurs. Un système ne se limite pas à l'addition de dispositifs. Cette représentation est indispensable pour avoir une vision globale du système complexe étudié. Elle met en évidence les relations informationnelles et énergétiques entre les différents dispositifs qui constituent le système. Le jury constate avec regret qu'un trop grand nombre de candidats fait preuve d'une grande incohérence car il n'attache pas assez d'importance à ces relations.

### V Déplacement et réglage de cap du robot Sphero

L'objectif de cette partie est de mettre en évidence la relation entre les actionneurs et le comportement du Sphero, afin de déterminer la façon dont les actionneurs doivent être commandés.

Pour aborder correctement cette partie, il faut maîtriser la lecture d'un schéma cinématique, s'approprier le paramétrage donné et faire appel aux connaissances classiques de cinématique. La démarche pas à pas, proposée par le questionnement, a permis à un grand nombre de candidats d'apporter des réponses correctes. Toutefois, certains candidats ne font pas la différence entre la mise en place d'un problème et la résolution de celui-ci. Ainsi à la question 11, il fallait définir chaque torseur cinématique et à la question 12 écrire la relation qui les lie. Un manque de rigueur dans les calculs notamment sur les signes, bien souvent par un manque de maîtrise de la cinématique des engrenages, a conduit certains candidats à abandonner cette partie car les relations trouvées étaient incohérentes avec les résultats intermédiaires donnés. Le jury rappelle qu'un torseur n'a de sens que lorsque le point d'écriture est précisé. De même, lorsque ce torseur est explicité par ses 6 composantes, la base d'écriture est indispensable.

De plus, lorsqu'il est demandé de déterminer une constante  $(\lambda, \mu)$ , le jury s'attend à trouver directement cette expression et non pas une équation dans laquelle il faut qu'il identifie ladite constante.

### VI Comportement en tangage du Sphero

L'objectif de cette partie est de vérifier que la structure mécanique du robot permet le respect de la contrainte sur le tangage du module interne.

#### VI.A – Analyse de l'agencement mécanique du robot

La projection d'un vecteur-position sur une direction ne définit pas entièrement ce vecteur. Cette confusion a conduit de nombreux candidats à conclure à la position du centre de gravité du module interne sur l'axe  $(O_s, \vec{z}_{G'})$  avec une argumentation erronée. Ce qui a été sanctionné étant donné la simplicité de la question. La problématique de la stabilité du module interne a été évoquée par un très grand nombre de candidats. En revanche, beaucoup ont fait la confusion entre la stabilité du module interne et la stabilité du Sphero. Des candidats confondent équilibre et stabilité. Il y a des équilibres stables et des équilibres instables. Certains évoquent le risque d'un « tangage ». Il faudrait préciser si c'est un angle de tangage, ou un mouvement de tangage. L'emploi d'un vocabulaire précis est pris en compte par le jury.

Des candidats confondent le système réel avec le modèle retenu. Ils affirment, ici, que la position du centre de gravité a été choisie pour faciliter les calculs, montrant ainsi qu'ils ne s'étaient pas appropriés le contexte de l'étude.

#### VI.B – Comportement en tangage du module interne

Comme chaque année, le jury constate une grande diversité des intitulés des théorèmes : outre le classique « théorème du moment cinétique » (expression non tolérée ici, car les calculs sont conduits

en un point mobile par rapport au référentiel galiléen), il est apparu de nombreux autres intitulés, montrant un grand manque de maîtrise par certains candidats. Ces questions ont été faiblement réussies alors même qu'elles ne posent pas de problème particulier dès lors que le candidat maîtrise le cours de dynamique des solides. L'expression du moment dynamique d'un solide en translation ne devrait pas gêner un candidat de la filière MP. Le choix du point d'écriture du théorème du moment dynamique était clairement suggéré à travers la question 26. Une analyse rigoureuse des actions mécaniques s'exerçant sur le système isolé aurait pu suffire. Certains candidats, gênés par le calcul du moment dynamique en un point mobile, ont cherché à exprimer le théorème du moment dynamique en un autre point, montrant ainsi leur manque de maîtrise des notions associées à ce cours.

### VII Performances en changement de cap du Sphero

L'objectif de cette partie était de déterminer la loi de commande en lacet du module interne permettant le respect des exigences de cap lors de l'utilisation du Sphero.

Ces questions ont été assez largement abordées et assez bien réussies, notamment le tracé asymptotique de Bode du correcteur à avance de phase. Toutefois le jury rencontre trop souvent les écueils suivants.

À la question 29 la détermination d'une constante de temps sur une évolution assimilée à un premier ordre est souvent approximative et cette imprécision s'accompagne trop souvent d'une valeur donnée sans aucune indication sur la méthode retenue.

Aux questions 30 et 31, le calcul, très classique dans sa forme, a souvent été abordé mais des candidats font des erreurs au niveau de la conversion des degrés en radians à cause d'une mauvaise analyse de l'entrée et de la sortie du bloc concerné.

Aux questions 33 et 36, il apparaît trop souvent des affirmations sans justification. Pour que l'argumentation du candidat soit validée, elle doit à la fois faire apparaître une référence à la performance à vérifier, son critère, la comparaison de son niveau avec le résultat obtenu et la conclusion.

Par ailleurs, des candidats donnent des réponses sans préciser les unités, ce qui est systématiquement sanctionné.

### VIII Conclusion et synthèse

Cette question est présentée dans le même format que celui retenu dans le sujet 2017. Malgré cette continuité, elle a été rarement abordée. Cette question est assez ouverte, mais elle fixait un cadre de rédaction que peu de candidats ont respecté. Certains candidats ont fait la confusion entre une exigence et l'étude qui en est faite pour caractériser la nature de l'écart telle qu'elle est définie dans le programme et rappelée dans le sujet.

## Conclusion

La préparation de cette épreuve de sciences industrielles de l'ingénieur ne s'improvise pas. Elle est destinée à valider des compétences transversales en s'appuyant sur des réalisations industrielles complexes qu'il faut appréhender dans leur globalité. Elle est transverse entre les champs disciplinaires enseignés en SII mais aussi avec les autres disciplines de la filière. Cette préparation doit donc s'articuler autour de l'analyse et de la mise en œuvre de démarches de résolution rigoureuses s'appuyant sur des supports réels contextualisés.