

Résumé V2

Remarques générales

Il faut lire le sujet avec un stabilo à la main, souligner les hypothèses et les valeurs numériques disséminées dans le texte.

Parcourir de manière rapide l'intégralité du sujet afin de ne pas quitter la salle en ayant laissé de côté des questions faciles.

Mettre du soin dans la présentation de votre copie, de la couleur,et encadrer ou souligner vos résultats.

Bien faire apparaître l'intitulé de la question « Q1. _ Q2. _ Etc », même si la/les questions ne sont pas traitées. Bien écrire « Qi. _ voir DR » si la question vous demande de compléter un Document réponse.

Vous pouvez répondre dans le désordre (même si peu conseillé), mais dans ce cas, être bien clair. Exemple « Q5. Traitée à la page 13. »

Ne pas trop s'entêter sur les dernières questions d'une sous partie s'il vous manque du temps. Il vaut mieux aborder « un peu tout », que seulement une partie.

Avant de passer à la question suivante, relire la question traitée parfois 0.5 point à gagner pour le en déduire.

Penser à définir le nom des variables et les unités sur les graphiques.

Toujours exposer votre démarche (par exemple, isolement, bilan des AME, équation s définies de manière précise utilisée), des points sont réservés pour cela même si vous ne résolvez pas la question.

Faire une chose à la fois en terme de calcul (diviser numérateur et dénominateur OU, changer de côté un terme OU ...) Vous gagnez peu de temps à griller des étapes, par contre la probabilité de résultats faux augmente considérablement.

Mais faites ces opérations aux brouillons. Pas besoin de tout mettre au propre.

Un résultat non homogène est nécessairement faux, et va beaucoup vous pénaliser, parfois pour plusieurs questions.

Faites les applications numériques, en recopiant votre expression littérale avec chacun des termes remplacés par la valeur numérique (un calcul d'ordre de grandeur à la main et ensuite seulement la calculatrice).

Sans unité sans valeur : il faut se poser la question des unités et les indiquer de manière systématique.

Ne surtout pas négliger les applications numériques. Elles peuvent valider tout une série de questions.

Pour les questions de synthèse, penser à utiliser un tableau (performances attendues, performances simulées, objectif atteint ou non)

Pour la partie asservissement, il y a 3 points (stabilité, précision et rapidité).

Pour répondre à la question fort classique du respect ou non des exigences, pensez à présenter votre synthèse sous forme de tableau (intitulé de l'exigence, valeurs attendues, valeurs obtenues, respect oui/non).

Quand on vous demande « Conclure vis-à-vis du cahier des charges », il faut bien préciser : ce que vous trouvez, quel est le cahier des charges, et si celui-ci est bien respecté. Pas juste « Oui, c'est respecté ».

Chapitre : mobilité

Connaitre par cœur : tableau des liaisons (torseur cinématique et statique, symboles et paramètres géométriques). Liaison hélicoïdale : un seul DDL (rotation et translation liées par le pas (m/tour))

Démarche :

- Construire le graphe des liaisons avec rigueur (paramètres géométriques)
- Compter les inconnues cinématiques I_c et le nombre de chaînes fermées (E_c) en tenant compte de la modélisation (plane $E_c=3*\gamma$ ou spatiale $E_c=6*\gamma$)
- Identifier m_c , en partant de l'entrée, immobiliser l'entrée puis observer si une autre pièce peut bouger. Si c'est le cas, m_c augmente, et poursuivre l'investigation.
Un montage de vérin (rotule +PG +rotule) rajoute deux mobilités internes
Un montage de vérin (pivot +PG +rotule) rajoute une mobilité interne
- Appliquer $m_s = I_c - E_c - m_c$ avec $h = |m_s|$ avec $m_s \leq 0$
- Connaitre le résultat par cœur pour 2 pivots glissants en parallèle, système 4 barres (4 barres et 4 pivots), système vis écrou et le moyen de les rendre isostatique.
- Si h non nul, il faut relâcher des DDL pour rendre le système isostatique (ceux qui ne sont jamais présents dans la chaîne fermée). Proposer votre solution de manière précise, liaison + paramètres géométriques (axes, direction, centre, ...)
- Souvent, un système est hyperstatique en modélisation spatiale mais isostatique en modélisation plane (ex : système 4 barres, h passe de 3 à 0).
- Une chaîne ouverte ne peut pas être hyperstatique.
- Pour les liaisons en parallèle, on recherche l'intersection des DDL des 2 ou n liaisons. Il faut écrire autant de fermeture cinématique, qu'il y a de boucles indépendantes (1 boucle si deux liaisons en parallèle).
- Pour les liaisons en série, on somme les torseurs cinématiques et donc les DDL. On peut avoir une ou plusieurs mobilités internes. L'intérêt est d'obtenir une liaison équivalente avec beaucoup de DDL en partant de liaisons avec peu de DDL mais ayant des contacts surfaciques.
- Un système hyperstatique est en général plus rigide mais on ne contrôle pas les efforts dans les liaisons qui peuvent être non nuls même si le chargement extérieur est nul ce qui limite la durée de vie des composants qui assurent le guidage.

Pour construire un schéma cinématique, il faut tenir compte de la modélisation une sphère cylindre se transforme en ponctuelle en modélisation plane, une pivot glissant en glissière. NE PAS confondre la modélisation et le caractère plan ou perspective du schéma demandé. Représenter ensuite les axes, rajouter les points et seulement ensuite les symboles des liaisons.

Des liaisons de même axe doivent effectivement être coaxiales sur le schéma réalisé. Aucune partie de symbole de liaison doit se trouver toute seule.

Chapitre : cinématique

Il faut écrire les torseurs en un point de l'axe central si celui-ci existe.

Ne jamais projeter les relations obtenues ($\dot{x}(t) \cdot \vec{x}_3 + \dot{y}(t) \cdot \vec{y}_4$ est autorisé et fortement conseillé)

Un vecteur vitesse [m.s-1] nécessite 3 informations (le point, le solide de rattachement et le repère par rapport auquel on étudie le mouvement)

Penser à utiliser le résultat de la question précédente.

Quand on dérive u vecteur, il faut indiquer par rapport à quel repère, on dérive.

Connaitre la formule de dérivation vectorielle : $\left. \frac{d\vec{x}_3}{dt} \right|_{R0} = \left. \frac{d\vec{x}_3}{dt} \right|_{R3} + \vec{\Omega}_{3/0} \wedge \vec{x}_3$

L'accélération est non nulle si le vecteur vitesse change de norme ou de direction.

Il faut d'abord décomposer le mouvement (ex. 3/0) en mouvement élémentaire (3/2 + 2/1 + 1/0)

Si c'est une rotation => Changement de point sur l'axe.

Si c'est une translation => Dérivation.

On calcule chaque terme séparément puis on somme.

Chapitre : statique

Connaitre par cœur : cas d'un solide soumis à deux glisseurs, cas d'un solide soumis à 3 glisseurs, définition précise d'un glisseur.

Le principe fondamental de la statique se traduit par une somme de torseurs à écrire au même point, et conduit à deux équations (sommes des forces [N] et la sommes des moments [N.m] en un point quelconque). Ne pas indiquer en quel point on calcule la somme des moments n'as pas de sens (et perte de points).

Démarche :

- Construire le graphe des liaisons avec rigueur (paramètres géométriques)
 - Y porter le nombre d'inconnues statiques en tenant compte du degré de la modélisation
 - Commencer par isoler le ou les solide.s (ou ensemble de solides) soumis à deux glisseurs (montage en pivot –pivot en modélisation plane en négligeant le poids de la pièce). C'est très très souvent le cas d'un vérin.
 - Faire un bilan des actions mécaniques du système isolé (ne pas oublier les actions de la pivot qui guide la rotation, une poulie ne tient pas en l'air sans action de guidage). NB : Ne pas changer de point à ce moment-là. Ici c'est un simple bilan. Laissez les torseurs aux points le plus simples.
 - Souvent une représentation des actions mécaniques (cas d'un problème plan) permet de visualiser les efforts et facilite grandement la résolution
 - Pour un vérin, il y a l'action du guidage entre tige et corps de vérin et également l'action du fluide (pression * surface). L'équation de résultante élimine l'action de guidage et conserve l'action du fluide si on isole tige ou corps. Si on isole le vérin dans sa totalité, ces deux actions sont des actions intérieures qui n'interviennent pas dans le PFS mais le produit (F.S)* vitesse relative est une puissance intérieure non nulle quand on applique le théorème de l'énergie puissance. Les sections utiles dans un vérin ne sont pas les mêmes selon le sens de déplacement :
- $$\pi \cdot R_{piston}^2 \text{ ou } \pi \cdot (R_{piston}^2 - R_{tige}^2)$$
- Pensez à vérifier le caractère homogène du résultat (moment = distance*force)(force en N = pression en Pa * surface en m²)(1 bar = 1 daN/cm² = 10⁵ Pa)

Cas du frottement :

Revoir le cours qui fait apparaître deux cas différents (adhérence ou glissement)
 On peut avoir frottement et une composante tangentielle nulle (cas d'un solide immobile posé sur une table horizontale).
 Si le système comporte de la transmission d'effort par friction (= par frottement) et donc sans obstacle, on a besoin du frottement pour transmettre la puissance. Au-delà, d'un certain effort, du glissement peut apparaître (cas de l'embrayage ou du frein par exemple). Dans le cas de l'hypothèse de roulement sans glissement (hors cas de transmission par obstacle du type engrenages), cela implique nécessairement la présence de frottement pour avoir une composante tangentielle, c'est elle qui transmet la puissance. Pour avoir une composante tangentielle, il faut exercer une charge normale.
 Si la zone de contact avec frottement est surfacique, il faut travailler avec un modèle local puis intégrer sur toute la surface de contact. Pensez à définir proprement les variables d'intégration et les bornes d'intégration. $dN = p dS$ et $dT = f \cdot dN$

Chapitre : cinétique et dynamique

Il est impératif de connaître parfaitement les formules du cours et la définition de manière très précise des torseurs cinétiques et dynamiques. La résultante ne dépend JAMAIS du point considéré, c'est toujours le produit masse * vitesse ou accélération du centre de gravité / repère galiléen.

Il existe toujours deux cas particuliers : calcul au centre de gravité ou calcul en un point fixe par rapport au repère galiléen.

Il FAUT utiliser impérativement la définition des torseurs cinétique ou dynamique pour deux cas particuliers qui sont : translation et masse ponctuelle

Pour le cas de la masse ponctuelle, le moment cinétique et le moment dynamique sont nuls au point considéré pour la masse ponctuelle.

Pour le cas de la translation, le moment cinétique et le moment dynamique sont nuls au centre de gravité (et en tout point de la droite passant par G et dirigé par la vitesse ou l'accélération selon le moment considéré). On n'a pas besoin de l'opérateur d'inertie pour calculer ces deux moments dans le cas de la translation.

L'opérateur d'inertie $J(A,S)$ ne dépend que du solide (ici S) et du point considéré (ici A) pour le calcul de J (pas d'autre repère). Le théorème de Huygens s'applique uniquement entre un point quelconque et le centre de gravité, pas entre deux points quelconques. Les termes de la diagonale (=moment d'inertie par rapport aux axes x,y et z) ont une valeur minimale au centre de gravité.

Il faut exprimer le produit $J(A,S)$ par $\vec{\Omega}_{S/Rg}$ dans la base utilisée pour définir l'opérateur qui est nécessairement liée au solide S ; c'est donc le vecteur vitesse de rotation que l'on change de base.

Faire attention au calcul du produit matrice*vecteur. On ne peut jamais avoir E-D par exemple, si les termes de l'opérateur sont différents, c'est qu'ils jouent des rôles différents.

On ne somme jamais des opérateurs d'inertie (sauf cas très particuliers de solides encastrés et même point de calcul) par contre, on peut sommer des moments cinétiques ou dynamiques (si exprimés au même point) des résultantes (c ou d) pour appliquer par exemple, le théorème de la résultante dynamique appliquée à deux solides. On somme souvent des énergies cinétiques qui sont des grandeurs scalaires au contraire des résultantes et des moments qui sont des grandeurs vectorielles. On ne compose jamais en SI des accélérations, limitation du programme dynamique galiléenne. Il est impératif alors de composer les vitesses puis de dériver.

Tous les torseurs cinétique ou dynamique sont par rapport à Rg. Ne pas oublier la présence de la masse et le caractère homogène de vos relations.

L'énergie cinétique se calcule par le demi moment torseur cinétique torseur cinématique exprimés au même point (peu importe le point choisi). Il faut connaître aussi les cas particuliers :

$$\frac{1}{2} \cdot I_{/Ox} \cdot \omega_{x/Rg}^2 \text{ ou } \frac{1}{2} \cdot m_s \cdot V_{M.S/Rg}^2 \text{ si rotation autour d'un axe fixe (à gauche) ou si translation (à droite)}$$

Soyez extrêmement rigoureux dans ces calculs en partant systématiquement de la formule du cours et justifiant la nullité de certains termes si nécessaire.

Pour un actionneur la puissance développée (interne ou externe selon l'isolement) est positive (cela augmente l'énergie cinétique), sauf cas du ralentissement en bout de course où l'actionneur sert à diminuer l'EC.

Si présence d'un actionneur dans l'isolement, ou un modèle de dissipation (frottement sec ou visqueux), alors la puissance intérieure est non nulle.

Si uniquement des liaisons parfaites, alors $P_{int}=0$

Démarche de résolution :

- Si structure de type chaîne ouverte, il y a en général un actionneur (moteur ou vérin) par axe (DDL motorisé). On commence par isoler le dernier solide et appliquer le théorème de la résultante si celui-ci est en liaison glissière ou une équation de moment si liaison pivot avec le solide qui le précède dans la chaîne ouverte. Ensuite, on isole les deux derniers solides et ainsi de suite.
- Si structure de type chaîne fermée, on applique le théorème de l'énergie puissance. Il faut alors définir de manière précise le système isolé, faire un bilan des AME (guidage, pesanteur, actionneur, ...) et des puissances correspondantes (à présenter sous forme de tableau), puis des puissances intérieures. Les puissances intérieures sont non nulles si puissance dissipée (frottement sec ou visqueux) ou présence d'actionneur dans le système isolé.
- Pour le TEC, on isole généralement l'ensemble des pièces mobiles (tout sauf le bâti).
- Le TEC est à privilégier quand il y a un seul degré de liberté (une entrée entraîne une sortie)

Chapitre : engrenage

Apprendre la schématisation des engrenages cylindriques (axes parallèles), coniques (perpendiculaires concourants) et roue et vis sans fin (perpendiculaires non courants, en général non réversible). Une seule relation à savoir $D=m \cdot Z$ avec m qui est le module (en mm) qui est nécessairement le même pour tous les pignons qui engrenent entre eux (on ne peut pas faire fonctionner des grandes dents avec des petites dents), Z un entier qui caractérise le nombre de dents, et $D=2 \cdot R$ cercle de rayon R pour lequel on a RSG avec le pignon voisin.

On schématise les surfaces primitives celles pour lesquelles il y a roulement sans glissement (ici le glissement est interdit par l'obstacle constitué par la dent de l'engrenage).

Avec une figure plane de normale les axes de rotation (si cinématique plane), il est assez facile de deviner les sens de rotation. Engrenement extérieur, les deux pignons tournent en sens contraire, engrenement intérieur (couronne/pignon), même sens de rotation.

Si l'axe d'un pignon est mobile dans le référentiel bâti, il s'agit d'un train épicycloïdal, sinon train ordinaire. Il faut alors identifier ensuite le porte-satellites, et écrire les rapports de vitesse par rapport à ce porte-satellites. Ensuite composer les mouvements par rapport à bâti, et tenir compte des conditions aux limites (pignon encastré par exemple alors vitesse relative nulle).

Il est parfois demandé de retrouver les relations entrée/sortie à partir de l'hypothèse de roulement sans glissement (RSG). Partir du point de contact entre deux engrenages en spécifiant que sa vitesse de glissement est nulle. Puis changer de point en vous ramenant sur les axes de rotations.

Chapitre : technologie

Pour certains sujets, il est demandé d'analyser ou compléter des câblages pneumatique ou hydraulique. Ce sont en général des points faciles à gagner car peu de candidats abordent ces questions

Pneumatique : 5 ou 6 bars (5 ou 6 daN / cm²) ; air compressible donc pas d'asservissement possible (ni position, ni effort) ; application commande tout ou rien. L'air est pris dans l'atmosphère, filtré, comprimé, stocké puis utilisé avant d'être relâché dans l'atmosphère.

Hydraulique : 200 à 300 bars (200 à 300 daN / cm²) ; huile incompressible ; donc asservissement possible (position ou effort) ; application avec commande par une servo valve (débit piloté en sortie de la vanne). Le système dispose d'un réservoir d'huile à pression atmosphérique, puis l'huile est filtrée, comprimée, stockée dans un accumulateur à la pression haute avant d'être utilisée et retourne ensuite au réservoir. La viscosité de l'huile dépend fortement de la température donc parfois un système de régulation thermique se rajoute pour contrôler la température et la viscosité de l'huile.

Avec une transmission hydraulique (moteur thermique + pompe hydraulique) on peut ainsi faire tourner des moteurs hydrauliques (motorisation de roues) et en parallèle commander le déplacement d'un vérin (c'est le cas de beaucoup d'engins de chantier). La circulation de l'huile entraîne des dissipations liées aux pertes de charge, c'est pourquoi ce système n'est pas présent par exemple dans un véhicule de tourisme (transmission par engrenages, rendement de l'ordre de 98%).

Il faut connaître la schématisation des distributeurs (3/2 signifie 3 orifices et 2 positions donc 2 cases).

On distingue en pneumatique :

- Vérin double effet (deux canalisations reliant le vérin au distributeur de type alors 5/2).
- Vérin simple effet (rappel par ressort) (une seule canalisation qui relie le vérin au distributeur de type 3/2).

En hydraulique, ce sont toujours des vérins double effet (l'huile est trop difficile à pousser avec un ressort). Par contre, comme souvent on les utilise en asservissement et que la fonction de transfert $X(p)/Q(p)$ (position / débit volumique) = $1/(S.p)$ avec S la section utile (section du piston – section de la tige). Pour le réglage et le bon fonctionnement du système, on utilise assez souvent des vérins double tige caractérisés par la même section utile quelque soit le sens de déplacement (sinon on aurait des marges de stabilité différentes selon le sens de déplacement).

Tous les systèmes asservis disposent d'une ou plusieurs boucles de retour comportant en général un capteur.

Différents type de capteur :

- Analogique (par ex potentiomètre linéaire ou rotatif qui joue le rôle de diviseur de tension)(portail, direction assistée électrique, capsuleuse, ...). La résolution est fine (on peut détecter une petite variation du signal d'entrée = le mesurande). Ensuite bien souvent cette tension continue est convertie en un signal numérique par la carte d'acquisition.
- Codeur incrémental : signal numérique dont la résolution dépend du nombre de secteur. Il nécessite une prise d'origine (par exemple axe Emericc).
- Codeur absolu : signal numérique qui donne la position absolue dès le démarrage de la machine sans avoir besoin d'un protocole de prise d'origine.

Un document assez complet :

https://www.cpge-brizeux.fr/wordpress/wp-content/uploads/CI9_3_-capteurs-2018.pdf

Il faut savoir définir de manière précise : résolution, justesse, fidélité, précision, ..

Bon sens :

La sécurité est toujours primordiale pour beaucoup de système, cela permet de répondre à de nombreuses questions.

Avoir quelques idées d'ordre de grandeur, de pression, de temps de réponse, permet parfois de formuler une réponse argumentée. . (Par exemple, si vous trouvez une vitesse d'escalator d'environ 140m/s..., il faut tout de suite revérifier votre calcul ou commenter en disant que la valeur paraît aberrante par rapport à la vitesse de marche d'un humain (env. 1m/s)).

Il faut formuler des phrases simples du point de vue grammatical en évitant la multiplication des fautes d'orthographe et en se relisant. Une idée par phrase.

Les capteurs sont indispensables pour la boucle de rétroaction des systèmes asservis, nécessaire également pour des systèmes séquentiels (capsuleuse) pour détecter la fin d'un mouvement. Certains capteurs se justifient par la nécessité de détecter un dysfonctionnement (par exemple, dépression trop faible au niveau de la ventouse de préhension de la capsule du bocal, qui peut laisser penser que le système va lâcher lors du transfert). Le 3^{ème} cas, (pour l'oral de TP de SI, les bancs didactisés (prévus pour être utilisés par des étudiants) sont équipés de capteurs supplémentaires pour de la vérification de performance et permettre la comparaison des performances mesurées aux résultats simulés du modèle numérique.

Chapitre : asservissement

Toutes les FT (fonction de transfert) sont de type gain pur (proportionnalité aussi bien dans le domaine temporel que dans celui de Laplace entre l'entrée et la sortie), intégrateur (équivalence temporelle assez simple, passer de la vitesse à la position ou du débit à la position + division par la surface S), premier ordre et second ordre (on ne réalise jamais la résolution de l'équation différentielle du 1^{er} ou 2^{ème} ordre). Il est donc primordial de connaître parfaitement les résultats (réponses temporelles et diagramme de Bode de ces FT de base). Il est impératif de connaître par cœur les expressions littérales des gains et phase de ces FT. Toujours commencer par le littéral avant de passer à l'application numérique.

Les écarts diagramme asymptotique / courbe réelle pour les diagrammes de gain et phase du système du 1^{er} ordre sont également à connaître par cœur ($1/(100T)$, $1/(10T)$, $1/(2T)$, $1/T$, $2/T$, $10T$ et $100/T$).

Pour le second ordre, il faut apprendre la formule du dépassement, de la pulsation de résonance et savoir bien utiliser les abaques (dépassement et temps de réponse). Ne pas confondre les dépassements de la réponse temporelle présents si $z < 1$ et la présence de la résonance de la réponse fréquentielle si $z < 0.7$.

Connaitre les résultats concernant le retard pur : multiplication par $e^{-T.p}$, remplacement dans $s(t)$ de t par $t-T$, aucune modification du gain et phase négative proportionnelle à la pulsation.

Le calcul de l'écart s'effectue à l'aide de : $\varepsilon(p) = \frac{E(p)}{1+FTBO}$ il faut connaître le tableau de résumé de cours (influence de la classe et de l'ordre du signal sur la précision statique que l'on retrouve souvent difficilement à l'aide du théorème de superposition). $\varepsilon(p) = E(p) \cdot (1-FTBF)$ si on vient de vous demander de calculer la FTBF à la question précédente.

Le théorème de superposition permet de calculer deux FT qui ONT NECESSAIREMENT même dénominateur (celui qui caractérise la stabilité du problème, appelé polynôme caractéristique) et d'exprimer la sortie en fonction des deux entrées (principale et perturbation).

$$H(p) = \frac{1+2.p}{p^2 \cdot (3.p^2 + 2.p + 1)} : \text{classe 2, ordre 4}$$

La FTBO est uniquement le produit des FT de la boucle (retour compris). S'il existe une boucle plus interne, il faut intégrer dans la FTBO globale la FTBF de la boucle interne (par exemple celle qui modélise une MCC).

Ne jamais développer une FT qui est factorisée, ni pour le tracé du diagramme de Bode, ni pour la réponse temporelle sauf si besoin de calculer le coefficient d'amortissement.

Pour Bode, il faut tracer chaque FT en ayant soin de graduer tout d'abord les axes des abscisses, se donner une échelle pour représenter 20dB en ordonnée. Toute droite doit être tracée UNIQUEMENT si deux points sont définis de manière précise (abscisse et ordonnée). Les erreurs se situent souvent au niveau des intégrateurs. Ensuite écrire le gain et la phase (sans développer) de la FT globale de manière littérale et vérifier pour deux pulsations la correspondance entre le résultat numérique calculé et la valeur lue sur les courbes de gain et de phase. Il faut passer par cette étape de vérification, c'est le prix à payer pour avoir un diagramme de Bode juste qui conditionne souvent plusieurs questions.

Règle absolue, votre diagramme de Bode doit d'abord être tracé sur une feuille de brouillon que vous quadriller à la main (décade par décade) avant d'utiliser le document réponse (usage unique).

Pour la stabilité, 3 approches :

- Si on sait déterminer les pôles (racines de la FTBF), on conclut aussitôt en regardant le signe de la partie réelle des pôles.
- Si, un calcul de la FTBF a été effectué, on regarde si tous les monômes sont présents (par exemple, il ne manque pas le terme en p). Si un absent, le critère de Routh permet de conclure que le système est instable.
- Sinon étude des marges de la FTBO et application du critère du revers qui donnera une information sur le devenir en terme de stabilité du système quand celui-ci sera bouclé.

Si on passe du bon côté du point critique (marges positives), le système est stable même si les marges sont inférieures aux marges attendues.

Pour rendre le système stable, il faut en général, baisser le gain et/ou augmenter la phase.

Baisser le gain, cela revient à multiplier la FTBO non corrigée par un gain inférieur à un.

Pour améliorer la précision, il faut rajouter un (rarement deux) intégrateur à placer en amont du point d'entrée de la perturbation.

Attention, la fonction arc tangente de la calculatrice renvoie une valeur entre -90° et $+90^\circ$. Pour tant la phase pour $\omega > \omega_0$ pour un second ordre est inférieure à -90° (comprise entre -180° et -90°). Il faut donc prendre l'habitude de calculer la phase de chaque FT, se poser la question de la pertinence du résultat (soustraire 180° si nécessaire) et ensuite seulement sommer toutes les phases.

Conseils de révision :

Cela ne sert à rien de courir après des sujets si vous ne connaissez pas parfaitement les résultats de cours qui sont listés dans ce document. La bonne démarche :

- Apprendre le cours sur un chapitre
- Refaire quelques TD
- Refaire le DS correspondant et les dernières questions du DM qui ont souvent été laissées de côté.

Si après cela, en ne négligeant aucune matière, il vous reste encore du temps :

<https://www.upsti.fr/espace-etudiants/annales-de-concours>

Penser à préparer votre cartable avec gomme, règle, calculatrice avec piles neuves, convocation bien rangée, des trucs à grignoter, une petite bouteille d'eau (plusieurs masques). La veille d'une épreuve, on se détend et on part faire une grosse nuit de sommeil.

Dans les semaines qui précèdent les écrits, il faut respecter des règles très strictes afin de ne pas tomber malade juste avant les épreuves qui demande une bonne préparation et une certaine condition physique pour enchaîner les épreuves.

Bon courage pour les écrits