

# PROGRAMME DE COLLE EN PSI1

## SEMAINES S29-S20 DU 9 AU 20 MARS 2020

### TOUT le programme de classe préparatoire

#### REVISIONS

##### Automatique discrète :

###### LOGIQUE COMBINATOIRE

- Numération : binaire, hexadécimale, code Gray (binaire réfléchi), conversions
- Algèbre de Boole, logigramme

###### SED

- en révisions personnelles, exercices simples (TD le vendredi 13 mars)

##### Mécanique :

- Modélisation locale-globale : définition des torseurs locaux et globaux
- Intégration en cartésien, polaire ou cylindrique
- Frottement et arc-boutement sous 2 forces et 3 forces, position limite d'équilibre

##### Fonctionnement et modélisation des chaînes fonctionnelles :

- **Structure** : tout (globale qualitatif, d'un système automatisé, locale qualitatif d'une chaîne fonctionnelle, locale quantitatif d'un schéma fonctionnel puis du schéma-bloc), flux énergétique ou de signaux mesurables, unités, conversions.
- **Actionneurs** : MCC et vérins (principe de fonctionnement, nomenclature, schémas, équations)
- **Préactionneurs** : hacheur (schéma, principe de fonctionnement, simple quadrant/quatre quadrants, gain, distributeurs pneumatiques et hydrauliques)
- **Transmetteurs** : aspects technologique, cinématique et énergétique (linéaire/non-linéaire, structures classiques, principe de fonctionnement, loi entrée/sortie)
- **Capteurs** : position, vitesse, force (nom, principe de fonctionnement, grandeurs mesurées (mesurandes)/grandeurs restituées (mesures), mesurage direct/indirect, avantage/limite, gain et unité, conversion analogique/numérique)

# PROGRAMME DE COLLE EN PSI1

## SEMAINES S17-S18 DU 3 FÉVRIER AU 6 MARS

### 2020

#### Idem programme précédent +

- Tout sur l'opérateur d'inertie, sur les formules de cinétique et de dynamique, avantages et inconvénients des chemins de calcul.
- Organisation d'une résolution de problème de dynamique
  - Tracé des outils de réflexion et de calcul : graphe d'analyse et figures de calcul.
  - Distinction des objectifs : loi de mouvement ou actions de liaison
  - Loi de mouvement :
    - Énoncé argumenté d'une méthode de résolution (énergétique vs dynamique)
    - Énoncé structuré et argumenté d'une stratégie d'isollements (chaîne vs boucle, élimination vs préservation de variables, variables charnières communes aux isollements, en particulier : utilisation de l'hélicoïdale, etc.)
    - Dynamique : énoncé complet (et rigoureux) de l'expression en projection
    - Calculs menés en partant de l'expression en projection
    - Calculs structurés et argumentés (point 'fixe', Cdl, etc.)
- Équilibrage statique et dynamique : définition, condition de réalisation, technique d'équilibrage statique et dynamique, résolution
- Tous les transmetteurs rigides (engrenages, hélicoïdaux, crémaillère), souples (courroie, chaîne)

#### **D'ICI LES VACANCES D'HIVER** : programme précédent +

##### TOUTE LA MECANIQUE DE SUP ET DE SPE :

- Géométrie, cinématique du point, cinématique du solide,
- Modélisation des actions mécaniques (passage local-global pas revu), frottement sec (Coulomb, adhérence, etc.),
- Mobilité et staticité des mécanismes

##### STRUCTURE ET COMPOSANTS DES CHAINES FONCTIONNELLES

- Mesure de position, de vitesse, de force
- Actionneur : MCC et vérin
- Pré-actionneur : hacheur, contacteur, pneumatique juste abordé
- Conversion analogique/numérique, échantillonnage

# PROGRAMME DE COLLE EN PSI1

## SEMAINES S15-S16 DU 20 AU 31 JANVIER 2020

Toute la cinématique, statique, énergétique, théorie des mécanismes, contact réel avec frottement

### Dynamique (approche vectorielle)

- définition et expressions des éléments de réduction des torseurs cinétique et dynamique pour un point, un solide, un ensemble de solides
- formules vectorielles de dynamique à connaître pour un point, un solide, un ensemble de solides :
  - o moment cinétique en A (pt quelconque) ou en G (centre d'inertie)
  - o moment dynamique en A ou en G
  - o à partir des données inertielles en A ou en G
  - o chemins préférentiels et arguments de choix : à partir du 27 janvier
- calculs en projection : démarche pratique de calcul: à partir du 27 janvier

### Inertie (à traiter solide par solide)

- définition de l'opérateur d'inertie
- relativement à un repère associé à un solide, structure de la matrice d'inertie, expression et signification des moments et produits d'inertie
- utilisation des symétries pour simplifier la matrice d'inertie : à partir du 27 janvier
- expression d'un moment d'inertie autour d'un axe à partir de la matrice : à partir du 27 janvier
- formules de Huygens et Huygens généralisé: à partir du 27 janvier

### NB : pour les semaines 15 et 16

- les exercices ne concerneront que le TEC, argumentation comprise
- questions de cours seulement sur les définitions, expressions et significations des quantités d'inertie, cinétiques et dynamiques.

# PROGRAMME DE COLLE EN PSI1

## SEMAINES S13-S14 DU 6 AU 17 JANVIER 2020

### Dynamique

- Matière : point, solide, masse, centre de masse, symétrie matérielle, simplification uni- ou bidimensionnelle
- Énoncé du PFD : pour un point, pour un solide avec le torseur dynamique, pour un ensemble de solides

### Cinétique :

- Energie cinétique galiléenne d'un point, et d'un solide, d'un ensemble de solides
- Moment d'inertie : signification
- Cas particuliers : « en G », « autour d'un axe fixe », « en translation »
- Si mécanisme à mobilité unique : définition et calcul d'un moment d'inertie équivalent ramené sur un axe de mouvement et d'une masse équivalente ramenée sur une direction de mouvement.

### Puissance

- Puissances intérieures à un solide, à un ensemble de solides : définition et expression torsorielle par le point de vue galiléen et synthèse en référentiel local
- Puissances extérieures galiléennes : définition et expression torsorielle
- Cas particuliers à identifier (liaisons énergétiquement parfaites, actionneurs, RSG, etc.), en précisant bien solides, point et référentiel
- Rendement global d'une chaîne de transmission de puissance en régime permanent

### Théorème de l'énergie cinétique

- Expressions générales pour un point, un solide, un ensemble de solides
- Notations complètes indispensables !!

### Loi de mouvement

- Démarche générale pour obtenir une loi de mouvement : critère de choix entre PFD (théorèmes généraux) ou TEC

### Transmetteurs linéaires

- Définition et schématisation des transmetteurs classiques
- Principe de fonctionnement, données géométriques caractéristiques, hypothèses de fonctionnement
- Loi entrée/sortie cinématique : démonstration et résultat rapide à connaître
- Train épicycloïdal : à partir de la semaine du 14 janvier

### Transmetteurs non linéaires

- Définition et schématisation des transmetteurs classiques (bielle-manivelle, joint de Cardan, mécanismes quatre barres)
- Principe de fonctionnement, données géométriques caractéristiques, hypothèses de fonctionnement
- Loi entrée/sortie cinématique : par fermeture géométrique, projection, élimination, dérivation, simplification

# PROGRAMME DE COLLE EN PSI1

## SEMAINES S10-S12 (2/12 AU 13 /12)

### Théorie des mécanismes : tout

#### Statique

##### Mise en place du problème

- Graphe d'analyse ou Graphe des Liaisons et des Actions Mécaniques (GLAM)
- Condition de simplification d'un problème spatial en un problème plan, conséquences sur les torseurs
- Énoncé du PFS galiléen, du TRS et du TMS
- Solides en équilibre sous deux glisseurs, trois glisseurs : conséquences graphiques et analytiques
- Lois de Coulomb en glissement, en adhérence stricte et à la limite du glissement.

##### Types de problèmes à identifier et démarches associées

- Type 'guidage' ou dimensionnement des liaisons : nombre de PFS à écrire, degré d'hyperstaticité, détermination des inconnues de liaison en fonction des AM imposées, résolution 'à la main' ou 'matricielle'.
- Type 'loi de mouvement' : équilibre par actionneur, équilibre gravitaire (type balance), limite d'équilibre (basculement), contact avec frottement (utilisation de l'hypothèse de limite du glissement)

##### Résolution pour une chaîne (en autonomie)

- Modèle isostatique par construction : isolements par emboîtements successifs.

##### Résolution pour une boucle (en autonomie guidée jusqu'à la semaine 11)

- Étude préalable : isolement du « tout sauf le bâti » ? sinon recherche des équilibres sous « deux glisseurs », conséquences sur la diminution des inconnues de liaison (choix de la base adéquate pour les torseurs) puis « sous trois glisseurs » (arguments sur les liaisons et/ou sur la planéité)
- Recherche des sous-ensembles à isoler par élection de variables conservées (servant de charnières aux isolements) et élimination d'inconnues non cherchées (au bâti notamment)

##### Formalisation

- Justification du choix du théorème : 1- en fonction de la nature du mouvement des pièces lors de la rupture d'équilibre, 2- en fonction des variables « à éliminer » ou « à garder »
- Écriture sous forme de produits scalaires ou produits mixtes, résolution
- Vérification *a posteriori* de la cohérence des résultats sur des cas particuliers (homogénéité et signe)

##### **COMPLEMENTS : à partir du lundi 9 décembre, en question de cours seulement**

- **Énoncé du Principe Fondamental de la Dynamique et du Théorème de l'Énergie Cinétique**
- **Expression de l'énergie cinétique pour un solide en translation, en rotation autour d'un axe fixe galiléen, ou dans un mouvement quelconque exprimée au centre d'inertie (formule de König).**
- **Définition des puissances intérieures et extérieures à un solide, à un ensemble de solides**

# PROGRAMME DE COLLE EN PSI1

## SEMAINES S8-S9 (18-11 AU 29-11)

***Toute la mécanique de première année : autour des actions mécaniques en question de cours seulement pour ces deux semaines***

### Modélisation de la structure et du mouvement : généralité

- Géométrie : tout
- Liaisons : nomenclature, schématisation, repère adapté
- Torseur cinématique de liaison : structure, notation, unités, nombre de degrés de liberté, zone d'invariance
- Modélisation du contact (en révision personnelle) : glissement, roulement, pivotement puis adhérence, roulement sans glissement.
- Liaisons équivalentes : série et parallèle, par une approche cinématique uniquement.
- Réalisation d'un schéma cinématique plan ou spatial (en isométrie) à partir d'une description complète des mouvements ou des surfaces fonctionnelles, selon que le modèle est plan ou spatial

### Théorie des mécanismes

- Nombres cyclomatique : définition, expression et signification
- Degré d'hyperstaticité d'un modèle de mécanisme : origine et signification qualitative à partir du système d'équations issu de la fermeture cinématique
- Intérêts/inconvénients de l'hyperstaticité
- Degré (ou indice) de mobilité du modèle : définition, expression et signification
- Degré d'hyperstaticité : définition, expression et signification (à partir du rang  $r_c$  de la fermeture cinématique de boucle)
- Degré d'hyperstaticité : formule synthétique cas mono et multi boucles
- Restriction au cas plan.
- Grille de lecture : 'Mobilités utiles vs mobilités internes' pour les mécanismes motorisés, variables libres sinon.
- Rendre, ou pas, un modèle isostatique : localisation de l'hyperstaticité, proposition de modification de liaisons et vérification

# PROGRAMME DE COLLE EN PSI1

## SEMAINES S5-S7 (14-10 AU 15-11)

### Toute l'automatique continue de sup et de spé

- Performances et contraintes : précision, sensibilité, amortissement, stabilité. Critères et calculs sur FTBO ou FTBF. Choix à justifier.
- Correcteurs : transmittance, avantage inconvénient, actions combinées, réglage d'un correcteur proportionnel, d'un correcteur proportionnel intégral et d'un correcteur à avance de phase (démarche et formules à connaître).
- Notion de correction cascade : intérêt des boucles supplémentaires.

**Attention à bien définir ce qui se calcule sur la FTBO et sur la FTBF. Établir les correspondances entre les propriétés de la FTBO et celles de la FTBF.**

### À partir du lundi 4 novembre

**En plus du programme précédent, tout le programme de géométrie et de cinématique de sup :**

- Modélisation graphique des mécanismes : structure et liaison
- Torseurs : signification, réduction, comoment, automoment, glisseur, couple, etc.
- Liaisons : schématisation, torseurs cinématiques et d'AM transmissibles, dualité
- Révisions personnelles : modélisation analytique géométrique des mécanismes, détermination de loi entrée-sortie géométrique et cinématique par dérivation
- Liaisons équivalentes série et parallèle (uniquement par la cinématique)
- Cinématique du contact : glissement, adhérence, roulement, pivotement et les grandeurs associées
- Tout calcul de cinématique par dérivation ou Varignon + composition des mouvements.

# PROGRAMME DE COLLE EN PSI1

## SEMAINES S3-S4 ( SEPTEMBRE AU 11 OCTOBRE)

Idem programme précédent (notamment 'modélisation des systèmes')

### Positionnement des pôles de la FTBF

- Comportement de la réponse impulsionnelle lié à la position des pôles dans le plan complexe (partie réelle...)
- **Synthèse sur la simplification de modèle basé sur le positionnement relatif des pôles (réel/réel) et (complexes conjugués/complexes conjugués)**

### Stabilité d'une boucle

- Critère algébrique sur la FTBF : critère de Routh et ses conséquences : condition nécessaire de stabilité, CNS de stabilité pour les 1<sup>er</sup>, 2<sup>ème</sup> et 3<sup>ème</sup> ordres
- Équation caractéristique d'une boucle, justification de l'étude de la FTBO pour l'analyse de la stabilité de la FTBF (nécessité du retour unitaire équivalent).
- Définition des lieux représentant la FTBO (Bode + Nyquist et Black), position du point critique.
- Connaître les conséquences de l'ordre et de la classe de la FTBO sur chacun des lieux.
- Définir les marges de stabilité graphiquement sur les diagrammes de Bode. Connaître les ordres de grandeurs de la marge de gain et de la marge de phase attendues.
- **Synthèse sur l'influence d'une modification de gain, d'un déphasage, d'un retard, d'une intégration sur chacun des lieux. En déduire l'influence qualitative sur la stabilité de la boucle.**
- Lien entre marge de gain ou de phase et amortissement. Calculer  $\omega_{0dB}$  et en déduire  $M\phi$ . Calculer  $\omega_{-180}$  et en déduire MG (guidé en semaine 3).
- Savoir calculer une valeur optimale de correcteur proportionnel étant imposée la marge de phase ou la marge de gain : insuffisance dans le cas général de ce type de correction.
- **Synthèse sur le compromis nécessaire entre réactivité et stabilité**

### Précision

- Contexte : boucle (consigne → valeur contrôlée) mise conventionnellement à retour unitaire.
- Définition, à partir du signal d'écart, de l'erreur statique, de l'erreur en réponse à une rampe (ou de traînage), ou en parabole. Erreur en valeur vraie ou erreur relative à la valeur de consigne.
- Déterminer la transmittance donnant l'écart en fonction de la consigne
- Connaître le tableau de précision (signification de tous les paramètres !).
- **Synthèse sur l'influence du gain de boucle ouverte et des intégrateurs sur la précision.**

### Sensibilité aux perturbations

- Contexte : perturbation additive dans la chaîne directe d'une boucle. Point de vue indépendant de la performance de précision par application du principe de superposition.
- Lien entre l'écart et la sortie pour une consigne nulle
- Déterminer la transmittance donnant l'écart, ou la sortie, en fonction de la perturbation + démarche complète de calcul de l'erreur statique dans le cas de la perturbation en échelon. Généralisation à d'autres types de perturbation.
- **Synthèse sur l'influence du gain de boucle ouverte et des intégrateurs sur la sensibilité en fonction de leur position relative par rapport au point d'entrée de la perturbation dans la chaîne directe.**

**Synthèse sur les liens entre les propriétés de la boucle de commande, FTBF en poursuite et FTBF en régulation, et celles de la FTBO. CONNAITRE LES PONTS ENTRE FTBO ET FTBF**

**ACTUALISATION DU 6/ 10 : Réglage des correcteurs PI et avance de phase**

## Révision sur l'ingénierie système

- Lecture des diagrammes SysML : noms et rôles de chaque diagramme (des exigences, des cas d'utilisation, de définition de blocs, de blocs interne, de séquence)

## Signaux

- Tracé, expression des signaux usuels en temporel et symbolique, retardés et non retardés
- Identification graphique de signaux

## Systèmes

### Structure

- Chaîne fonctionnelle : fonctions et systèmes élémentaires classiques (MCC, réducteur, codeur, hacheur, etc.)
- Principe et intérêt du passage de la chaîne fonctionnelle au schéma fonctionnel puis au schéma-blocs
- Modèles de connaissance et de comportement
- Poursuite et régulation : consigne, perturbation, écart, ordre
- Hypothèses pour passer les équations temporelles dans le domaine de Laplace ; théorèmes généraux
- Énoncé et utilisation du principe de superposition.
- FTBO et FTBF d'une boucle : définition et expression ; retour unitaire comme structure canonique d'expression des questions d'analyse et de conception

### Approches algébrique et graphique

- Détermination de tout transfert sur un schéma-bloc à partir des équations temporelles
- Définition et forme canonique (normalisée) des transmittances : ordre, classe, généralisé, pôles, zéros, gain, gain statique
- Définition des réponses impulsionnelle, indicielle et harmonique ; expressions dans le domaine de Laplace
- Stabilité des systèmes (« si entrée bornée alors sortie bornée »), conséquence sur la partie réelle des pôles de la FTBF
- Évaluation des performances d'un système bouclé sur sa réponse indicielle : précision, rapidité, amortissement
- Identification indicielle des systèmes intégrateur, du 1<sup>er</sup> et du 2<sup>nd</sup> ordre avec formules ou avec abaques
- Calcul du gain et de la phase des modèles proportionnel, intégrateur, du 1<sup>er</sup> et du 2<sup>nd</sup> ordre, généralisé.
- Tracé des diagrammes de Bode asymptotiques en gain et en phase des modèles intégrateur, du premier et du second ordre ; allure du tracé réel
- Tracé des diagrammes de Bode asymptotiques en gain et en phase pour une transmittance factorisée quelconque ; allure du tracé réel
- Identification des systèmes par leur réponse harmonique : transmittance + paramètres choisis
- Équation caractéristique et détermination graphique des marges de stabilité si elles existent : très guidé dans les deux premières semaines.

## Modélisation des systèmes

- équations temporelles et symboliques du MCC, définitions et unités des grandeurs physiques associées

A partir de S2 :

- fonctionnement et transmittance des hacheurs, codeurs incrémentaux (y compris détermination du sens de rotation), transmetteurs linéaires vs non-linéaires
- simplification classique, avec les justifications, du MCC