

TABLE des MATIÈRES

Version du 15 août 2022 (16h25)

CHAPITRE 0. INTRODUCTION	- 0.1 -
0.1. Objet du cours	- 0.1 -
0.2. Rappels	- 0.1 -
CHAPITRE 1. BASES, VECTEURS ET OPÉRATIONS SUR LES VECTEURS	- 1.1 -
1.1. Bases orientées	- 1.1 -
1.1.1. Axe orienté	- 1.1 -
1.1.2. Plan orienté	- 1.1 -
1.1.3. Espace orienté	- 1.2 -
1.2. Scalaires et vecteurs	- 1.2 -
1.2.1. Scalaires	- 1.2 -
1.2.2. Vecteurs	- 1.2 -
A) Vecteur libre	- 1.3 -
B) Vecteur glissant	- 1.3 -
C) Vecteur lié	- 1.3 -
D) Vecteurs colinéaires	- 1.4 -
E) Vecteurs équipollents ou (géométriquement) égaux	- 1.4 -
F) Vecteurs opposés	- 1.4 -
G) Vecteurs réciproques	- 1.4 -
H) Vecteurs nuls	- 1.4 -
I) Vecteur unitaire	- 1.4 -
1.2.3. Algèbre vectorielle	- 1.4 -
1.2.4. Lois de l'algèbre vectorielle	- 1.6 -
1.3. Expressions analytiques d'un vecteur	- 1.6 -
1.3.1. Mesure d'un vecteur sur un axe	- 1.6 -
1.3.2. Projection d'un vecteur	- 1.7 -
A) Dans un plan	- 1.7 -
B) Dans l'espace	- 1.7 -
1.3.3. Composantes d'un vecteur	- 1.8 -
1.3.4. Expression analytique de la résultante	- 1.14 -
1.4. Opérations fondamentales sur les vecteurs	- 1.15 -
1.4.1. Produit scalaire	- 1.15 -
1.4.2. Produit vectoriel	- 1.17 -
1.4.3. Produit mixte	- 1.21 -
1.4.4. Double produit vectoriel	- 1.23 -
1.4.5. Division vectorielle	- 1.24 -
1.4.6. Produit composés	- 1.25 -
1.5. Fonctions vectorielles - Dérivées	- 1.25 -
1.5.1. Fonction vectorielle	- 1.25 -
1.5.2. Règles de dérivation	- 1.25 -

Exercices supplémentaires

CHAPITRE 2. FORCES ET MOMENTS DE FORCES	- 2.1 -
2.1. Notions de "force"	- 2.1 -
2.1.1. Généralités	- 2.1 -
2.1.2. Domaine d'application et unités de forces	- 2.1 -
A) Point matériel et solide	- 2.1 -
B) Unités de forces	- 2.1 -
2.1.3. Différents types de forces	- 2.2 -
2.2. Moments de forces	- 2.2 -

2.2.1. Introduction et définition	- 2.2 -
2.2.2. Moment d'une force par rapport à un point	- 2.3 -
A) Expression vectorielle	- 2.3 -
B) Expression analytique	- 2.5 -
C) Changement de centre de moment	- 2.5 -
2.2.3. Moment d'une force par rapport à un axe	- 2.7 -
A) Définitions	- 2.7 -
B) Expression vectorielle	- 2.8 -
C) Expression analytique	- 2.11 -

Exercices supplémentaires

CHAPITRE 3. SYSTÈMES DE FORCES	- 3.1 -
3.1. Vecteurs caractéristiques d'un système de forces	- 3.1 -
3.1.1. Définition	- 3.1 -
3.1.2. Vecteur "Résultante" des forces	- 3.2 -
3.1.3. Vecteur "Moment résultant"	- 3.3 -
3.1.4. Invariants d'un système de forces	- 3.3 -
3.2. Réduction d'un système de forces	- 3.5 -
3.2.1. Principe	- 3.5 -
3.2.2. Forces concourantes (Théorème de Varignon)	- 3.5 -
3.2.3. Axe Central d'un système de force.	- 3.7 -
3.2.4. Forces quelconques dans l'espace.	- 3.7 -
3.2.5. Forces coplanaires quelconques	- 3.13 -
3.2.6. Forces parallèles	- 3.16 -
A) Coplanaires	- 3.16 -
B) Forces parallèles dans l'espace.	- 3.19 -
C) Cas particulier : le couple de forces	- 3.20 -
3.3. Modifications à l'intérieur d'un système de forces	- 3.22 -
3.3.1. Changement du point d'application d'une force	- 3.22 -
3.3.2. Décomposition d'une force	- 3.23 -
3.3.3. Remplacement du vecteur moment.	- 3.24 -

Exercices supplémentaires

CHAPITRE 4. GÉOMÉTRIE DES MASSES	- 4.1 -
4.1. Description d'un système matériel.	- 4.1 -
4.1.1. Notion de point matériel	- 4.1 -
4.1.2. Systèmes matériels	- 4.1 -
4.1.3. Utilité de la géométrie des masses.	- 4.1 -
4.2. Centre de masse	- 4.2 -
4.2.1. Définition du centre de masse	- 4.2 -
A) Expression vectorielle	- 4.2 -
B) Coordonnées du centre de masse.	- 4.4 -
4.2.2. Centre de masse et centre de gravité	- 4.4 -
A) Champ gravifique uniforme	- 4.4 -
B) Solide homogène	- 4.6 -
4.2.3. Systèmes à symétrie matérielle.	- 4.7 -
4.2.4. Cas particuliers : les systèmes rectilignes et les systèmes plans	- 4.10 -
4.2.5. Théorèmes de Guldin	- 4.13 -
A) Premier théorème.	- 4.13 -
B) Second théorème	- 4.15 -
4.2.6. Principe de subdivision	- 4.17 -
4.3. Moments d'inertie	- 4.20 -

4.3.1. Introduction	- 4.20 -
4.3.2. Définition du moment d'inertie	- 4.20 -
4.3.3. Moment d'inertie d'un corps de révolution	- 4.24 -
4.3.4. Théorème de König-Huyghens (changement d'axe)	- 4.25 -
4.3.5. Rayon de giration	- 4.27 -
4.3.6. Moment d'inertie polaire	- 4.27 -
4.3.7. Produit d'inertie (moment d'inertie centrifuge)	- 4.28 -
4.3.8. Moments d'inertie par rapport à toutes les droites issues d'un point	- 4.29 -
4.3.9. Cas particuliers : les systèmes plans	- 4.30 -
A) Moments de surface (moment d'inertie statique ou quadratique)	- 4.30 -
B) Théorème de König-Huyghens (changement d'axe)	- 4.33 -
C) Produit d'inertie	- 4.35 -
D) Inertie polaire	- 4.36 -
E) Rayon de giration	- 4.37 -
4.3.10. Ordre de calcul	- 4.38 -

Exercices supplémentaires

CHAPITRE 5. STATIQUE DES CORPS INDÉFORMABLES	- 5.1 -
5.1. Conditions d'équilibre	- 5.1 -
5.1.1. Introduction	- 5.1 -
5.1.2. Conditions vectorielles d'équilibre	- 5.1 -
5.1.3. Equations d'équilibre	- 5.3 -
A) Dans un espace orthonormé $Oxyz$	- 5.3 -
B) Dans un plan orthonormé Oxy	- 5.3 -
C) Equilibre du point	- 5.3 -
5.1.4. Solide en équilibre sous l'action de deux forces	- 5.5 -
5.1.5. Solide en équilibre sous l'action de trois forces	- 5.6 -
5.1.6. Propriété remarquable	- 5.8 -
5.2. Les liaisons	- 5.9 -
5.2.1. Les forces de liaison	- 5.9 -
5.2.2. Isolement d'un solide	- 5.10 -
5.2.3. Cas des ensembles de solides	- 5.10 -
5.2.4. Les différents types d'appui	- 5.11 -
A) Généralités	- 5.11 -
B) Appui mobile dans le plan ou dans l'espace	- 5.11 -
C) Appui fixe dans le plan	- 5.11 -
D) Rotules ou articulations dans le plan et dans l'espace	- 5.12 -
E) Encastrement dans le plan et dans l'espace	- 5.12 -
F) Corde, fil, câble, courroie	- 5.13 -
G) Barre ou tige "bi-articulée" (rectiligne ou non)	- 5.13 -
H) Appui avec frottement	- 5.14 -
I) Appui intermédiaire	- 5.14 -
5.3. Résolution des problèmes de statique	- 5.15 -
5.3.1. Marche à suivre	- 5.15 -
5.3.2. Isostaticité - hyperstaticité	- 5.21 -
5.3.3. Cas particulier des ensembles de pièces	- 5.22 -
5.3.4. Cas des charges réparties	- 5.24 -
5.3.5. Superposition des effets de forces	- 5.27 -
5.4. Equilibre statique avec adhérence	- 5.29 -
5.4.1. Adhérence et glissement	- 5.29 -
5.4.2. Basculement	- 5.32 -
5.5. Théorème des travaux virtuels	- 5.34 -
5.5.1. Définition du travail	- 5.34 -

5.5.2. Principe des déplacements virtuels	- 5.35 -
5.6. Notions sur les systèmes triangulés	- 5.40 -
5.6.1. Définitions	- 5.40 -
5.6.2. Méthode de calcul des systèmes triangulés	- 5.41 -
A) Equilibre d'une barre	- 5.41 -
B) Equilibre d'un noeud	- 5.42 -
5.6.3. Méthodes des noeuds de Crémone (treillis simples)	- 5.42 -
5.6.4. Cas particuliers	- 5.44 -

Exercices supplémentaires

CHAPITRE 6. GRAPHOSTATIQUE	- 6.1 -
6.1. Principe. Notions de statique graphique	- 6.1 -
6.1.1. Objet	- 6.1 -
6.1.2. Principe	- 6.1 -
6.1.3. Rappels des conditions d'équilibre	- 6.1 -
6.1.4. Rappels des principes de réduction des systèmes de forces	- 6.2 -
6.2. Résolution des problèmes plans	- 6.6 -
6.2.1. Forces concourantes en un point	- 6.6 -
A) Premier cas	- 6.6 -
B) Second cas	- 6.6 -
C) Application importante	- 6.7 -
6.2.2. Forces parallèles	- 6.9 -
6.2.3. Forces coplanaires quelconques : droite de Culmann	- 6.10 -
6.2.4. Forces coplanaires quelconques : polygone funiculaire	- 6.12 -
A) Résultante et axe central d'un système de forces coplanaires	- 6.12 -
B) Conditions d'équilibre en graphostatique	- 6.14 -
6.3. Position du centre de masse de surfaces planes	- 6.19 -
6.4. Notions sur les systèmes triangulés	- 6.22 -
6.4.1. Définition et théorie	- 6.22 -
6.4.2. Méthodes des noeuds de Crémone (treillis simples) - Méthode graphique	- 6.22 -
6.5. Introduction à la graphostatique dans l'espace	- 6.25 -
6.5.1. Principe	- 6.25 -
6.5.2. Equilibre du point : système de "trois barres"	- 6.25 -

Exercices supplémentaires

CHAPITRE 7. MOUVEMENT SIMPLE DU POINT	- 7.1 -
7.1. Définitions	- 7.1 -
7.1.1. Introduction	- 7.1 -
7.1.2. Description du mouvement d'un point	- 7.1 -
A) Système d'axes de référence	- 7.1 -
B) Définition analytique du mouvement	- 7.1 -
C) Définition intrinsèque du mouvement	- 7.3 -
7.1.3. Vecteur vitesse	- 7.4 -
A) Définition	- 7.4 -
B) Expressions cartésienne et scalaire	- 7.7 -
C) Distance parcourue	- 7.7 -
7.1.4. Vecteur accélération	- 7.8 -
A) Définition	- 7.8 -
B) Expressions cartésiennes	- 7.9 -
C) Hodographe	- 7.9 -
7.2. Mouvement rectiligne	- 7.10 -
7.2.1. Généralités	- 7.10 -

7.2.2. Mouvement rectiligne uniforme (M.R.U.)	- 7.10 -
7.2.3. Mouvement rectiligne uniformément accéléré (M.R.U.A.)	- 7.12 -
7.2.4. Mouvement rectiligne apériodique	- 7.14 -
7.2.5. Mouvement rectiligne harmonique	- 7.15 -
7.3. Mouvement plan.	- 7.17 -
7.3.1. Généralités	- 7.17 -
7.3.2. Accélérations normale et tangentielle. Trièdre de Frenet.	- 7.20 -
7.3.3. Mouvement circulaire : étude générale	- 7.26 -
A) Description.	- 7.26 -
B) Expressions vectorielles.	- 7.28 -
7.3.4. Mouvement circulaire uniforme (M.C.U.)	- 7.30 -
7.3.5. Mouvement circulaire uniformément accéléré (M.C.U.A.)	- 7.33 -
7.3.6. Vitesse et accélération en coordonnées polaires	- 7.35 -
7.4. Mouvements dans l'espace.	- 7.38 -

Exercices supplémentaires

CHAPITRE 8. MOUVEMENT COMPOSE DU POINT	- 8.1 -
8.1. Mouvement relatif, d'entraînement et absolu	- 8.1 -
8.1.1. Introduction	- 8.1 -
8.1.2. Définitions	- 8.1 -
A) Le mouvement absolu.	- 8.2 -
B) Le mouvement relatif.	- 8.2 -
C) Le mouvement d'entraînement.	- 8.2 -
8.2. Composition des vitesses	- 8.3 -
8.2.1. Etude analytique	- 8.3 -
8.2.2. Expression vectorielle	- 8.3 -
8.2.3. Conseils pour le choix du trièdre mobile.	- 8.6 -
8.3. Composition des accélérations	- 8.8 -
8.3.1. Etude analytique et vectorielle.	- 8.8 -
8.3.2. Cas particuliers	- 8.12 -
8.4. Mouvement par rapport à la terre	- 8.15 -
8.4.1. Description du référentiel lié à la terre	- 8.15 -
8.4.2. Accélération "centrifuge"	- 8.16 -
8.4.3. Accélération de Coriolis	- 8.17 -
A) Chute d'un corps	- 8.17 -
B) Mouvement parallèle à la surface terrestre.	- 8.20 -
C) Pendule de Foucault (Expérience de 1851).	- 8.20 -

Exercices supplémentaires

CHAPITRE 9. MOUVEMENT DU SOLIDE	- 9.1 -
9.1. Cinématique d'un ensemble de points	- 9.1 -
9.1.1. Introduction	- 9.1 -
9.1.2. Equiprojectivité des vitesses	- 9.2 -
9.1.3. Degrés de liberté	- 9.5 -
9.1.4. Angles d'Euler	- 9.6 -
9.1.5. Vitesse et accélération d'un point : première approche	- 9.7 -
9.2. Mouvements simples du solide.	- 9.9 -
9.2.1. Translation.	- 9.9 -
9.2.2. Rotation	- 9.10 -
9.2.3. Conclusions	- 9.13 -
9.3. Mouvement plan du corps solide	- 9.13 -
9.3.1. Définition	- 9.13 -

9.3.2. Décomposition en une translation suivie d'une rotation	- 9.14 -
9.3.3. Décomposition en une suite de rotations infinitésimales	- 9.19 -
A) Principe de la méthode	- 9.19 -
B) Détermination et utilisation du C.I.R.	- 9.21 -
C) Discussion	- 9.22 -
D) Base et roulante	- 9.25 -
9.3.4. Mécanismes : relations de Roger	- 9.28 -
9.4. Mouvement composé du solide	- 9.33 -
9.4.1. Introduction	- 9.33 -
9.4.2. Expression analytique de la vitesse	- 9.33 -
A) Première approche	- 9.34 -
B) Seconde approche	- 9.34 -
9.4.3. Composition de deux translations	- 9.35 -
9.4.4. Composition de deux mouvements de rotation	- 9.35 -
A) Composition de deux rotations d'axes parallèles	- 9.36 -
B) Composition de deux rotations d'axes concourants	- 9.39 -
9.4.5. Composition d'un mouvement de translation et d'un mouvement de rotation	- 9.41 -

Exercices supplémentaires

CHAPITRE 9A. MOUVEMENT DU SOLIDE - APPLICATIONS	- 9A.1 -
9A.1. Système Bielle-Manivelle	- 9A.1 -
9A.1.1. Description et définition	- 9A.1 -
9A.1.2. Etude analytique du mouvement	- 9A.2 -
A) Mouvement de la tête de la bielle	- 9A.3 -
B) Mouvement du pied de la bielle	- 9A.3 -
C) Mouvement de la bielle autour du pied de bielle	- 9A.6 -
9A.2. Application aux trains d'engrenages	- 9A.9 -
9A.2.1. Définitions	- 9A.9 -
9A.2.2. Représentation algébrique des vecteurs angulaires	- 9A.10 -
9A.2.3. Résolution d'un problème simple	- 9A.10 -
9A.2.4. Méthode de l'arrêt ou méthode de Willis	- 9A.11 -
9A.2.5. Etude d'un train d'engrenages coniques	- 9A.13 -
A) Analytiquement	- 9A.13 -
B) C.I.R.	- 9A.14 -
C) Méthode de Willis	- 9A.16 -
9A.2.6. Trains épicycloïdaux	- 9A.17 -
A) Etude d'un mécanisme différentiel simple	- 9A.17 -
B) Réducteurs de vitesse épicycloïdaux	- 9A.22 -

Exercices supplémentaires

CHAPITRE 10. DYNAMIQUE DU POINT	- 10.1 -
10.1. Introduction	- 10.1 -
10.1.1. Définitions	- 10.1 -
10.1.2. Bases de la dynamique	- 10.1 -
10.2. Modèle Newtonien de la dynamique du point matériel	- 10.1 -
10.2.1. Grandeurs fondamentales	- 10.1 -
10.2.2. Les quatre principes de Newton	- 10.2 -
A) Premier principe (ou encore principe galiléen de l'inertie)	- 10.2 -
B) Deuxième principe (loi fondamentale de la dynamique)	- 10.2 -
C) Troisième principe (dit de l'indépendance des effets de force)	- 10.2 -
D) Quatrième principe (dit de l'action et de la réaction)	- 10.2 -
10.2.3. Systèmes d'axes "absolus" ou "inertiels"	- 10.5 -

10.2.4. Principe de d'Alembert	- 10.8 -
10.3. Equations différentielles du mouvement du point.	- 10.10 -
10.3.1. Principe d'utilisation	- 10.10 -
10.3.2. Méthode de résolution	- 10.11 -
10.4. Etude du mouvement rectiligne du point matériel	- 10.12 -
10.4.1. Théorie générale	- 10.12 -
10.4.2. Forces constantes.	- 10.12 -
10.4.3. Forces temporanées	- 10.14 -
10.4.4. Forces motionnelles	- 10.15 -
A) Par rapport à t	- 10.15 -
B) Par rapport à x	- 10.15 -
C) Résolution de l'équation différentielle.	- 10.16 -
10.4.5. Force positionnelle	- 10.19 -
A) Par rapport à x	- 10.19 -
B) Résolution de l'équation différentielle.	- 10.19 -
10.5. Etude du mouvement curviligne du point matériel	- 10.22 -
10.5.1. Point matériel libre	- 10.22 -
10.5.2. Point matériel lié	- 10.26 -
10.6. Théorèmes généraux de la dynamique du point.	- 10.30 -
10.6.1. Introduction	- 10.30 -
10.6.2. Principe fondamental de la dynamique - Théorème de la quantité de mouvement	- 10.30 -
A) Définition	- 10.30 -
B) Principe fondamental de la dynamique - Théorème	- 10.30 -
10.6.3. Théorème de l'énergie cinétique	- 10.34 -
A) Définition du travail effectué par une force.	- 10.34 -
B) Définition de la puissance	- 10.37 -
C) Définition de l'énergie cinétique	- 10.37 -
D) Théorème de l'énergie cinétique	- 10.38 -
10.6.4. Théorème du moment cinétique	- 10.41 -
A) Définition du moment cinétique.	- 10.41 -
B) Définition du moment dynamique	- 10.41 -
C) Théorème	- 10.41 -
10.7. Conservation de l'énergie	- 10.44 -
10.7.1. Classification des forces	- 10.44 -
A) Forces "qui ne travaillent pas" (puissance développée nulle)	- 10.44 -
B) Forces conservatives	- 10.44 -
C) Forces dissipatives.	- 10.46 -
10.7.2. Conservation de l'énergie dans le cas des forces conservatives	- 10.47 -
CHAPITRE 10A. DYNAMIQUE DU POINT - APPLICATIONS	- 10A.1 -
10A.1. Collisions.	- 10A.1 -
10A.1.1. Introduction.	- 10A.1 -
10A.1.2. Conservation de la quantité de mouvement.	- 10A.1 -
10A.1.3. Classification des collisions	- 10A.2 -
A) Collisions "élastiques"	- 10A.2 -
B) Collisions "inélastiques".	- 10A.2 -
C) Coefficient de restitution	- 10A.2 -
10A.1.4. Collisions élastiques à une dimension.	- 10A.3 -
10A.1.5. Collisions parfaitement inélastiques à une dimension (choc mou).	- 10A.6 -
10A.1.6. Collisions élastiques à deux dimensions	- 10A.9 -

Exercices supplémentaires

CHAPITRE 11. DYNAMIQUE DU SOLIDE	- 11.1 -
11.1. Introduction	- 11.1 -
11.2. Moment cinétique d'un solide	- 11.2 -
11.3. Equation du mouvement dans le cas de la rotation d'un solide	- 11.6 -
11.4. Principe de d'Alembert	- 11.9 -
11.5. Energie cinétique de rotation.....	- 11.9 -

Exercices supplémentaires

CHAPITRE 12. RÉSISTANCES PASSIVES	- 12.1 -
12.1. Introduction	- 12.1 -
12.2. Frottement de glissement des corps non lubrifiés	- 12.1 -
12.2.1. Direction et intensité de la force de frottement - Coefficient de frottement. ...	- 12.1 -
12.2.2. Angle et cône de frottement	- 12.3 -
12.2.3. Frottement dans les articulations cylindriques	- 12.8 -
A) 1 ^{ère} hypothèse : Contact suivant une génératrice.....	- 12.8 -
B) 2 ^{ème} hypothèse : Contact suivant une surface semi cylindrique : pression constante	- 12.9 -
C) 3 ^{ème} hypothèse : Contact suivant une surface semi cylindrique : pression cosinusoidale	- 12.10 -
D) En résumé	- 12.10 -
12.2.4. Résistance au pivotement.	- 12.12 -
A) Bon ajustement des surfaces	- 12.12 -
B) Usure des surfaces	- 12.13 -
12.3. Frottement des corps flexibles	- 12.15 -
12.4. Frottement de glissement des corps lubrifiés.....	- 12.18 -
12.5. Frottement de roulement	- 12.20 -
12.5.1. Essieu porteur	- 12.20 -
12.5.2. Essieu moteur.....	- 12.26 -
A) Cas 1 : sans charge à tracter.....	- 12.26 -
B) Cas 2 : avec charge à tracter.....	- 12.26 -
12.5.3. Essieu porteur et essieu moteur	- 12.29 -
A) Ensemble du véhicule.....	- 12.29 -
B) Sous-ensemble roue porteuse.....	- 12.31 -
C) Sous-ensemble roue motrice	- 12.31 -
D) Poids adhérent : définition	- 12.32 -

Exercices supplémentaires

ANNEXE 1 : MÉTHODOLOGIE D'APPROCHE DES APPLICATIONS

ANNEXE 2 : THÉORÈMES GÉNÉRAUX ET ANALOGIES

ANNEXE 3 : MOMENTS D'INERTIE PARTICULIERS

BIBLIOGRAPHIE