الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République Algérienne Démocratique et Populaire
People's Democratic Republic of Algeria
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
Ministère de l'Enseignement Supérieur
et de la Recherche Scientifique
Ministry of Higher Education and Scientific Research

LOGO
De l'université

عرض تكوين
ل. م . د

ماستر أكاديمية

برنامج وطني

(تحيين 2026-Bis)

المؤسسة	الكلية/ المعهد	القسم

الميدان	الفرع	التخصص
علوم وتكنولوجيا	هندسة مدنية	هياكل

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République Algérienne Démocratique et Populaire
People's Democratic Republic of Algeria
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
Ministère de l'Enseignement Supérieur
et de la Recherche Scientifique
Ministry of Higher Education and Scientific Research

LOGO
De l'université

OFFRE DE FORMATION
L.M.D

MASTER ACADEMIQUE

PROGRAMME NATIONAL

(Mise à jour 2026-Bis)

Etablissement	Faculté / Institut	Département

Domaine	Filière	Spécialité
Sciences et Technologies	*Génie civil*	*Structures*

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République Algérienne Démocratique et Populaire
People's Democratic Republic of Algeria
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
Ministère de l'Enseignement Supérieur
et de la Recherche Scientifique
Ministry of Higher Education and Scientific Research

LOGO
De l'université

Training Offer
L.M.D

ACADEMIC MASTER'S DEGREE

NATIONAL PROGRAMME

(2026-Bis Update)

Institution	Faculty / Institute	Department

Domain	Field	Specialisation
Science and Technology	***Civil Engineering***	***Structures***

I – Fiche d'identité du Master

Conditions d'accès

Filière	Master harmonisé	Licences ouvrant accès au master	Classement selon la compatibilité de la licence	Coefficient affecté à la licence
Génie civil	**Structures**	Génie civil	**1**	**1.00**
		Travaux publics	**2**	**0.80**
		Construction mécanique	**3**	**0.70**
		Autres licences du domaine ST	**5**	**0.60**

II – Fiches d'organisation semestrielles des enseignements de la spécialité

Semestre 1 : Master Structures

Unité d'enseignement	Matières / Intitulé	Crédits	Coefficient	Volume horaire hebdomadaire			Volume Horaire Semestriel (15 semaines)	Travail Complémentaire en Consultation (15 semaines)	Mode d'évaluation	
				Cours	**TD**	**TP**			**Contrôle Continu**	**Examen**
UE Fondamentale Code : UEF 1.1.1 Crédits : 8 Coefficients : 4	Mécanique des structures	4	2	1h30	1h30		45h00	55h00	40%	60%
	Dynamique des structures 1	4	2	1h30	1h30		45h00	55h00	40%	60%
UE Fondamentale Code : UEF 1.1.2 Crédits : 10 Coefficients : 5	Structures en béton armé 1	4	2	1h30	1h30		45h00	55h00	40%	60%
	Structures métalliques	6	3	3h00	1h30		67h30	82h30	40%	60%
UE Méthodologique Code : UEM 1.1 Crédits : 10 Coefficients : 6	**Programmation Avancée Python**	2	2	1h30		1h30	45h00	5h00	40%	60%
	Méthodes expérimentales	3	1			**2h30**	37h30	37h30	100%	
	Matériaux innovants et durabilité	4	2	1h30		1h30	45h00	55h00	40%	60%
	Gestion de l'Incertitude et Risques en Ingénierie	1	1	1h00			15h00	10h00		100%
UE Découverte Code : UED 1.1 Crédits : 1 Coefficients : 1	**Matière au choix**	1	1	1h00			15h00	10h00		100%
UE Transversale Code : UET 1.1 Crédits : 1 Coefficients : 1	Respect des normes et des règles d'éthique et d'intégrité	1	1	1h00			15h00	10h00		100%
Total semestre 1		**30**	**17**	**13h30**	**6h00**	**5h30**	**375h00**	**375h00**		

Semestre 2 Master Structures

Unité d'enseignement	Matières	Crédits	Coefficient	Volume horaire hebdomadaire			Volume Horaire Semestriel (15 semaines)	Travail Complémentaire en Consultation (15 semaines)	Mode d'évaluation	
	Intitulé			**Cours**	**TD**	**TP**			**Contrôle Continu**	**Exame n**
UE Fondamentale Code : UEF 1.2.1 Crédits : 11 Coefficients : 5	Elasticité	6	3	3h00	1h30		67h30	82h30	40%	60%
	Dynamique des structures 2	5	2	1h30	1h30		45h00	55h00	40%	60%
UE Fondamentale Code : UEF1.2.2 Crédits : 8 Coefficients : 4	Structures en béton armé 2	4	2	1h30	1h30		45h00	55h00	40%	60%
	Fondations et soutènements	4	2	1h30	1h30		45h00	55h00	40%	60%
UE Méthodologique Code : UEM 1.2 Crédits : 7 Coefficients : 4	Méthodes des éléments finis	4	2	1h30	1h30	1h00	**60h00**	**40h00**	40% (20%TD+20%TP)	60%
	Projet constructions métalliques	3	2	1h30		**1h00**	**37h30**	**37h30**	**70%	30%
UE Transversale Code : UET 1.2 Crédits : 4 Coefficients :4	**Lean start-up**	**2**	**2**	1h30	**1h30**		**45h00**	**05h00**	**80% (20% Atl + 60% Prj)**	**20%**
	Eléments d'IA appliquée	2	2	1h30	1h30		45h00	05h00	40%	60%
Total semestre 2		**30**	**17**	**13h30**	**9h00**	**3h30**	**390h00**	**360h00**		

***** Les séances de TP de la matière « **Projet constructions métalliques** », sont des séances d'encadrement présentielles et se déroulent sous forme d'atelier. Elles ne seront pas comptabilisées comme des séances de travaux pratiques conventionnelles.

Semestre 3 Master Structures

Unité d'enseignement	Matières	Crédits	Coefficient	Volume horaire hebdomadaire			Volume Horaire Semestriel (15 semaines)	Travail Complémentaire en Consultation (15 semaines)	Mode d'évaluation	
	Intitulé			**Cours**	**TD**	**TP**			**Contrôle Continu**	**Examen**
UE Fondamentale Code : UEF 2.1.1 Crédits : 10 Coefficients : 5	Béton précontraint	6	3	3h00	1h30		67h30	82h30	40%	60%
	Plasticité et endommagement	4	2	1h30	1h30		45h00	55h00	40%	60%
UE Fondamentale Code : UEF 2.1.2 Crédits : 8 Coefficients : 4	Génie parasismique	4	2	1h30	1h30		45h00	55h00	40%	60%
	Ouvrages spéciaux	4	2	1h30	1h30		45h00	55h00	40%	60%
UE Méthodologique Code : UEM 2.1 Crédits : 9 Coefficients : 5	Projet structures en béton armé	6	3	1h30		*3h00	67h30	82h30	*70%	30%
	Modélisation des structures	3	2			3h00	45h00	30h00	100%	
UE Transversale Code : UET 2.1 Crédits:3 Coefficients : 3	Recherche documentaire et conception de mémoire	1	1	1h00			15h00	10h00		100%
	Reverse Engineering	2	2	1h30	1h30 Atelier		45h00	05h00	40%	60%
Total semestre 3		**30**	**17**	**11h30**	**6h00**	**7h30**	**375h00**	**375h00**		

***Les séances de TP de la matière « **Projet structures en béton armé** », sont des séances d'encadrement présentielles et se déroulent sous forme d'atelier. Elles ne seront pas comptabilisées autant que séances de travaux pratiques conventionnelles.

Panier au choix des matières des Unités découvertes UEM 1.1 (S1)

1. *Pathologies et réhabilitation des structures*
2. *Gestion des incertitudes et risque d'ingénierie*
3. *Risques naturels et technologiques*
4. *Thermique du bâtiment*

Semestre 4

Stage en entreprise ou dans un laboratoire de recherche sanctionné par un mémoire et une soutenance.

	VHS	Coeff	Crédits
Travail Personnel	550	09	18
Stage en entreprise ou dans un laboratoire	100	04	06
Séminaires	50	02	03
Autre (Encadrement)	50	02	03
Total Semestre 4	750	17	30

Ce tableau est donné à titre indicatif

Evaluation du Projet de Fin de Cycle de Master

- Valeur scientifique (Appréciation du jury) /6
- Rédaction du Mémoire (Appréciation du jury) /4
- Présentation et réponse aux questions (Appréciation du jury) /4
- Appréciation de l'encadreur /3
- Présentation du rapport de stage (Appréciation du jury) /3

III - Programme détaillé par matière du semestre S1

Semestre:1
Unité d'enseignement: UEF 1.1.1
Matière1: Mécanique des Structures
VHS: 45h00 (Cours: 1h30, TD: 1h30)
Crédits: 4
Coefficient: 2

Objectifs de l'enseignement:

Le programme proposé permet de renforcer les connaissances de l'étudiant en calcul des structures, d'acquérir des méthodes matricielles et itératives visant la résolution des systèmes hyperstatiques.

Connaissances préalables recommandées:

Notions de mathématiques appliquées, Résistance des matériaux.

Contenu de la matière:

Chapitre 1 : Introduction sur l'analyse des structures **(2semaines)**

Chapitre 2 : Relations différentielles, calcul des flèches et rotations, théorie du potentiel interne, Théorème de Castigliano, Énoncé de Menabrea **(3 semaines)**

Chapitre 3 : Méthode des forces **(2 semaines)**
(Notion de liaison surabondante interne, méthodes de simplification de calcul: méthode du centre élastique, cas où la sollicitation est un déplacement généralisé, cas des variations de température)

Chapitre 4 : Méthode des déplacements **(2 semaines)**

Chapitre 5 : Méthodes itératives **(2 semaines)**

Chapitre 6 : Poutres continues sur appuis élastiques **(2 semaines)**

Chapitre 7 : Calcul des structures en arc **(2 semaines)**

Mode d'évaluation:

Contrôle continu: 40% ; Examen: 60%.

Références bibliographiques:

1. *Résistance des matériaux appliquée, tome1, M.ALBIGES,CITBTP.*
2. *Résistance des matériaux, tome1,J. COURBON,Dunod.*
3. *Résistance des matériaux, V.FEODOSSIEV, MIR-Moscou*
4. *Structures analysis, A.GHALI, NEVILLE, BROWN, Spon -Press.*
5. *Problèmes de résistance des matériaux, MIROLIOUBOV, MIR-Moscou.*
6. *Analyse des structures, ARAM SAMIKIAN,Gaetan Morin.*
7. *Résistance des matériaux, KERGUIGNAS, Dunod.*
8. *Leçons sur la résistance des matériaux, tome3, E. DREFFUSS.*
9. *Problèmes de résistance des matériaux, tome1 et 2, GIET, Dunod.*
10. *Eléments de la résistance des matériaux, J. COURBON, Dunod.*

Semestre:1
Unité d'enseignement: UEF 1.1.1
Matière2: Dynamique des Structures 1
VHS: 45h00 (Cours: 1h30, TD: 1h30)
Crédits: 4
Coefficient: 2

Objectifs de l'enseignement:

L'objectif de ce cours est de présenter les méthodes permettant le calcul et le comportement des structures soumises à des sollicitations dynamiques. L'étude des vibrations de systèmes linéaires, et la réponse d'une structure à un degré de liberté soumise à divers types de chargement (constante, périodique, impulsionnelle), en vue de maîtriser la conception des ouvrages soumis à des chargements dynamiques.

Connaissances préalables recommandées:

Résistance des Matériaux; Méthodes Numériques.

Contenu de la matière:

Chapitre : 1 Introduction et généralistes **(3 semaines)**

- Définition d'un problème dynamique

(Chargement dynamique, Structure ou système dynamique, Degré de liberté d'un système, Coordonnées généralisées

- Procédure générale d'une analyse dynamique

(Modélisation en dynamique, Formulation de l'équation de mouvement, Résolution des équations différentielles du mouvement, Interprétation et exploitation des résultats)

Chapitre 2 : Systèmes à un seul degré de liberté **(6 semaines)**

- Formulation de l'équation de mouvement
- Vibrations libres

(Vibrations libres non-amorties, Vibrations libres amorties, Le décrément logarithmique)

- Vibrations Forcées

(Excitation harmonique, Excitation impulsive, Excitation dynamique quelconque)

- Réponse au mouvement d'un support

(Excitation harmonique du support, Excitation sismique du support)

- Spectre de réponse

Chapitre 3 : Systèmes à plusieurs degrés de liberté **(6 semaines)**

- Formulation des équations de mouvement
- Evaluation des matrices [M], [K], [C] et vecteur de force {P}

(Matrice de rigidité [K], Matrice de masse [M], Matrice d'amortissement [C], Vecteur des forces extérieures {P})

Mode d'évaluation :

Contrôle continu : 40% ; Examen : 60%.

Références bibliographiques :

1 ***J. BETBEDER-MATIBET et J.L. DOURY*** *Constructions parasismiques, Techniques de l'Ingénieur, traité Contruction.*

2 ***Clough P. W. et Penzien J.****, Structural Dynamics, Computers and Structures Inc, Berkeley, 2001*

3 ***Chopra, A.K.****, Dynamics of Structures - Theory and Application to earthquake engineering, Prentice Hall, New Jersey*

4 ***RPA-99 (2004).*** *Règles Parasismiques Algériennes 1999. Centre National de Recherche Appliquée en Génie Parasismique, Alger.*

5 ***Filialtrault****, Éléments de génie parasismique et de calcul dynamique des structures, Presses internationales Polytechnique 1996.*

6 ***Eurocode 8*** *:Design of structures for earthquake resistance, European Committee for Standardization, NF EN 1998-1 Sept 2005*

7 ***EL. Wilson****, 3-D Static and dynamic analysis, Computers & Structures, 1996.*

Semestre:1
Unité d'enseignement: UEF 1.1.2
Matière1: Structures en Béton Armé 1
VHS: 45h00 (Cours: 1h30, TD: 1h30)
Crédits: 4
Coefficient: 2

Objectifs de l'enseignement:

L'objectif de cette matière est d'apprendre aux étudiants la conception et le dimensionnement des différents éléments de structure en béton armé dans un bâtiment tout respectant les différents règlements de construction.

Connaissances préalables recommandées:

Résistance des matériaux, Béton armé

Contenu de la matière:

Chapitre 1 : Calcul des planchers dalles et planchers champignons **(3 semaines)**

- Description et dispositions constructives des planchers dalles
- Description et dispositions constructives des planchers champignons
- Calcul des dalles
  (Méthode forfaitaire du BAEL, Méthode de Pigeaud, Méthode des lignes de rupture)

Chapitre 2 : Calcul des portiques en béton armé sous les charges verticales **(3 semaines)**

- Introduction
- Répartition des charges verticales sur les traverses
- Calcul des portiques par la méthode de Caquot
- Combinaisons des sollicitations et détermination des moments max sur appui des poutres et en travée

Chapitre 3 : Calcul des portiques sous les charges horizontales **(3 semaines)**

- Introduction
- Notion du centre de torsion
- Répartition des forces horizontales de niveau sur les portiques par la méthode du centre de torsion
- Calcul des portiques sous les forces horizontales par la méthode de Muto

Chapitre 4 : Dispositions règlementaires relatives aux poteaux et poutres **(3 semaines)**

- Les combinaisons des actions (BAEL et RPA 99)
- Dispositions règlementaires relatives aux poteaux
- Dispositions règlementaires relatives aux poutres

Chapitre 5. Fondations superficielles **(3 semaines)**

- Semelle sous mur ; Semelle isolée sous Poteau ;
- Semelle filante sous poteaux ; Radier.

Mode d'évaluation:

Contrôle continu: 40% ; Examen: 60%.

Références bibliographiques:

1. *Reinforced and Prestressed concrete'; par FK KONG and RH EVANS; 3rd edition, Van Nostrand Reinhold international, London.*
2. *Reinforced Concrete Design'; par WH MOSELY and JH BUNGEY; Fourth edition, MacMillan*
3. *Traité de Béton Armé'; par R LACROIX, A.FUENTES et H THONIER; Editions Eyrolles, Paris.*
4. *'Pratique du BAEL' ; J.PERCHAT et J.ROUX ; Editions Eyrolles,Paris.*

Semestre:1
Unité d'enseignement: UEF 1.1.2
Matière2: Structures métalliques
VHS: 67h30 (Cours: 3h00, TD: 1h30)
Crédits: 6
Coefficient: 3

Objectifs de l'enseignement:

A l'issu de l'enseignement de cette matière, les connaissances acquises doivent permettre à l'étudiant de dimensionner correctement les éléments de structure d'un ouvrage en charpente métallique.

Connaissances préalables recommandées:

Pour pouvoir suivre cet enseignement, il nécessaire d'avoir des notions sur : les matériaux utilisés en CM ; les bases de calcul des ossatures en CM ; les classes de résistance des sections transversales ; les résistances de calcul des sections transversales et des éléments ;les assemblages.

Contenu de la matière:

Chapitre 1 : Conception et calcul des assemblages poutre – poteau **(3 semaines)**
(Assemblage poutre – poteau soudé, Assemblage poutre – poteau par platine d'extrémité boulonnée

Chapitre 2 : Conception et calcul des pieds de poteaux **(3 semaines)**
(Pieds de poteaux articulés, Pieds de poteaux encastrés)

Chapitre 3 : Conception et calcul des chemins de roulement : **(2 semaines)**
(Classification des ponts roulants, Actions sur la poutre de roulement, Calcul de la poutre de roulement, Poutres de freinage, Résistance des au voilement par cisaillement, Résistance des âmes aux charges transversales)

Chapitre 4 : Planchers mixtes **(3 semaines)**
(Conception et calcul de la poutre mixte, Calcul de la connexion)

Chapitre 5 : Ouvrages en charpente métallique **(2 semaines)**
(Bâtiments industriels en charpente métallique, Bâtiments, multi - étagés en charpente métallique)

Chapitre 6 : Méthodes d'analyse des structures en charpente métallique **(2 semaines)**
(Classification des structures, Choix de la méthode d'analyse, Prise en compte des imperfections dans le calcul des sollicitations)

Mode d'évaluation:

Contrôle continu: 40% ; Examen: 60%.

Références bibliographiques:

1. *J. MOREL : Calcul des Structures Métalliques selon l'EUROCODE 3.*
2. *P. BOURRIER ; J. BROZZETTI : Construction Métallique et Mixte Acier–Béton – Tomes 1 et 2 – EYROLLES.*
3. *Document Technique Réglementaire – DTR – BC 2.44 – Règles de Conception et de Calcul des Structures en Acier « CCM97 ».*
4. *Document Technique Réglementaire – DTR – BC 2-4.10 – Conception et Dimensionnement des Structures Mixtes Acier-Béton.*
5. *EUROCODE N°3 – Calcul des Structures en Acier – Partie 1-8 : Calcul des assemblages*

Semestre: S1
Unité d'enseignement: UET 1.1.1
Matière : Programmation avancée en Python
VHS: 45h00 (Cours 1h30, TP 1h30)
Crédits: 2
Coefficient: 2

Objectifs de la matière :

Compétences visées :

- Utilisation des outils informatiques pour l'acquisition, le traitement, la production et la diffusion de l'information
- Compétences en Python et gestion de projets,
- Compétences en automatisation et visualisation de données.

Objectifs :

- Approfondir la maîtrise du langage Python et initier les étudiants aux bases de l'analyse de données et de l'intelligence artificielle.
- Acquérir les bases de solides en informatique.
- Apprendre à programmer en Python, Excel
- Maitriser l'automatisation de tâches
- Maitriser un logiciel de gestion de projets

Matériels nécessaires :

- Un ordinateur avec Python installé,
- Bibliothèques Python : NumPy, Pandas, Scikit-learn, Matplotlib, os.listdir, os.path.exists, os.mkdir, os.rmdir, Matplotlib, Seaborn, Plitly , Request, Beautiful Soup, Tkinter, PyQT, …
- Tensorflow, PyTorch, …

Prérequis : Programmation Python,

Contenu de la matière :

Chapitre 1 : Rappels sur la programmation en Python (02 Semaines)

1. Introduction : Concepts de base en informatique et outils numériques, installation de Python.
2. Présentation de la notion de système d'exploitation : Roles, types (Linux, Woindows , ..) Gestions des priorités,
3. Présentations des réseaux informatiques (Principe, Adresse IP, DNS, internet, …)
4. Programmation de base : Mode interactif et mode script, Variables, types de données, opérateurs. Structures conditionnelles et boucles (if, for, while).
5. Fonctions et éléments essentiels : Fonctions prédéfinies et création de fonctions. Modules standards (math, random). Chaînes de caractères, listes, manipulation de base des données.
6. Les Fichiers , Listes Tuples, dictionnaires,
7. Exercices :
   - Exercices d'apprentissage de Python
   - Exercices d'utilisation des bibliothèques vus au cours (Math, Random, NumPy, Pandas,…)
   - ….

Chapitre 2 : Programmation et automatisation (04 semaines)

1. Principes d'Automatisation de tâches
   - Bibliothèques Python pour l'automatisation :
     - ✓ Pandas et NumPy.

- ✓ Os, shutil : manipulation de fichiers et dossiers
- ✓ Openpyxl ou pandas : travail avec des fichiers Excel ou CSV

- Définitions et exemples d'automatisation (envoi de mails,…)

2. Manipulation de fichiers avec Python :

- Utiliser les librairies pour :
  - ✓ Parcourir un dossier (os.listdir)
  - ✓ Vérifier l'existence d'un fichier ou dossier (os.path.exists)
  - ✓ Créer ou supprimer des dossiers (os.mkdir, os.rmdir)
  - ✓ Visualiser des données : Matplotlib, Seaborn, Plitly
  - ✓ Request pour réagir avec des Interface de Programmation d'Application (API)
  - ✓ Beautiful Soup pour le Scraping de données
  - ✓ Tkinter, PyQT pour visualiser des données graphiques
- Copier ou déplacer des fichiers avec shutil…
- Recherche, tri et génération de rapports simples.
- Sérialisation et Désérialisation (Utilisation du module pickle).
- Sérialisation d'objets et traitement de fichiers volumineux (streaming).
- ….

3. Exercices :

- Utilisation de openpyxl et pandas pour lire, modifier et écrire des fichiers Excel ou CSV pour :
  - ✓ Créer des rapports automatiques
  - ✓ Extraire automatiquement des données
  - ✓ ….
- Ecriture de scripts pour :
  - ✓ traiter des fichiers textes (recherche, tri)
  - ✓ automatiser des calculs techniques
  - ✓ gérer des rapports simples (PDF, Excel)
  - ✓ ….
- Algorithmes de tri, de recherche et de tri par insertion
- Implémenter une fonction de recherche dans une liste.
- Opération sur les fichiers
- Navigation sécurisée (configuration de réseaux simples, gestion des mots de passe)
- ….

Chapitre 3 : Apprentissage avancé d'Excel (02 semaines)

1. Principes des macros et création d'une macro simple,

2. Tableaux croisés dynamiques,

3. Histogrammes,

4. Diagrammes en barres,

5. Araignée,

6. Etc.

7. Exercices Excel ….

Chapitre 4 : Apprentissage de GanttProject (02 semaines)

1. Introduction à la gestion de projets :

- Qu'est-ce qu'un projet ?
- Quels sont les enjeux de gestion d'un projet ?
- Interface de GanttProject

2. Les tâches (création, modification ,organisation)
3. Gestion du temps (dates de début ou de fin de projet)
4. Gestion des ressources
5. **Exercices** sur Gantt Project

Chapitre 4 : Programmation orientée objet avancée (03 semaines)

1. Organisation du code :
   - Fonctions personnalisées, paramètres, valeur de retour.
   - Modules, importations et packages.
2. Structures de données complexes :
   - Listes, tuples et dictionnaires : création, modification, suppression, parcours.
3. Concepts fondamentaux de la Programmation orientée objet (POO) :
   - Classes, objets, attributs et méthodes.
   - Attributs publics, privés et protégés.
4. Méthodes spéciales :
   - **init**, **str**, **repr**, **len**.
5. Concepts avancés :
   - Encapsulation, abstraction, héritage, polymorphisme.
   - Héritage avancé, décorateurs, design patterns, métaclasses.
6. **Exercices**

Chapitre 5 : Introduction aux données pour l'IA (02 semaines)

1. Introduction aux Datasets courants en IA :
   - Iris, MNIST, CIFAR-10, Boston Housing, ImageNet.
2. Prétraitement des données pour le Machine Learning:
   - Nettoyage, normalisation, encodage, séparation des données.
   - Validation croisée (cross-validation).
3. Techniques de Feature Engineering :
   - Sélection, création de caractéristiques, réduction de dimension.
4. Bibliothèques essentielles pour le développement des modèles IA:
   - scikit-learn, TensorFlow, Keras, PyTorch
5. **Exercices**

Travaux pratiques :

TP 01 : Maîtriser les bases de la programmation en Python

(Structures de contrôle, types, boucles, fonctions simples)

1. Initiation
2. Lire et traiter des fichiers textes
3. Gérer des rapports simples (PDF, Excel)

TP 02 :

- Elaborer un cahier de charges d'un mini projet d'automatisation de tâches avec Python consistant à identifier et à envoyer automatiquement des rapports par email avec Python :

1. Charger les données depuis un fichier (ex : mesures expérimentales),
2. Effectuer des statistiques simples sur les données (moyenne, écart-type avec interprétation),
3. Générer un graphique,
4. Envoi du résultat avec Python.

TP 03 :

1. Programmation ex Excel du tableau de bord vu en TD
2. Création de tableaux Excel automatisés
3. Macros simples,
4. Formules conditionnelles,
5. Recherche V.

TP 04 :

organiser une réunion en Ganttproject

1. Créer un nouveau projet :
    - Nom du projet : « Réunion …..
    - Date de début : Date et heure de la réunion
    - Durée estimée : durée totale de la réunion
2. Définition des tâches
    - Points à l'ordre du jour (chaque point de l'ordre du jour devient une tâche)
    - Sous-taches : Si un point est composé, créer alors les sous-tâches correspondantes
    - Tâches initiales et finales (par exemple : « Accueil de participants », « clôture de la réunion »)
3. Définition des ressources :
    - Participants (chaque participant est une ressource)
    - Matériel (ordinateur, datashow…)
4. Estimation des durées :
    - Durée de chaque point : temps nécessaire pour chaque point de l'ordre du jour
    - Temps de transition d'un point à l'autre
5. Création du diagramme de Gantt :
    - Visualiser l'ordre du jour
    - Identifier les points clés
6. Suivre l'avancement en temps réel (projection du Diagramme de Gantt)

TP 05 : Structures avancées et organisation du code

(Fonctions personnalisées, dictionnaires, modules et organisation modulaire

TP 06 : Programmation orientée objet avancée en Python

(Encapsulation, héritage, méthodes spéciales, design patterns simples)

TP 07 : Manipulation de fichiers et analyse de données

(Lecture/écriture de fichiers, traitement de texte, introduction à Pandas et NumPy)

TP 08 : Préparation et traitement de données pour l'intelligence artificielle

(Chargement de datasets IA, nettoyage, transformation, sélection de caractéristiques)

Projet final

20

Titre : Analyse et visualisation d'un jeu de données + modèle prédictif simple
Compétences mobilisées : Lecture de données, POO, structures avancées, Pandas, Scikit-learn.
(Présentation orale + rapport écrit).

Mode d'évaluation :

examen 60% , CC=40%

Bibliographie

[1] . E.Schultz et M.Bussonnier (2020) : Python pour les SHS. Introduction à la programmation de données. Presses Universitaires de Rennes.

[2] . C.Paroissin, (2021) : Pratique de la data science avec R : arranger, visualiser, analyser et présenter des données. Paris : Ellipses, DL 2021.

[3] . S.Balech et C.Benavent : NLP texte minig V4.0, (Paris Dauphine – 12/2019) : lien : https://www.researchgate.net/publication/337744581_NLP_text_mining_V40_-_une_introduction_-_cours_programme_doctoral

[4] . Allen B. Downey Think Python: How to Think Like a Computer Scientist, O'Reilly Media, 2015;

[5] . Ramalho, L.. Fluent Python. " O'Reilly Media, Inc.", 2022;

[6] . Swinnen, G.. Apprendre à programmer avec Python 3. Editions Eyrolles, 2012;

[7] . Matthes, E. Python crash course: A hands-on, project-based introduction to programming. no starch press, 2019

[8] . Cyrille, H. (2018). Apprendre à programmer avec Python 3. Eyrolles, 6ème édition. ISBN: 978-2212675214

[9] . Daniel, I. (2024). Apprendre à coder en Python, J'ai lu

[10] . Nicolas, B. (2024). Python, du grand débutant à la programmation objet Cours et exercices corrigés, 3eme édition, Ellipses

[11] . Ludivine, C. (2024). Selenium Maîtrisez vos tests fonctionnels avec Python, Eni

Ressources en ligne :

- Documentation officielle Python : docs.python.org
- Exercices Python sur Codecademy : codecademy.com/learn/learn-python-3
- W3Schools Python Tutorial : w3schools.com/python/

Semestre:1
Unité d'enseignement: UEM1.1
Matière2: Méthodes expérimentales
VHS: 22h30 (TP: 1h30)
Crédits: 2
Coefficient: 1

Objectifs de l'enseignement:

Cette matière apporte à l'étudiant certains outils expérimentaux pour la caractérisation rhéologiques et mécaniques de certains matériaux et leur durabilité.

Connaissances préalables recommandées:

Matériaux de construction enseignés en licence

Contenu de la matière:

Chapitre 1 : Essais sur les bétons autoplaçants à l'état frais **(5 semaines)**

- Etalement au cône d'Abrams
- Boite en L
- Stabilité au tamis

Chapitre 2 : Essai de durabilité sur béton **(5 semaines)**

- Attaques chimiques
- Corrosion induite par carbonatation

Chapitre 3 : Essais mécanique sur mortiers et bétons et valorisation des matériaux
Mortier et béton avec ciment portland et avec matériaux de substitution au ciment **(5 semaines)**

Mode d'évaluation:

Contrôle continu: 100 % ;

Références bibliographiques:

1. *Association Française de Génie Civil (AFGC), Recommandations pour l'emploi des bétons auto-plaçants, Documents scientifiques et techniques, (2008).*
2. *Association Française de Génie Civil (AFGC), Conception des bétons pour une durée de vie donnée des ouvrages Documents scientifiques et techniques, (2004)*

Semestre:1
Unité d'enseignement: UEM1.1
Matière3: Matériaux innovants
VHS: 45h00 (Cours: 1h30, TP: 1h30)
Crédits: 4
Coefficient: 2

Objectifs de l'enseignement:
Apporter les connaissances spécifiques pour aborder un travail de recherche de haut niveau sur les nouveaux matériaux. Former aux fonctions de cadre et/ou d'expert relevant de la recherche et développement dans le domaine des matériaux.

Connaissances préalables recommandées:
Matériaux de construction enseignés en Licence

Contenu de la matière:

Chapitre 1 : Eco-Matériaux **(3 semaines)**
- Valorisation des matériaux :
- Matériaux naturels (Pierre, argiles pour les briques en terre crue stabilisée, pouzzolanes naturelles)
- Matériaux activés (argiles calcinées : métakaolin, cendres de balles de riz)
- Sous-produits industriels et déchets (Granulats de caoutchouc, laitiersHF et LD, sédiments, cendres de biomasse : STEP, farines animales, verre recyclés)

Chapitre 2. Liants alternatifs et produits de substitution **(4 semaines)**
- Liants organiques : stabilisants d'argiles
- Liants bélitiques
- Liants de verre
- Géopolymères, polymères inorganiques
- Pouzzolanes naturelles et artificielles

Chapitre 3. Nouveaux matériaux **(4 semaines)**
Béton autoplaçant (formulation et état frais, état durci et durabilité)
Béton de chanvre
Béton de fibres

Chapitre 4. Matériaux de construction **(4 semaines)**
- Amélioration des procédés de préfabrication BHP, BTHP, BUHP
- Bétons à bas-pH
- Coulis d'injection

Mode d'évaluation:
Contrôle continu:40% ; Examen: 100 %.

Références bibliographiques:

1. *Association Française de Génie Civil (AFGC), Recommandations pour l'emploi des bétons auto-plaçants, Documents scientifiques et techniques, (2008)*
2. *G. DREUX, Jean FESTA« Nouveau guide du béton et de ses constituants » Eyrolles, 1998*

Semestre:1
Unité d'enseignement: UEM 1.1
Matière1: Pathologie des structures et réhabilitation
VHS: 22h30 (Cours: 1h30)
Crédits: 2
Coefficient: 1

Objectifs de l'enseignement:

L'objectif de cette matière est d'apprendre aux étudiants les causes probables de dégradation des structures en génie civil et les méthodes de réparation en fonction du type de désordre ce qui permet l'augmentation de l'espérance de vie de la structure dégradée.

Connaissances préalables recommandées:

Résistance des matériaux, Béton armé, Charpente métallique, Matériaux de construction, Méthodes expérimentales, Génie parasismique.

Contenu de la matière:

Chapitre 1 : Introduction À La Pathologie Des Conceptions Et L'aspect Chimique Du Béton
1. Introduction
2. Notions De Bases
3. Déroulement De L'hydratation Du Ciment
3.1 La Courbe D'hydratation Du Ciment

Chapitre 2 : Méthodes De Diagnostic Et Moyens D'investigation
1. Méthodologie Du Diagnostic
2. Outils Et Moyens D'investigation

Chapitre 3 : Pathologie Des Matériaux
1. Pathologies Et Désordres Du Matériau Béton Et L'aspect Physique
2. Pathologies Et Désordres Du Béton Et L'aspect Chimique
3. Pathologies Et Désordres Du Béton Et L'aspect Mécanique

Chapitre 4 Pathologie Des Structures Dues Aux Séismes
1. Types Et Causes Des Désordres Due Aux Séismes- Diagnostic
2. Dommages Subis Par Les Portiques - Selon le RPA- 2024
3. Perte De Portance Des Fondations (Liquéfaction)
4. Réparation Des Ouvrages Attaqués Par Le Séisme Selon Les Recommandations Techniques
4. Influence Des Effets Sismique Sur La Réparation Et Le Renforcements Des Ouvrages

Chapitre 5 Pathologie Des Structures Métalliques Et Mixte, En Béton Armé Et Précontraint, Et En Maçonnerie
1. Diagnostic des Constructions Métalliques, en Béton Armé ou Béton Précontraint, et en Maçonnerie
2. Réparation Et Remède Des Constructions Métalliques, En Béton Armé Ou Béton Précontraint, Et En Maçonnerie
3. Pathologies Du Béton Et Désordres Liés A Jeunes Âges
4. Pathologies D'ordre Chimique Du Béton (B) Et Désordres Liés Aux Matériaux
5. Pathologies du Béton et Désordres Liés aux Fonctionnements

Chapitre 6 Réparation et renforcement des ouvrages endommagés
1.Réparation des structures qui ont connu un désordre mécanique
2.Réparation des structures en béton qui ont connu un désordre d'ordre physico-chimique
3.Réparation des désordre des fondations
4.Réparation des structures qui ont connu un désordre d'ordre sismique

Références bibliographiques

Advanced Materials, Corrosion Science, and Rehabilitation of Concrete Infrastructure (2026), Editor: João M. P. Q. Delgado (Published by Springer), https://www.springerprofessional.de/en/building-pathology-and-rehabilitation/2087532

Torrenti.J.M, Barre. F, Fissuration Et Durabilité Des Structures En Béton Armé-Fissuration Du Béton Armé, Techniques de l'ingénieur, École française du béton (EFB), France, 2016.

Hazard .Cl, Lelong .F, Quinzain .B,Felrit .F, Vermote.W, Mémotech Structures Métalliques, ISBN 978-2-206-10067-8, Livre, Editeur, Casteilla , France, 2015. DOI:https://www.editions-delagrave.fr/livre/9782206100678-memotech-structures-metalliques-2015

Structural Rehabilitation of Old Buildings (Building Pathology and Rehabilitation by Aníbal Costa, João Miranda Guedes, et al. | Sep 11, 2013

VU. N.T, Contribution A L'étude De La Corrosion Par Carbonatation Du Béton Armé : Approche Expérimentale Et Probabiliste, Thèse de doctorat, Université de Toulouse, France, 2011.

Villeneuve .V, Détermination De L'endommagement Du Béton Par Méthode Pétrographique Quantitative, Thèse de doctorat, Université Laval Québec, Canada, 2011.

Audisio .S, Beranger .G, Anticorrosion Et Durabilité Dans Le Bâtiment, Le Génie Civil Et Les Ouvrages Industriels, Livre, Editeur Presses Polytechniques Romandes, ISBN 288074833X, France, 2010.

Building Pathology: Principles and Practice (3rd Edition), Author: Dr. David S.Watt (Published by Wiley), ISBN: 978-1-444-31403-8 May 2009, 316 pages

Ollivier J.P, Vichot A., La Durabilité Des Bétons, Livre, Presses de l'École nationale des ponts et chaussées, France, 2008. DOI : https://www.gcalgerie.com/la-durabilite-des-betons.

Ollivier J.P, Vichot A., La Durabilité Des Bétons chaussées, France, 2008.

Hazard .C, Lelong .F, Quinzain .B, Mémotech Structures Métalliques, Livre, Editeur, Casteilla , France, 2004. DOI:https://ebookpdf.com/memotech-structure-metalliques.

Larive .C, Apports Combinés De L'expérimentation Et De La Modélisation A La Compréhension De L'alcali-Réaction Et De Ses Effets Mécaniques, Thèse, Ecole nationale des ponts et chaussées, France, 1997.

Semestre:1
Unité d'enseignement: UEM1.1
Matière 4: Gestion de l'Incertitude et Risques en Ingénierie
VHS: 22h30 (Cours: 1h30)
Crédits: 2
Coefficient: 1

Objectifs de l'enseignement:

- Typologie des incertitudes (épistémiques, aléatoires)
- Méthodes de propagation des incertitudes
- Analyse de sensibilité et fiabilité probabiliste
- Application à la durabilité et la vulnérabilité sismique

Connaissances préalables recommandées:

Matériaux de construction enseignés en Licence

Contenu de la matière

Chapitre 1 : Introduction générale à l'incertitude et aux risques en ingénierie

- Définitions : incertitude, risque, variabilité, fiabilité, robustesse.
- Rôle de l'incertitude dans la modélisation et la conception des structures.
- Différences entre approche déterministe et approche probabiliste.
- Cadres normatifs et réglementaires (Eurocodes, RPA en Algérie).

Chapitre 2 : Typologie des incertitudes

- Incertitudes aléatoires (variabilité naturelle)
- Variabilité des charges (vent, séisme, trafic, température).
- -Variabilité des matériaux (béton, acier, sols).
- Incertitudes épistémiques (manque de connaissance)
- Erreurs de modélisation.
- Limites des méthodes de mesure et d'identification des paramètres.
- Biais dus à l'expérience limitée ou au manque de données.
- Distinction incertitude / variabilité / ignorance.

Chapitre 3 : Méthodes de modélisation et de propagation des incertitudes

- Variables aléatoires et lois de probabilité (loi normale, lognormale, exponentielle…).
- Fonction de densité de probabilité (PDF) et fonction de répartition (CDF).
- Techniques de propagation :
- Méthodes analytiques (premiers et seconds moments).
- Simulation de Monte Carlo.
- Méthodes semi-probabilistes (coefficients de sécurité partiels).
- Application à un cas simple (poutre, portique, sol soumis à charge).

Chapitre 4 : Analyse de sensibilité et fiabilité probabiliste**

- Objectif de l'analyse de sensibilité : hiérarchiser les paramètres influents.
- Méthodes locales vs globales.
- Fiabilité des structures :

- Indice de fiabilité (β).
- Méthodes FORM et SORM (First/Second Order Reliability Methods).

- Notion de probabilité de défaillance.
- Courbes fragilité et probabilités conditionnelles.

Chapitre 5 : Application à la durabilité des matériaux et structures
- Incertitudes liées aux processus de dégradation :
- Corrosion des armatures dans le béton armé.
- Fatigue des matériaux.
- Vieillissement et altération des performances.
- Modèles probabilistes de durabilité (temps de corrosion, propagation de fissures).
- Prise en compte de l'incertitude dans les stratégies de maintenance.

Chapitre 6 : Application à la vulnérabilité sismique des structures
- Sources d'incertitude en génie parasismique :
- Intensité de l'aléa sismique (aléatoire).
- Modélisation numérique et choix des lois constitutives (épistémique).
- Réponses structurelles (dispersion des résultats).
- Courbes de fragilité sismique : construction et interprétation.
- Analyse probabiliste de la performance structurelle (Performance Based Earthquake Engineering – PBEE).
- Études de cas (bâtiments en béton armé, ponts, infrastructures critiques).

Mode d'évaluation:
Contrôle continu:40% ; Examen: 100 %.

Références bibliographiques

Martinais, E., & Chantelauve, G. (2009). Identification et analyse des risques en entreprise : de l'approche déterministe à l'approche probabiliste. In Planifier le risque industriel (pp. 30-42). Victoires Éditions.

Cremona, C. et al. (2007). Modélisation déterministe et probabiliste du comportement mécanique simplifié des corps d'épreuve.

Les Eurocodes (Focus EN 1990 & EN 1998), et Le RPA Algérie (version RPA 2024), Approche de calcul.

La Fiabilité en mécanique - Des méthodes aux applications (dirigé par André Lannoy, Maurice Lemaire et Alain Delage, aux Presses des Mines / IMdR), 2017

Risque et génie civil, presse national de l'école des ponts et chaussée, Groupement Francais des Associations du Génie Civil

Ingénierie mécanique en contexte incertain**,** Christian Gogu, ISTE Group, 1 janv. 2021 - 362 pages

Fiabilité des structures, Maurice Lemaire, Edition Eyrolles, ISBN 978-2-7462-1057-8, 2005

Conception-construction parasismique, V. Davidovici, ISBN 978-2-12-465566-3, 2016

Beyond Uncertainties in Earthquake Structural Engineering, Frontiers in Built Environment DOI:10.3389/fbuil.2015.00001

Semestre : 1

Unité d'enseignement : UET 1.1.1
Matière : Respect des normes et des règles d'éthique et d'intégrité.
VHS : 15h00 (Cours : 1h00)
Crédit : 1
Coefficient : 1

Objectifs de l'enseignement:

Développer la sensibilisation des étudiants au respect des principes éthiques et des règles qui régissent la vie à l'université et dans le monde du travail. Les sensibiliser au respect et à la valorisation de la propriété intellectuelle. Leur expliquer les risques des maux moraux telle que la corruption et à la manière de les combattre, les alerter sur les enjeux éthiques que soulèvent les nouvelles technologies et le développement durable.

Connaissances préalables recommandées :

Ethique et déontologie (les fondements)

Contenu de la matière :

A.Respect des règles d'éthique et d'intégrité,

1. **Rappel sur la Charte de l'éthique et de la déontologie du MESRS :** Intégrité et honnêteté. Liberté académique. Respect mutuel. Exigence de vérité scientifique, Objectivité et esprit critique. Equité. Droits et obligations de l'étudiant, de l'enseignant, du personnel administratif et technique,

2. Recherche intègre et responsable

- Respect des principes de l'éthique dans l'enseignement et la recherche
- Responsabilités dans le travail d'équipe : Egalité professionnelle de traitement. Conduite contre les discriminations. La recherche de l'intérêt général. Conduites inappropriées dans le cadre du travail collectif
- Adopter une conduite responsable et combattre les dérives : Adopter une conduite responsable dans la recherche. Fraude scientifique. Conduite contre la fraude. Le plagiat (définition du plagiat, différentes formes de plagiat, procédures pour éviter le plagiat involontaire, détection du plagiat, sanctions contre les plagiaires, …). Falsification et fabrication de données.

3. Ethique et déontologie dans le monde du travail :

Confidentialité juridique en entreprise. Fidélité à l'entreprise. Responsabilité au sein de l'entreprise, Conflits d'intérêt. Intégrité (corruption dans le travail, ses formes, ses conséquences, modes de lutte et sanctions contre la corruption)

B- Propriété intellectuelle

I- Fondamentaux de la propriété intellectuelle

1. Propriété industrielle. Propriété littéraire et artistique.
2. Règles de citation des références (ouvrages, articles scientifiques, communications dans un congrès, thèses, mémoires, …)

II- Droit d'auteur

1. **Droit d'auteur dans l'environnement numérique**

Introduction. Droit d'auteur des bases de données, droit d'auteur des logiciels.Cas spécifique des logiciels libres.

2. Droit d'auteur dans l'internet et le commerce électronique

Droit des noms de domaine. Propriété intellectuelle sur internet. Droit du site de commerce électronique. Propriété intellectuelle et réseaux sociaux.

3. Brevet

Définition. Droits dans un brevet. Utilité d'un brevet. La brevetabilité. Demande de brevet en Algérie et dans le monde.

III- Protection et valorisation de la propriété intellectuelle

Comment protéger la propriété intellectuelle. Violation des droits et outil juridique. Valorisation de la propriété intellectuelle. Protection de la propriété intellectuelle en Algérie.

C. Ethique, développement durable et nouvelles technologies

Lien entre éthique et développement durable, économie d'énergie, bioéthique et nouvelle technologies (intelligence artificielle, progrès scientifique, Humanoïdes, Robots, drones

Mode d'évaluation :

Examen : 100 %

Références bibliographiques:

1. Charte d'éthique et de déontologie universitaires, https://www.mesrs.dz/documents/12221/26200/Charte+fran_ais+d_f.pdf/50d6de61-aabd-4829-84b3-8302b790bdce
2. Arrêtés N°933 du 28 Juillet 2016 fixant les règles relatives à la prévention et la lutte contre le plagiat
3. L'abc du droit d'auteur, organisation des nations unies pour l'éducation, la science et la culture(UNESCO)
4. E. Prairat, De la déontologie enseignante. Paris, PUF, 2009.
5. Racine L., Legault G. A., Bégin, L., Éthique et ingénierie, Montréal, McGraw Hill, 1991.
6. Siroux, D., Déontologie : Dictionnaire d'éthique et de philosophie morale, Paris, Quadrige, 2004, p. 474-477.
7. Medina Y., La déontologie, ce qui va changer dans l'entreprise, éditions d'Organisation, 2003.
8. Didier Ch., Penser l'éthique des ingénieurs, Presses Universitaires de France, 2008.
9. Gavarini L. et Ottavi D., Éditorial. de l'éthique professionnelle en formation et en recherche, Recherche et formation, 52 | 2006, 5-11.
10. Caré C., Morale, éthique, déontologie. Administration et éducation, 2e trimestre 2002, n°94.
11. Jacquet-Francillon, François. Notion : déontologie professionnelle. Le télémaque, mai 2000, n° 17
12. Carr, D. Professionalism and Ethics in Teaching. New York, NY Routledge. 2000.
13. Galloux, J.C., Droit de la propriété industrielle. Dalloz 2003.
14. Wagret F. et J-M., Brevet d'invention, marques et propriété industrielle. PUF 2001
15. Dekermadec, Y., Innover grâce au brevet: une révolution avec internet. Insep 1999
16. AEUTBM. L'ingénieur au cœur de l'innovation. Université de technologie Belfort-Montbéliard
17. Fanny Rinck etléda Mansour, littératie à l'ère du numérique : le copier-coller chez les étudiants, Université grenoble 3 et Université paris-Ouest Nanterre la défense Nanterre, France
18. Didier DUGUEST IEMN, Citer ses sources, IAE Nantes 2008
19. Les logiciels de détection de similitudes : une solution au plagiat électronique? Rapport du Groupe de travail sur le plagiat électronique présenté au Sous-comité sur la pédagogie et les TIC de la CREPUQ

20. Emanuela Chiriac, Monique Filiatrault et André Régimbald, Guide de l'étudiant: l'intégrité intellectuelle plagiat, tricherie et fraude… les éviter et, surtout, comment bien citer ses sources, 2014.
21. Publication de l'université de Montréal, Stratégies de prévention du plagiat, Intégrité, fraude et plagiat, 2010.
22. Pierrick Malissard, La propriété intellectuelle : origine et évolution, 2010.
23. Le site de l'Organisation Mondiale de la Propriété Intellectuelle www.wipo.int
24. http://www.app.asso.fr/

IV - Programme détaillé par matière du semestre S2

Semestre:2
Unité d'enseignement: UEF 1.2.1
Matière1: Elasticité
VHS: 67h30 (Cours: 3h00, TD: 1h30)
Crédits: 6
Coefficient: 3

Objectifs de l'enseignement:

Fournir aux étudiants des méthodes de calcul permettant d'analyser le fonctionnement mécanique des structures, les concevoir sainement, avoir les bases nécessaires à l'utilisation des logiciels.

Connaissances préalables recommandées:

Connaissances de base de Mathématiques, Résistance des matériaux.

Contenu de la matière:

Chapitre 1: Introduction sur la théorie d'élasticité **(1 semaines)**
(Généralités sur l'élasticité, Rappels mathématiques, Notations indicielles)

Chapitre 2: Théorie de l'état de contraintes **(3 semaines)**
(Tenseur de contrainte, Equations différentielles de l'équilibre, Contrainte sur un plan, Contraintes et directions principales, Représentation géométrique (tri-cercle de Mohr)

Chapitre 3: Théorie de l'état de déformation **(1 semaines)**
(Généralités, Tenseur de déformation, Relations entre déformations et déplacements, déformations et directions principales, Représentation géométrique (tri-cercle de Mohr), Equation de compatibilité des déformations, Mesure des déformations)

Chapitre 4: Relation entre les contraintes et les déformations et lois decomportement **(2 semaines)**
(Loi de Hooke généralisée, Influence de la température, Energie de déformation)

Chapitre 5: Equations générales de l'élasticité linéaire **(2 semaines)**
(Equations de Lamé, Equations de Beltrami-Michell, Principe de Saint Venant…..)

Chapitre 6: Résolution des problèmes d'élasticité plane **(2 semaines)**
(Fonction D'AIRY, Problème de déformations planes, Problème de contraintes planes)

Chapitre 7: Flexion des Poutres **(2 semaines)**

Chapitre 8: Etude des plaques minces **(2 semaines)**

Mode d'évaluation:

Contrôle continu: 40% ; Examen: 60%.

Références bibliographiques:

1. *Theory of Elasticity / Timoshenko et Goodier*
2. *Exercices d'élasticité / Caignaerd et J.P. Henry Editions: Dunod*
3. *Mécanique des structures (volume 2) / François Frey Edition : EPFL Press*
4. *Théorie des plaques et coques, Timoshenko Woinowsky-Krieger*
5. *Mathematical elasticity A. E. Love*
6. *Mécanique des milieux continus Tome 3 Plaques et coques*
7. *Theory of elasticity E. Green and W. Zerna.*
8. *Calcul des structures. COURBON (J.). Dunod (1972).*

Semestre: 2
Unité d'Enseignement: UEF 1.2.1
Matière 2: Dynamique des Structures II
VHS: 45h00 (Cours: 1h30, TD: 1h30)
Crédits: 5
Coefficient: 2

Objectifs de l'enseignement :

L'objectif de ce cours est d'enseigner le comportement des ouvrages de génie civil, en faisant usage de plusieurs méthodes, utilisées lors de l'analyse dynamique des structures et des ouvrages de génie civil.

Connaissances préalables recommandées :

RDM; Dynamique des Structures I; Langage de programmation; Méthodes Numériques.

Contenu de la matière :

Chapitre 1: Vibrations libres des S.P.D.D.L **(3 semaines)**

- Introduction
- Vibrations libres non – amorties SPDDL (analyse modale)
- Orthogonalité des modes propres
- Applications

Chapitre 2 : Vibrations forcées des S.P.D.D. L **(6 semaines)**

- Méthode de la superposition modale

(Découplage des équations différentielles, Résolution des équations différentielles découplées, Superposition des réponses modales, Applications)

- Méthode modale spectrale

(Spectre de réponse et de conception, Calcul des forces sismiques modales, Combinaison des réponses modales, Applications)

Chapitre 3 : Méthode de la poussée progressive (Pushover) **(6 semaines)**

- Principe
- Définition de la structure et lois de comportement des nœudsplastiques
- Définition de la distribution de la force latérale
- Détermination de la demande sismique
- Analyse non-linéaire statique de la structure
- Transformation en un système équivalent à un seul DDL
- Courbe de capacité de la structure A-D et déplacement cible SSDL
- Détermination du déplacement cible pour le système à plusieurs degrés de liberté et évaluation de la demande globale et locale
- Evaluation de la performance et analyse des dommages
- Application

Mode d'évaluation:

Contrôle continu : 40% ; Examen : 60%.

Références bibliographiques :

1. ***J. BETBEDER-MATIBET et J.L. DOURY*** *Constructions parasismiques, Techniques de l'Ingénieur, traité Contruction.*
2. ***Clough P. W. et Penzien J****., Structural Dynamics, Computers and Structures Inc, Berkeley, 2001*
3. ***Chopra, A.K****., Dynamics of Structures - Theory and Application to earthquake engineering, Prentice Hall, New Jersey*
4. ***RPA-99 (2004).*** *Règles Parasismiques Algériennes 1999. Centre National de Recherche Appliquée en Génie Parasismique, Alger.*
5. ***Filialtrault****, Éléments de génie parasismique et de calcul dynamique des structures, Presses internationales Polytechnique 1996.*
6. ***Eurocode 8*** *:Design of structures for earthquake resistance, European Committee for Standardization, NF EN 1998-1 Sept 2005*
7. ***EL. Wilson****, 3-D Static and dynamic analysis, Computers & Structures, 1996.*

Semestre: 2
Unité d'enseignement : UEF 1.2.2
Matière1 : Structures en Béton armé 2
VHS: 45h (Cours: 1h30, TD: 1h30)
Crédits : 4
Coefficient : 2

Objectifs de l'enseignement :

Le programme de la matière structure en béton armé (2) complète la même matière du S1. L'étudiant doit être en mesure de choisir et d'utiliser les méthodes de calcul appropriées à la conception, au dimensionnement et au ferraillage des éléments composants la structure.

Connaissances préalables recommandées :

RDM ; Calcul des sections droites en BA

Contenu de la matière :

Chapitre 1 : Calcul des éléments secondaires **(3 semaines)**

(Escaliers, balcons, Acrotère)

Chapitre 2 : Systèmes de contreventement **(5 semaines)**

Choix et Contreventement général des bâtiments par : portiques, pans rigides, triangulé, voile en béton, Noyau de stabilité et Solutions mixtes. Emplacement et torsion des voiles dans les structures. Principes de conception parasismique des bâtiments

Chapitre 3 : Voiles **(3 semaines)**

Types, Caractéristiques et Résistance des voiles
Ferraillages des trumeaux et des linteaux

Chapitre 4 : Fondations profondes **(4 semaines)**

Semelle sur un pieu, et plusieurs pieux ; Radiers généraux

Mode d'évaluation:

Contrôle continu : 40% ; Examen : 60%.

Références bibliographiques:

1. *Guerrin et R. C. Lavaur, « Traité de béton armé ; Ossatures d'immeubles et d'usines, planchers, escaliers, encorbellements, ouvrages divers du bâtiment, Tome 4 », Dunod, 1971.*
2. *Jean Pierre Mougin, « Béton armé, BAEL 91 modifié 99 et DTU associés », Eyrolles, 2000.*
3. *Règles BAEL 91, « Règles techniques de conception et de calcul des ouvrages et constructions en béton armé suivant la méthode des états limites », Eyrolles, mars 1992.*
4. *Georges Dreux, « Calcul pratique du béton armé. Règles BAEL 83 », 1983*
5. *Christian Albouy, « Eurocode 2: béton armé - éléments simples », CERPET – STI, 2007.*
6. *J. A. Calgaro, « Applications de l'Eurocode 2 - Calcul des bâtiments en béton », ponts et chaussée, 2007.*
7. *A.CHANTI, Contreventement des bâtiments par voiles. O.P.U.*
8. *ALBIGÈS (M.) et GOULET (J.). – Contreventement des bâtiments. Ann. ITBTP, mai 1960.*
9. *GRINDA (L.). – Calcul des voiles de contreventement des bâtiments à étages. Ann. ITBTP, 1967.*
10. *Coin A., Decauchy A. et Collignon J.P., Murs de contreventement à ouvertures multiples. An. ITBTP, 71.*
11. *Henry Thonier, Conception et calcul des structures en béton armé. Presse de l'école nationale des Ponts et Chaussées, volume 2, 3 et 4. Édition Eyrolles.*

Semestre: 2
Unité d'enseignement: UEF 1.2.2
Matière2: Fondations et Soutènements
VHS: 45h00 (Cours: 1h30, TD: 1h30)
Crédits: 4
Coefficient: 2

Objectifs de l'enseignement:

Cette matière permettra à l'étudiant de connaitre les différents types de fondations et de déterminer leur capacité portante. Aussi, elle aidera l'étudiant à se familiariser avec la conception et le calcul de certains ouvrages de soutènement et la stabilisation et le renforcement des sols en pente.

Connaissances préalables recommandées:

Les matières de mécanique des sols des semestres 4, 5 et 6 en Licence Génie Civil,
Résistance des matériaux

Contenu de la matière:

Chapitre 1 : Rappels Résistance au cisaillement des sols **(2 semaines)**

- Introduction sur le comportement mécanique des sols (Exemples de rupture par cisaillement, Critère de rupture Mohr-Coulomb, Contrainte-déformation selon différentes conditions de consolidation et de drainage)
- Etat d'équilibre limite de Rankine, de Boussinesq et de Prandtl

Chapitre 2 : Calcul des fondations superficielles **(4 semaines)**

- Modes de rupture, Théorie de la capacité portante et calcul de la capacité portante pour différents types de fondations superficielles et différents types de chargement, Calcul de la contrainte admissible, Calcul des tassements

Chapitre 3 : Calcul des fondations profondes **(4 semaines)**

- Types de fondations profondes, Procédés d'exécution et Méthodes de calcul de la charge portante d'un pieu isolé et d'un groupe de pieux (Méthode statique, Formule de battage, Essais au pénétromètre et au pressiomètre), Frottement latéral positif et négatif, Calcul de la contrainte admissible, Projet de fondations profondes

Chapitre 4 : Ouvrages de soutènement et renforcement **(5 semaines)**

- Classification des ouvrages de soutènement
(Murs poids, Murs en béton armé, Rideaux de palplanches, Parois moulées, Murs en terre armée)
- Calcul des actions et sollicitations, Dimensionnement et Justifications des ouvrages de soutènement
- Introduction sur les méthodes de renforcement des sols en pente

Mode d'évaluation:

Contrôle continu : 40% ; Examen : 60%.

Références bibliographiques :

1. G. Philipponnat et B. Hubert, Fondations et ouvrages en terre, Ed. Eyrolles, 1997
2. G. Frank, Calcul des fondations superficielles et profondes, Presses des ponts, 1999
3. J. Costet et G. Sanglerat, Cours pratique de mécanique des sols (Tome2) Ed. Dunod 1983
4. G. Sanglerat, G. Olivari et B. Cambou, Problèmes pratiques de mécanique des sols et de fondations (Tome2) Ed. Dunod1983
5. F. Schlosser et P. Unterreiner, Renforcement des sols par inclusions, Ed. techniques de l'ingénieur, C245.

Semestre: 2
Unité d'Enseignement: UEM 1.2
Matière 1: Méthodes des éléments finis
VHS: 60h00 (Cours: 1h30; TD: 1h30; TP: 1h00)
Crédits: 4
Coefficient: 2

Objectifs de l'enseignement:

L'objectif de ce cours est d'enseigner la méthode des éléments finis comme une méthode de résolution des problèmes de Mécanique (Génie Civil en particulier) régis par d'équations différentielles aux dérivées partielles avec des conditions aux limites. Le but est de faire comprendre à l'étudiant le fonctionnement de la méthode en vue de maîtriser sa pratique dans un logiciel (Modélisation Numérique).

Connaissances préalables recommandées:

Méthodes Numériques; Résistance des Matériaux ;Elasticité.

Contenu de la matière:

Chapitre 1 : Introduction et Objectifs **(2 semaines)**

Rappel des équations de l'équilibre d'un solide élastique
Solution Exacte et Solution approchée

Chapitre 2 : Éléments Finis en Une Dimension **(5 semaines)**

- Élément ressort (Matrice de rigidité par méthode directe, Assemblage, conditions aux limites, résolution)
- Élément Barre et système Treillis (Formulation variationnelle (forte et faible), Type d'élément (Fonction d'interpolation), Matrice de rigidité par le principe des travaux virtuels, Assemblage, matrice de transformation conditions aux limites, résolution)
- Élément Finis Poutre et portique (Formulation variationnelle (forte et faible), Type d'élément (Fonction d'interpolation), Matrice de rigidité par minimisation de l'énergie potentielle, Assemblage, matrice de transformation, conditions aux limites, résolution)

Chapitre 3 : Éléments Finis en Deux et Trois Dimensions **(6 semaines)**

- Interpolation et fonctions d'interpolation (Élément triangulaire à 3 nœuds; Élément triangulaire à 6 nœuds; Élément quadrangulaire à 4 nœuds; Élément solide tétraédrique à 4 nœuds; Élément solide rectangulaire à 8 nœuds).
- Construction de la matrice de rigidité (Élément triangulaire à 6 nœuds; Élément quadrangulaire à 4 nœuds; Élément solide tétraédrique à 4 nœuds)
- Eléments Finis de Flexion des plaques

Chapitre 4 : Éléments Finis en Dynamique **(2 semaines)**

- Construction de l'élément fini en Une Dimension
- Généralisation pour des problèmes bidimensionnels et tridimensionnels.

Mode d'évaluation:

Contrôle continu : 40% ; Examen : 60%.

Références bibliographiques :

1. *Gouri Dhatt, Gilbert Touzot, Emmanuel Lefrançois « Méthode des éléments finis » hermes science publications-2004.*
2. Olek C Zienkiewicz, Robert L Taylor, J.Z. Zhu, The finite element method: its basis and fundamentals.ISBN: 978-1-85617-633-0-*Butterworth-Heinemann; 7 edition, 2013*
3. Jacob Fish, Ted Belytschko*A First Course In Finite Elements, Wiley, 2007*
4. *Christian Wielgozes Cours et exercices de résistance de matériaux, élasticité-plasticité, éléments finis. ISBN-10: 2729879315 Ellipses, 2000.*

Semestre: 2
Unité d'enseignement: UEM 1.2
Matière: Projet constructions métalliques
VHS: 37h30 (Cours: 1h30; TP: 1h00)
Crédits: 3
Coefficient: 2

Objectifs de l'enseignement:

L'objectif de la matière est diriger les étudiants pour concevoir et calculer un ouvrage en charpente métallique. Le projet se déroule sous forme d'un atelier où l'enseignant dirigera les étudiants à mettre en application les différentes connaissances théoriques en charpentes métalliques pour concevoir et calculer un projet. Les séances de TP seront des séances d'encadrement présentiel et se déroulent sous forme d'atelier. Elles ne seront pas comptabilisées autant que séances de travaux pratiques conventionnelles.

Connaissances préalables recommandées:

Construction métallique, Structures Métalliques.

Contenu de la matière:

Chapitre 1 : Recueil et formulation des éléments préparatoires : **(2 semaine)**

(Données du projet, Objectifs d'étude, Exigences réglementaires, Fiches techniques des produits de construction)

Chapitre 2 : Conception d'une ossature principale à un bâtiment halle **(2 semaines)**

Chapitre 3 : Conception des éléments constructifs de la toiture et des façades **(2 semaines)**

Chapitre 4 : Evaluation des actions de la neige et du vent sur le bâtiment **(2 semaines)**

Chapitre 5 : Dimensionnement des éléments porteurs métalliques de toiture et des façades **(1 semaine)**

Chapitre 6: Analyse statique des portiques transversaux et dimensionnement des éléments principaux **(2 semaines)**

Chapitre 7 : Etude des systèmes de contreventement à treillis **(1 semaine)**

Chapitre 8 : Conception et dimensionnement de quelques assemblages **(2 semaines)**

Chapitre 9 : Préparation du dossier graphique pour les travaux d'exécution **(1 semaine)**

Mode d'évaluation:

Contrôle continu : 70 % ; Examen: 30%

Références bibliographiques :

1. *DTR BC 2.44, Règles CCM97 de conception et du calcul des structures en acier, édition du centre national CGS, Alger, 1998,*
2. *D.T.R 2-4.7, Règles définissant les effets de la neige et du vent sur les constructions "R.N.V.1999", édition du centre national CNERIB, Alger, 2000*
3. *Dahmani L., Calcul des éléments résistants d'une structure métallique, édition OPU, Alger, 2009,*
4. *Hirt M., Crisinel M., Charpentes Métalliques, Volume 11 du traité TGC, édition des Presses universitaires PPUR, Lausanne, Suisse, 2005*
5. *Morel J., Calcul des Structures Métalliques selon l'Eurocode 3, édition Eyrolles, Paris, 2005*
6. *Landowski M., Lemoine B., Concevoir et construire en acier, édition Arcelor, Luxembourg 2005.*

Semestre: S2
Unité d'enseignement : UET 1.2
Matière : Lean Start-Up 2
VHS : 45h00 (Cours : 1h30, Atelier : 1h30)
Crédits : 2
Coefficient : 2

Objectifs de l'enseignement:

Ce cours prolonge le module Entrepreneuriat et Lean Start-Up 1. L'étudiant y apprend à transformer les hypothèses validées en produit minimum viable (MVP) et à mobiliser l'intelligence artificielle et la méthode TRIZ pour résoudre les contradictions techniques propres à l'innovation. Il se familiarise avec les indicateurs de performance d'une startup, en particulier le modèle AARRR, et apprend à décider, sur la base de ces indicateurs, s'il faut changer de cap (Pivot) ou poursuivre dans la même direction (Persevere). Le cours aborde enfin les sources de financement d'une startup et les stratégies de croissance, avant de se conclure par un projet intégrateur, le Startup Lab, mené en équipe tout au long du semestre et soutenu devant un jury sous la forme d'un pitch final.

Connaissances préalables recommandées:

Avoir suivi le module Entrepreneuriat et Lean Start-Up 1, notamment les notions de démarche Lean Startup, de Customer Discovery et de Business Model Canvas.

Contenu de la matière:

VI. Le produit minimum viable (MVP) (3 semaines)

- Définition et rôle du MVP dans la démarche Lean Startup
- Types de MVP : numérique, expérimental, service simulé
- Test des hypothèses critiques
- Prototypage rapide et outils de création de prototypes (Figma, Glide, Bubble, Canvas)
- Mesurer l'échec dans le délai le plus court possible

VII. Intelligence artificielle et méthode TRIZ au service de l'innovation (3 semaines)

- L'intelligence artificielle dans l'entrepreneuriat : génération d'idées, analyse de marché, développement du MVP, marketing
- Présentation de la méthodologie TRIZ
- Les contradictions techniques et la solution idéale finale
- Combinaison de l'intelligence artificielle et de TRIZ
- Les startups Deep Tech

VIII. Mesure de la performance et gestion de l'échec (3 semaines)

- Les indicateurs clés de performance (KPIs) et le management d'une startup
- Le modèle AARRR : Acquisition, Activation, Rétention, Revenu, Recommandation
- L'adéquation produit-marché (Product-Market Fit) et l'adéquation problème-solution (Problem-Solution Fit)
- Taux de rétention, taux d'attrition (Churn) et rythme de consommation de trésorerie (Burn Rate)
- Les indicateurs d'apprentissage (Learning Metrics)
- La gestion précoce de l'échec et les critères d'arrêt d'un projet (Kill Criteria)

IX. Pivoter ou persévérer : Pivot vs Persevere (2 semaines)

- Le changement de cap partiel ou total (Pivot) et la persévérance (Persevere)
- Les signaux qui motivent un changement de direction
- Les différents types de pivot
- Les indicateurs qui appuient la décision

X. Financement, croissance et expansion (2 semaines)

- Les sources de financement : autofinancement, investisseurs providentiels (business angels), capital-risque, financement participatif
- Les étapes successives du financement d'une startup
- Les stratégies de croissance rapide à faible coût (Growth Hacking)
- Les moteurs de croissance (Engines of Growth) : viral, payant, organique
- L'entonnoir marketing (Funnel Growth) et les boucles de croissance (Growth Loops)
- Les stratégies d'expansion internationale

XI. Projet intégrateur : Startup Lab et soutenance finale (2 semaines)

- Synthèse du projet mené en équipe, du choix du problème à la stratégie de financement et de croissance
- Préparation et présentation du pitch final devant un jury d'évaluation

Mode d'évaluation:

Examen final : 20 %. Travaux pratiques et ateliers : 20 %. Projet collectif (Startup Lab) : 60 %.

Références bibliographiques

1. Maurya, A. (2012). Running Lean.
2. Croll, A., Yoskovitz, B. (2013). Lean Analytics.
3. Doerr, J. (2017). Measure What Matters.
4. Weinberg, G., Mares, J. (2015). Traction: How Any Startup Can Achieve Explosive Customer Growth.
5. Eyal, N. (2014). Hooked: How to Build Habit-Forming Products.
6. Grove, A. S. (1983). High Output Management.
7. Horowitz, B. (2014). The Hard Thing About Hard Things.
8. Agrawal, A., Gans, J., Goldfarb, A. (2018). Prediction Machines.
9. Iansiti, M., Lakhani, K. R. (2020). Competing in the Age of AI.
10. Altshuller, G. (1999). The Innovation Algorithm: TRIZ, Systematic Innovation and Technical Creativity.
11. Ikovenko, S. (2003). TRIZ: The Theory of Inventive Problem Solving.
12. Graham, P. (2013). Do Things That Don't Scale.
13. McKinsey Global Institute (2023). The State of AI in Business.
14. Stanford University (2024). Artificial Intelligence Index Report.

Annexe - Glossaire des concepts clés

Cette liste reprend, en français, les notions avancées mobilisées dans le cours, en continuité directe avec le glossaire du module Entrepreneuriat et Lean Start-Up 1.

Terme	Définition
MVP (produit minimum viable)	Version la plus simple d'un produit, permettant de tester les hypothèses avec un minimum d'effort.

Terme	Définition
Market Fit	Concordance entre le produit proposé et les attentes du marché.
Product-Market Fit	Situation dans laquelle le produit répond réellement à un besoin du marché.
TRIZ	Méthodologie scientifique et structurée de résolution de problèmes innovants.
Technological Contradiction (contradiction technique)	Situation où l'amélioration d'une caractéristique d'un produit en dégrade une autre.
Deep Tech Startup	Entreprise fondée sur des sciences et des technologies de pointe.
Data-Driven Decision (décision fondée sur les données)	Décision appuyée sur des données mesurées plutôt que sur l'intuition.
KPIs (indicateurs clés de performance)	Indicateurs essentiels au suivi de la performance d'une startup.
AARRR	Modèle de mesure de la croissance en cinq étapes : acquisition, activation, rétention, revenu, recommandation.
Acquisition	Étape consistant à attirer des utilisateurs vers le produit ou le service.
Activation	Moment où l'utilisateur retire une première valeur réelle du produit.
Retention Rate (taux de rétention)	Proportion d'utilisateurs qui continuent d'utiliser le produit dans le temps.
Churn Rate (taux d'attrition)	Proportion d'utilisateurs qui abandonnent le produit.
Burn Rate	Rythme mensuel de consommation du capital disponible.
Runway	Durée pendant laquelle la startup peut fonctionner avant épuisement de ses fonds.
Kill Criteria (critères d'arrêt)	Conditions justifiant l'arrêt d'un projet jugé non viable.
Learning Metrics (indicateurs d'apprentissage)	Indicateurs centrés sur ce que l'équipe a appris, plutôt que sur le profit.
Pivot	Changement radical ou partiel de la stratégie du projet, décidé sur la base des indicateurs.
Persevere (persévérance)	Décision de poursuivre le projet dans la même direction stratégique.
Traction	Preuve tangible et mesurable de croissance sur le marché.
Growth Hacking	Ensemble de stratégies de croissance rapide et peu coûteuses.
Engines of Growth (moteurs de croissance)	Mécanismes de croissance d'une startup : viral, payant ou organique.

Terme	Définition
Viral Coefficient (coefficient viral)	Mesure du taux auquel les utilisateurs en attirent de nouveaux.
Funnel Growth (entonnoir de croissance)	Représentation du parcours de conversion d'un utilisateur.
Growth Loops (boucles de croissance)	Mécanismes de croissance autoalimentée générant continuellement de nouveaux utilisateurs.
LTV (valeur vie client)	Valeur totale qu'un client est susceptible de générer durant toute sa relation avec l'entreprise.
CAC (coût d'acquisition client)	Coût moyen nécessaire pour obtenir un nouveau client.
Network Effects (effets de réseau)	Phénomène par lequel la valeur d'un produit augmente avec le nombre de ses utilisateurs.
Investment Readiness (maturité pour l'investissement)	Degré de préparation d'un projet à lever des fonds auprès d'investisseurs.

Semestre: S2
Unité d'enseignement: Transversale 1.2.2
Matière : Eléments d'intelligence artificielle appliquée
VHS: 45h00 (Cours : 1h30, TP : 1h30)
Crédits: 2
Coefficient: 2

Compétences visées :

- Identifier les opportunités de l'intelligence artificielle en sciences de l'ingénieur
- Comprendre les implications éthiques de l'IA et les bonnes pratiques de son utilisation.
- Capacité à utiliser les techniques de l'IA dans la résolution de problèmes

Objectifs :

- Maitrise des algorithmes IA
- Initiation aux concepts, outils et applications fondamentales de l'intelligence artificielle moderne, en mettant l'accent sur la pratique avec Python et ses bibliothèques.
- Approfondir le langage Python,
- Comprendre les approches de l'IA dans la résolution de problèmes,

Prérequis :

Programmation avancée Python

Matériels nécessaires :

- Un ordinateur avec Python installé,
- Bibliothèques Python : NumPy, Pandas, Scikit-learn, Matplotlib, os.listdir, os.path.exists, os.mkdir, os.rmdir, Matplotlib, Seaborn, Plitly , Request, Beautiful Soup, Tkinter, PyQT, …
- Tensorflow, PyTorch, …

Contenu de la matière :

Chapitre 1 : Introduction à l'intelligence artificielle l'IA (01 semaine)

1. Définitions et champs d'application de l'IA.
2. Évolution historique de l'IA.
3. Introduction aux grands domaines :
    - Apprentissage automatqiue (Machine Learning)
    - Apprentissage profound (Deep Learning**)**

Chapitre 2 : Mathématiques de base pour l'IA (01 semaine)

1. **Algèbre linéaire** : vecteurs, matrices, produits, normes.
2. **Probabilités & statistiques** :
    - Variables, espérance, variance.
    - Lois usuelles : normale, binomiale, uniforme.
3. **Régression linéaire simple** :
    - Formulation, coût, optimisation.
    - Mise en œuvre avec **Scikit-learn**.
4. **Exercices :**
    - Manipulation de matrices avec la bibliothèque NumPy (Python)
    - Exercice sur la régression linéaire (utiliser une bibliothèque Python comme Scikit-learn par exemple)
    - Expliquer la bibliothèque Matplotlib (Python)

- …

Chapitre 3 : Apprentissage automatique (Machine Learning) (03 semaines)

1. Concepts clés : Données, Modèles, features, étiquettes, généralisation.
2. Phases d'un pipeline d'apprentissage : entraînement, validation, test.
3. Types d'apprentissage :
   - Supervisé
   - Non supervisé
   - Par renforcement *(aperçu)*
4. **Exercices :**
   - Approfondir les notions vues au cours
   - ….

Chapitre 4 : Classification supervisée (3 semaines)

1. Principe d'entrainement de modèle de classification simple :
2. Les modèles et algorithmes :
   - SVM (Support Vector Machine)
   - Arbres de décisions
3. Évaluation de performance :
   - Matrice de confusion, précision, rappel, F1-score.
5. **Exercices :**
   - Expliquer comment utiliser Scikit-learn ?
   - Comparaison de plusieurs modèles sur un dataset
   - ….

Chapitre 5 : Apprentissage non supervisé

1. Notion de clustering.
2. Algorithmes :
   - **K-means**
   - DBSCAN (Density-Based Spatial Clustering of Applications with Noise)
3. Visualisation 2D et interprétation des résultats.
4. **Exercices :**
   - Expliquer comment utiliser un algorithme de clustering sur un Dataset
   - Expliquer comment visualiser les clusters.
   - ….

Chapitre 6 : Les réseaux de neurones

1. Architecture d'un réseau de neurones :
   - Perception,
   - Couches et couches caches, poids, biais.
   - Fonction d'activation : ReLU, Sigmoïde, Softmax, ….
   - Exercices d'applications
2. Introduction au **Deep Learning** :
   - Notion de couches profondes.
   - Introduction au réseaux convolutifs (CNN)

3. **Exercices :**
    - Expliquer Tensorflow et PyTorch
    - Analyser un Dataset de texte et prédire des sentiments
    - ….

Chapitre 6 : Introdution Les réseaux de neurones

Chapitre 7 : Mini projet (travail personnel encadré en dehors des cours) :

Création d'un modèle complet de classification ou clustering, avec prétraitement, entraînement et visualisation ; choisir et traiter un projet du début jusque la fin parmi (à distribuer au début du semestre) :

- Reconnaissance des caractères manuscrits
- Prédiction des catastrophes naturelles
- Développer un Chatbot capable de répondre aux questions fréquentes d'une entreprise, de manière naturelle.
- Développer un système capable de distinguer les sons normaux d'une machine de ceux indiquant une anomalie (roulement défectueux, vibration excessive, etc.)
- Développer un système (mini IA) capable d'analyser les sentiments exprimés dans les publications sur réseaux sociaux à propos d'un produit, une marque ou un évènement.
- …

Travaux pratiques :

TP 01 : Initialisation

TP 02 :

- Implanter une régression simple avec Scikit-learn visualisation avec Matplotlib (par exemple)
- Visualiser les résultats avec Matplotlib
- …

TP 03 :

- **Pipeline de machine learning et séparation des données**
- Approfondir es notions vues au cours

TP 04 :

- Utilisation Scikit-learn pour entrainer un modèle de classification simple
- …….

TP 05 :

- Implanter un algorithme de clustering sur un Dataset
- Visualiser les clusters : Clustering non supervisé (K-means, DBSCAN)**.**
- ….

TP 06 :

- Construire un réseau de neurones simple avec TensorFlow ou PyTorch ou keras
- Construire un CNN simple pour classifier des images (exemple : Dataset MINIST)
- …

Mode d'évaluation :

examen 60% , CC=40%

Bibliographie :

- Ganascia, J.Gabriel (2024) : l'IA expliquée aux humains. Paris France- Edition le Seuil.
- Anglais, Lise, Dilhac, Antione, Dratwa, Jim et al. (2023) : L'éthique au coeur de l'IA. Quebec Obvia.
- J.Robert (2024) : Natural Language Processing (NLP) : définition et principes – Datasciences. Lien : https://datascientest.com/introduction-au-nlp-natural-language-processing
- Qu'est-ce que le traitement du langage naturel. Lien : https://aws.amazon.com/fr/what-is/nlp/
- M.Journe : Eléments de Mathématiques discrètes – Ellipses
- F.Challet : L'apprentisage profond avec Python – Eyrolles
- H.Bersini (2024) : L'intelligence artificielle en pratique avec Python – Eyrolles
- B.Prieur (2024) : Traitement automatique du langage naturel avec Python – Eyrolles
- V.Mathivet (2024) : Implémentation en Python avec Scikit-learn – Eyrolles
- G.Dubertret (2023) : Initiation à la cryptographie avec Python – Eyrolles
- S.Chazallet (2023) : Python 3 – Les fondamentaux du langage - Eyrolles
- H.Belhadef, I.Djemal : Méthode TALN – Cours de l'unievrsité de Msila - Algérie

V - Programme détaillé par matière du semestre S3

Semestre:3
Unité d'enseignement: UEF 2.1.1
Matière1: Béton Précontraint
VHS: 67h30 (Cours: 3h, TD: 1h30)
Crédits: 6
Coefficient: 3

Objectifs de l'enseignement:

L'objectif de cette matière est de donner aux étudiants les connaissances nécessaires à l'étude des poutres en béton précontraint par pré tension et post tension.

Connaissances préalables recommandées:

Mathématiques**,** RDM, MDC et béton armé.

Contenu de la matière:

Chapitre 1 **: Généralités sur le béton précontraint (1 semaine)**
Historique, Introduction, Principe de la précontrainte, Avantages et inconvénients de la précontrainte.

Chapitre 2 : **Matériaux et matériels utilisés en béton Précontraint(1 semaine)**
Ciment, Béton, Armatures de précontrainte, Armatures passives.

Chapitre 3 : **Modes de Précontrainte (2 semaines)**
Précontrainte par pré-tension, Précontrainte par post-tension, Autres techniques.

Chapitre 4 : **Pertes de Précontrainte (3semaines)**
Pertes instantanées et différées de précontrainte en post-tension, Pertes de tension en pré-tension, Pertes instantanées et différées, Valeurs caractéristiques des tensions des armatures de précontrainte.

Chapitre 5 : **Flexion des poutres isostatiques (3 semaines)**
Généralités, Sections résistantes, Actions et sollicitations, Classes de vérification, Calcul en flexion à l'ELS, Notions importantes, Calcul des sections en classes I et II, Calcul des sections en classes III, Calcul en flexion à l'ELU, Équilibre d'une section à l'ELU, Caractérisation d'un état-limite ultime, Principe des justifications, Mise en équations du problème, Autres états limites ultimes.

Chapitre 6 : **Poutres continues sur appuis simples**: **(2 semaines)**
Calcul des sollicitations hyperstatiques de précontrainte par la méthode interne, Calcul des sollicitations de précontrainte par la méthode directe

Chapitre 6**: Résistance aux Sollicitations Tangentes (2 semaines)**
Résistance à l'effort tranchant, Effets de l'effort tranchant, Réduction de l'effort tranchant, Calcul de la contrainte de cisaillement, Vérification de l'effort tranchant à l'ELS et à l'ELU, Résistance à la torsion, Notions importantes, Comportement d'une poutre en B.A ou B.P vis-à-vis de la torsion, Vérification de la torsion à l'ELS et à l'ELU.

Chapitre 7**: Justification des sections particulières (1 semaine)**
Introduction, Zone d'appuis, Zone d'introduction de la précontrainte en post-tension, Zone d'introduction de la précontrainte en pré-tension.

Mode d'évaluation :
Contrôle Continu : 40% ; Examen : 60%

Références bibliographiques:

1. Cours pratique de béton précontraint par G.DREUX.
2. Construction en béton précontraint par Y.GUYON.
3. Le béton précontraint aux état limite par H.THONIER.
4. Cours de béton précontraint par J.FAUCHET.
5. La précontrainte par Albert CHAUSSIN et R. LA CROIX.

Semestre: 3
Unité d'Enseignement: UEF 2.1.1
Matière2: Plasticité et endommagement
VHS: 45h00 (Cours: 1h30, TD: 1h30)
Crédits: 4
Coefficient: 2

Objectifs de l'enseignement:

Le principal objectif de ce cours est de permettre aux étudiants d'appréhender les outils de calcul des structures du Génie Civil, au-delà de leur limite d'élasticité, jusqu'à la rupture. Le cours traite de la prise en compte du comportement anélastique (plastique et/ou endommagement) des matériaux dans l'évaluation du comportement des structures à la rupture. Un lien avec la règlementation est également établi.

Connaissances préalables recommandées:

Elasticité; Mécanique des Milieux continus; Résistance des Matériaux.

Contenu de la matière:

Chapitre 1. Introduction au calcul anélastique des structures (1 semaine)

(Notion de lois de comportement, Nécessité du calcul plastique)

Chapitre 2. Calcul plastique des structures (6 semaines)

Traction plastique

Flexion Plastique

- Notions de rotule plastique et de Moment-courbure
- Étude des sections homogènes à axes de symétrie
- Étude des sections en béton armé

Détermination de courbes de capacité (Force-Déplacement) des structures (treillis, poutres, portiques) par analyse incrémentale

Chapitre 3. Analyse limite appliquée au calcul des structures (5 semaines)

Principe de l'analyse limite

Les théorèmes de l'analyse limite

- Théorème statique
- Théorème cinématique

Application aux calculs de la charge de ruine de structures

Analyse limite et réglementation (ELU, dimensionnement sismique)

Chapitre 4. Endommagement (3 semaines)

- Introduction à la mécanique de l'endommagement
- Endommagement des structures en béton et béton armé
- Quelques modèles d'endommagement
- Endommagement structurel (Notion d'indice de dommage, relation endommagement local-global)

Mode d'évaluation:

Contrôle continu : 40% ; Examen : 60%.

Références bibliographiques :

- Milan Jirasek & Zdenek P. Bazant « Inelastic Analysis of Structures » Wiley. 2002.
- Patrick de Buhan « Élasticité et calcul à la rupture » Presses des ponts. 2007
- Jean Lemaître & Jean-Louis Chaboche « Mécanique des matériaux solides », 3ème édition Dunod. 2009.

Semestre:3
Unité d'enseignement: UEF 2.1.2
Matière1: Génie parasismique
VHS: 45h (Cours: 1h30, TD: 1h30)
Crédits: 4
Coefficient: 2

Objectifs de l'enseignement:

Fournir aux étudiants des connaissances en Génie parasismique afin que le futur cadre soit capable d'utiliser les méthodes usuelles de calculs parasismiques en prenant du recul sur le règlement en vigueur (RPA 99 - version 2003 et Eurocode 8-1).

Connaissances préalables recommandées

- Dynamique des structures 1 et 2, Structures en béton armé 1 et 2, Constructions Métalliques.

Contenu de la matière :

Chapitre 1. Eléments de sismologie (2 semaines)

- Causes des tremblements de terre,
- Ondes sismiques,
- Systèmes de mesures des séismes,
- Aléas sismiques, Etude d'un cas pratique.

Chapitre 2 : Objectifs de la protection parasismique et méthodes de dimensionnement (1 Semaine)

- Objectifs de comportement
- Méthodes de dimensionnement
- Principes de vérification
- Principes de conception

Chapitre 3 : Caractéristiques des bâtiments résistant aux séismes (2 Semaines)

- Principes de base de la conception
  - Simplicité de la structure
  - Uniformité, symétrie et hyperstaticité
  - Résistance et rigidité dans les deux directions, (effet de la torsion)
  - Action des diaphragmes au niveau des étages
  - Fondations adéquates
- Critères de régularité de la structure
  - Critères de régularité en plan
  - Critères de régularité en élévation

Chapitre 4 : Critères de classification (1 Semaine)

- Zones sismiques - coefficient d'accélération de zone
- Ouvrages selon leur importance
- Sites d'implantation - facteur d'amplification dynamique moyen
- Systèmes de contreventement - coefficient de comportement global de la structure

Chapitre 5 : Règles de calcul de la force sismique - Méthode statique équivalente (3 Semaines)

- Conditions d'application- Principe – Modélisation
- Calcul de la force sismique totale – Distribution de la force sismique suivant la hauteur (étages)
- Effets accidentels de torsion
- Distribution horizontale des forces sismiques aux éléments de contreventement -
- Justification de la sécurité - combinaisons d'actions

Chapitre 6 : Méthode dynamique modale spectrale (3 Semaines)

- Principe – Modélisation – Spectre de réponse de calcul – calcul des forces sismiques.
- Prescriptions communes aux deux méthodes :

- Stabilité au renversement.
- Calcul des déplacements.
- Justification de la sécurité.

Chapitre 7. Concept de ductilité et Dispositions constructives (2 Semaines)

- Concept de ductilité et introduction au dimensionnement par la capacité.
- Dispositions constructives
  - Spécifications particulières aux éléments structuraux.
  - Prescriptions complémentaires aux éléments non structuraux.

Mode d'évaluation:

Contrôle continu : 40% ; Examen : 60%.

Références bibliographiques:

1- RPA-99, 2003. *Règles parasismiques Algériennes 1999*. Document technique réglementaire DTR-BC 248 - Centre National de Recherche Appliquée en Génie sismique (CGS), Alger, 90p.

2- Eurocode 8-1, Calcul des structures pour leur résistance aux séismes - Partie 1 : Règles générales, actions sismiques et règles pour les bâtiments, 2005.

3- DAVIDOVICI (V.). – *La conception parasismique commence dès le choix de la forme des bâtiments.* Les cahiers techniques du bâtiment, no 97, mars 1988.

4- Fuentes, A., 1988. *Comportement post-élastique des structures en béton arme.* Paris, édition Eyrolles, 124p.

5- André PLUMIER, constructions en zone sismique, Edition 2006, université de liège, Document téléchargeable sur le site du Département ArGEnCo : ww.ArGEnCo.ULg.ac.be.

Semestre:3
Unité d'enseignement: UEF 2.1.2
Matière2: Ouvrages spéciaux
VHS: 45h00 (Cours: 1h30, TD: 1h30)
Crédits: 4
Coefficient: 2

Objectifs de l'enseignement:

Ce cours traite la conception, le dimensionnement et ferraillage de certains ouvrages autres que ceux du bâtiment selon l'EuroCode EC2.

Connaissances préalables recommandées:

Résistance des matériaux, Béton Armé.

Contenu de la matière:

Chapitre 1 : Murs de soutènement **(3 semaines)**

Chapitre 2 : Coupoles **(2 semaines)**

Chapitre 3 : Silos **(3 semaines)**

Chapitre 4 : Réservoirs et Château d'eau **(3 semaines)**

Chapitre 5 : Ponts en Béton Armé **(2 semaines)**

Mode d'évaluation:

Contrôle continu: 40% ; Examen: 60%.

Références bibliographiques:

1. *Le béton armé selon les eurocodes 2 (Dunod 2010)*
2. *Calcul des structures en béton armé (Eyrolles 2013)*
3. *Dimensionnement des structures en béton selon l'eurocode 2(Le monitreur 2010)*
4. *Structures en béton armé (Eyrolles 2011).*

Semestre:3
Unité d'enseignement: UEM 2.1
Matière2: Modélisation des structures
VHS: 45h00 (TP: 3h00)
Crédits: 3
Coefficient: 2

Objectifs de l'enseignement:

Ce cours introduit les principes fondamentaux de la modélisation de quelques ouvrages ou d'éléments d'ouvrages de génie civilpar un logiciel en éléments finis(SAP, Robot Structural Analysis, ETABS ...).

Connaissances préalables recommandées:

Principes de base de la méthode des éléments finis, notions de béton armé, notions sur l'étude sismique et du vent.

Contenu de la matière:

Chapitre 1. Présentation d'un logiciel en génie civil

Chapitre 2. Etapes de modélisation d'une structure par le logiciel;

Chapitre 3. Modélisation d'une structure en béton armé (bâtiment d'habitation ou administratif);

Chapitre 4. Modélisation d'une structure en charpente métallique (hangar industriel).

Mode d'évaluation:

Contrôle continu: 100%.

Références bibliographiques:

- Document technique réglementaire (D.T.R. BC 2.2). Charges permanentes et charges d'exploitation.
- Règles parasismiques Algériennes RPA 99 version 2003. DTR –BC-2.48.
- Règlement neige et vent RNV 1999. DTR-C-2-4.7.
- Manuel d'utilisation du logiciel.

Semestre:3
Unité d'enseignement: UEM 2.1
Matière1: Projet structures en béton armé
VHS: 67h30 (Cours: 1h30, TP: 3h00)
Crédits: 6
Coefficient: 3

Objectifs de l'enseignement:

L'objectif de cette matière est de donner aux étudiants l'opportunité d'élaborer et de calculerun projet destructures en béton armé. Elle permet la mise en application des connaissances dans une situation de bureau d'études. L'enseignant dirigera l'encadrement des étudiants en séances présentielles. Les séances de TPse déroulent sous forme d'atelier. Elles ne seront pas comptabilisées autant que séances de travaux pratiques conventionnelles.

Connaissances préalables recommandées:

Résistance des Matériaux – mécanique des structures - Analyse plastique des Structures – MEF - Béton armé - Elasticité – modélisation des structures.

Contenu de la matière:

Présentation et description du projet
Présentation des différentes étapes de calcul d'un projet
Hypothèses de calcul
Matériaux utilisés
Normes et règlements utilisés
Choix du système porteur (structures mixtes : voiles + portiques)
Pré dimensionnement des éléments de structures et évaluation des charges
Dimensionnement des planchers
Calcul des éléments secondaires (un balcon, acrotère)
Calcul et ferraillage des escaliers
Etude sismique
Calcul et ferraillage de la structure porteuse
Dimensionnement des fondations.
Production des plans (Plan de coffrage, plan de ferraillage ….)pour les éléments calculés.
Conclusions et perspectives

Mode d'évaluation:

Contrôle Continu : 70% ; Examen : 30%

Références bibliographiques:

Reinforced and Prestressed concrete'; par FK KONG and RH EVANS; 3rd edition, Van Nostrand Reinhold international, London.
'Reinforced Concrete Design'; par WH MOSELY and JH BUNGEY; Fourth edition, MacMillan
'Traité de Béton Armé'; par R LACROIX, A.FUENTES et H THONIER; Editions Eyrolles,Paris.
'Pratique du BAEL' ;J.PERCHAT et J.ROUX ; Editions Eyrolles,Paris.
Beton arme calcul des ossatures ;Albert fuentes ; Editions Eyrolles,Paris.

Semestre : 3
Unité d'enseignement: UET 2.1.1
Matière 1 : Recherche documentaire et conception de mémoire
VHS : 15h00 (Cours: 1h00)
Crédits : 1
Coefficient : 1

Objectifs de l'enseignement :
Donner à l'étudiant les outils nécessaires afin de rechercher l'information utile pour mieux l'exploiter dans son projet de fin d'études. L'aider à franchir les différentes étapes menant à la rédaction d'un document scientifique. Lui signifier l'importance de la communication et lui apprendre à présenter de manière rigoureuse et pédagogique le travail effectué.

Connaissances préalables recommandées :
Méthodologie de la rédaction, Méthodologie de la présentation.

Contenu de la matière:

Partie I- : Recherche documentaire :

Chapitre I-1 : Définition du sujet (02 Semaines)
- Intitulé du sujet
- Liste des mots clés concernant le sujet
- Rassembler l'information de base (acquisition du vocabulaire spécialisé, signification des termes, définition linguistique)
- Les informations recherchées
- Faire le point sur ses connaissances dans le domaine

Chapitre I-2 : Sélectionner les sources d'information (02 Semaines)
- Type de documents (Livres, Thèses, Mémoires, Articles de périodiques, Actes de colloques, Documents audiovisuels…)
- Type de ressources (Bibliothèques, Internet…)
- Evaluer la qualité et la pertinence des sources d'information

Chapitre I-3 : Localiser les documents (01 Semaine)
- Les techniques de recherche
- Les opérateurs de recherche

Chapitre I-4 : Traiter l'information (02 Semaines)
- Organisation du travail
- Les questions de départ
- Synthèse des documents retenus
- Liens entre différentes parties
- Plan final de la recherche documentaire

Chapitre I-5 : Présentation de la bibliographie (01 Semaine)
- Les systèmes de présentation d'une bibliographie (Le système Harvard, Le système Vancouver, Le système mixte…)
- Présentation des documents.
- Citation des sources

Partie II : Conception de mémoire

Chapitre II-1 : Plan et étapes du mémoire **(02 Semaines)**

- Cerner et délimiter le sujet (Résumé)
- Problématique et objectifs du mémoire
- Les autres sections utiles (Les remerciements, La table des abréviations…)
- L'introduction (*La rédaction de l'introduction en dernier lieu)*
- État de la littérature spécialisée
- Formulation des hypothèses
- Méthodologie
- Résultats
- Discussion
- Recommandations
- Conclusion et perspectives
- La table des matières
- La bibliographie
- Les annexes

Chapitre II- 2 : Techniques et normes de rédaction **(02 Semaines)**

- La mise en forme. Numérotation des chapitres, des figures et des tableaux.
- La page de garde
- La typographie et la ponctuation
- La rédaction. La langue scientifique : style, grammaire, syntaxe.
- L'orthographe. Amélioration de la compétence linguistique générale sur le plan de la compréhension et de l'expression.
- Sauvegarder, sécuriser, archiver ses données.

Chapitre II-3 : Atelier : Etude critique d'un manuscrit **(01 Semaine)**

Chapitre II-4 : Exposés oraux et soutenances **(01 Semaine)**

- Comment présenter un Poster
- Comment présenter une communication orale.
- Soutenance d'un mémoire

Chapitre II-5 : Comment éviter le plagiat ? **(01 Semaine)**

(Formules, phrases, illustrations, graphiques, données, statistiques,)

- La citation
- La paraphrase
- Indiquer la référence bibliographique complète

Mode d'évaluation :

Examen : 100%

Références bibliographiques :

1. *M. Griselin et al., Guide de la communication écrite, 2e édition, Dunod, 1999.*
2. *J.L. Lebrun, Guide pratique de rédaction scientifique : comment écrire pour le lecteur scientifique international, Les Ulis, EDP Sciences, 2007.*
3. *A. Mallender Tanner, ABC de la rédaction technique : modes d'emploi, notices d'utilisation, aides en ligne, Dunod, 2002.*
4. *M. Greuter, Bien rédiger son mémoire ou son rapport de stage, L'Etudiant, 2007.*
5. *M. Boeglin, lire et rédiger à la fac. Du chaos des idées au texte structuré. L'Etudiant, 2005.*
6. *M. Beaud, l'art de la thèse, Editions Casbah, 1999.*
7. *M. Beaud, l'art de la thèse, La découverte, 2003.*
8. *M. Kalika, Le mémoire de Master, Dunod, 2005.*

Semestre: 3
Unité d'enseignement : UET 2.1.2
Matière 1 :Reverse Engineering
VHS: 45h00 (Cours : 1h30 et Atelier : 1h30)
Crédits: 2
Coefficient: 2

Objectifs de l'enseignement

- Comprendre les principes et les objectifs du Reverse Engineering (RE) dans le domaine des sciences et de technologie (ST),
- S'initier aux outils et aux méthodes du RE dans la spécialité concernée.
- Appréhender la valeur et l'éthique des principes du RE dans le design, la fabrication et l'assurance qualitéde produits,
- Encourager la pensée critique, la curiosité technique, l'ingénierie inverse raisonnée etl'innovation,
- Apprendre à analyser, documenter et modéliser un système existant sans documentation initiale.

Compétences visées

- Décomposer et analyser un système existant,
- Reproduire fidèlementun schéma technique ou un modèle 3D à partir d'un produit existant,
- Appliquer des outils de diagnostic et de simulation,
- Travailler en groupe sur un projet exploratoire,
- Identifier les limites juridiques de la rétroconception

Prérequis –Connaissances fondamentales dans la spécialité.

Contenu de la matière

1. Introduction à la Réverse Engineering

- Historique, enjeux légaux et éthiques du RE,
- Définitions et champs d'application : Approches (matériels, logiciels, procédés…)
- Domaines : maintenance, re-fabrication, cybersécurité, veille concurrentielle

2. Méthodologie générale

- Analyse d'un système "boîte noire" (black box)
- Décomposition fonctionnelle
- Diagrammes de blocs, entrées/sorties, flux d'énergie ou d'information

3. Reverse engineering matériel

- Dispositif Electrique –Carte Electronique : inspection visuelle, repérage de composants
- Utilisation d'outils : multimètre, oscilloscope, analyseur logique
- Reconnaissance de schémas électriques
- Reconstitution de schémas sous KiCad / Fritzing /Proteus/**EPLAN Electric P8/** QElectroTech

4. Reverse engineering logiciel

- Analyse statique de binaires (ex : .exe, .hex)
- Décompilation, désassemblage (introduction à Ghidra, IDA Free, ou Hopper)

- Observation de comportements : sniffing, monitoring (ex : Wireshark)
- Cas des microcontrôleurs : lecture mémoire flash, extraction firmware

5. Reverse engineering mécanique

- Numérisation 3D : scanner, mesures manuelles
- Reproduction de modèles CAO à partir de pièces existantes
- Logiciels utilisés : SolidWorks, Fusion360

6. Sécurité et détection d'intrusion

- Reverse engineering dans la cybersécurité : détection de malware, vulnérabilités
- Signature de logiciels, protections contre le RE (obfuscation, chiffrement)

7. Cas d'études réels

- Analyse d'un produit obsolète ou inconnu (souris, alimentation, module Bluetooth, etc.)
- Exemple de rétroconception de pièce mécanique ou système simple (ventilateur, boîtier)

Exemples de TP (base les 4 Génies)

- **Génie Electrique**

- Rétro-ingénierie d'un dispositif électrique sans schéma
- Exemple : Relais temporisé, Armoire Electrique, Variateur de vitesse, Machine Electrique, Système d'automatisation..
- Objectifs : identifier le fonctionnement, dessiner le schéma, proposer une variante améliorée.
- Identification de composants (IC, transistors, résistances, condensateurs, etc.).
- Utilisation d'outils : multimètre, oscilloscope, analyseur logique.
- Lecture et extraction de firmware depuis un microcontrôleur.
- Introduction à la détection de contrefaçons électroniques.

- **Génie Mécanique :**

- Rétro-ingénierie d'un mécanisme simple
- Exemples : pompe manuelle, clé dynamométrique, mini-presse..
- Démontage mécanique d'un système (pompe, engrenage, vérin…).
- Mesures et reconstruction de plans ou modèles 3D avec logiciel CAO (SolidWorks, Fusion360).
- Identification de matériaux et modes de fabrication.
- Simulation fonctionnelle à partir du modèle recréé.

- **Génie Civil :**

- Analyse d'ouvrages existants sans plans (murs, dalles, structures…).
- Exemples : escalier métallique, appui de fenêtre, coffrage)
- Étude et rétroconception d'un élément de structure existant
- Identification des matériaux, des assemblages et des contraintes.
- Modélisation de l'ouvrage via Revit, AutoCAD ou SketchUp.
- Étude de réhabilitation ou reproduction d'éléments structurels anciens.

- **Génie des Procédés**

- Rétroconception d'un module de laboratoire
- Exemples : instruments, distillation, filtration, échangeur, réacteur simples…
- Analyse de systèmes industriels existants (colonne de distillation, échangeur, réacteur…).
- Reconstitution des schémas PFD et PID à partir de l'observation d'une installation.
- Identification des capteurs, actionneurs, organes de commande.
- Étude de flux de matière/énergie dans un procédé.

Mode d'évaluation :

- TP techniques
- Mini-projet de rétro-ingénierie (rapport + soutenance)
- Examen final (QCM + étude de cas)
- Examen : 60% et CC TP : 40%

Références bibliographiques :

- Reverse Engineering for Beginners – Dennis Yurichev (gratuitenligne)
- The IDA Pro Book – Chris Eagle (logiciels)
- Practical Reverse Engineering – Bruce Dang
- Documentation :
  - https://ghidra-sre.org
  - https://www.kicad.org
  - https://www.autodesk.com/products/fusion-360