



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République Algérienne Démocratique
et Populaire
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
Ministère de l'Enseignement Supérieur
et de la Recherche Scientifique

جامعة أمحمد بوقرة
بومرداس
Université
M'hamed Bougara
de Boumerdes



OFFRE DE FORMATIONA RECRUTEMENT NATIONAL

MASTER ACADEMIQUE

2024 - 2025

Etablissement	Faculté / Institut	Département
omaine	Filière	Spécialité
<i>Sciences et Technologies</i>	<i>Hydrocarbures</i>	<i>Génie mécanique : Transport et Distribution des Hydrocarbures</i>



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République Algérienne Démocratique
et Populaire
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
Ministère de l'Enseignement Supérieur
et de la Recherche Scientifique

جامعة أمحمد بوقرة
بومرداس
Université
M'hamed Bougara
de Boumerdes



عرض تكوين برنامج وطني
ل. م. د.

ماستر أكاديمي

2024-2025

الميدان	الفرع	التخصص
علوم وتكنولوجيا	المحروقات	هندسة ميكانيكية: نقل وتوزيع المحروقات

I – Fiche d'identité du Master

1 - Localisation de la formation : Université M'Hamed Bougara Boumerdes
Faculté (ou Institut) : Faculté des Hydrocarbures et de la Chimie
Département : Transport et Équipements des hydrocarbures
Section : Master

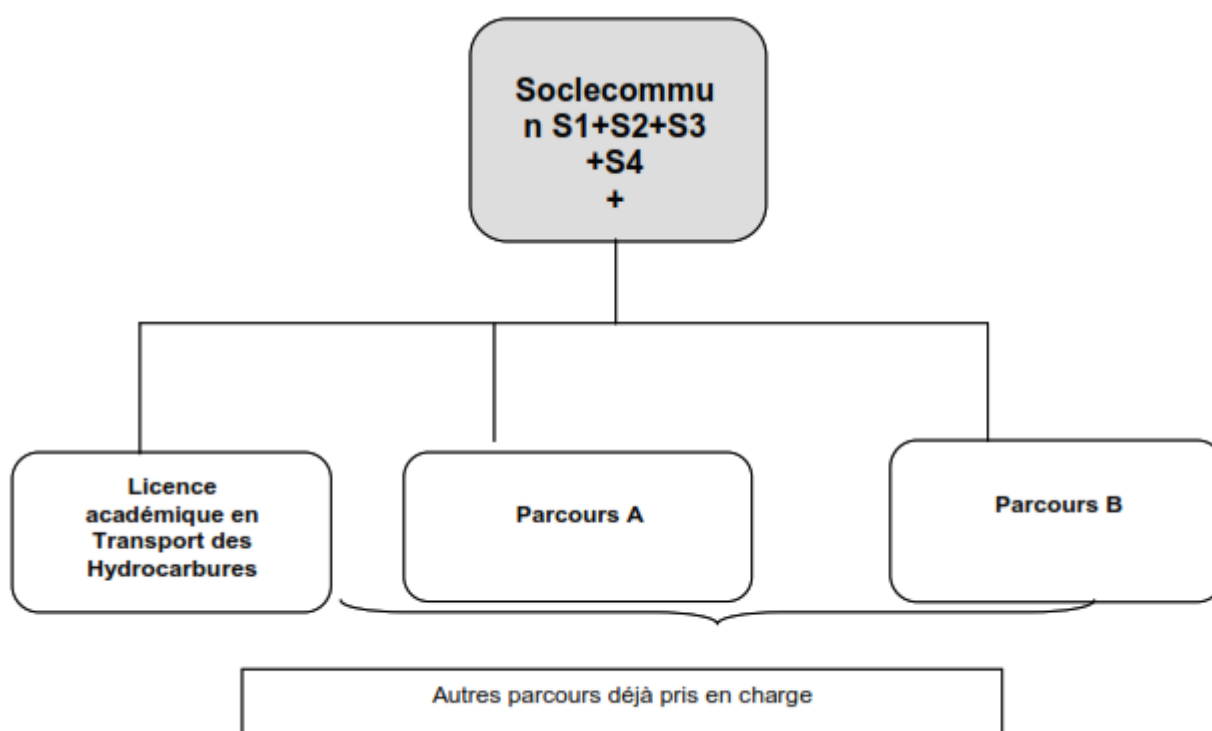
2- Partenaires extérieurs :

- Les entreprises industrielles
- SONATRACH,
- SONEGAS,
- ENIP,
- NAFTAL

3 – Contexte et objectifs de la formation

A – Organisation générale de la formation : Position du projet

Si plusieurs Masters sont proposées ou déjà prises en charge au niveau de l'établissement (même équipe de formation ou d'autres équipes de formation), indiqué dans le schéma suivant, la position de ce projet par rapport aux autres parcours.



B – Contexte et Objectifs de la formation

Notre objectif est de dispenser une formation en Mécanique Pétrolière Option Transport des hydrocarbures par la mise en place d'un Master académique. Effectivement Ce Master en transport des hydrocarbures doit assurer une formation portant aussi bien sur les aspects pratiques que sur les aspects théoriques du transport de pétrole et du gaz par canalisation ainsi que leurs stockages. Les diplômés doivent être opérationnels et connaître :

- ▣ les conditions de fonctionnement et du suivi en opération des transferts gravitaires et par pompage
- ▣ l'exploitation des réservoirs et du parc de stockage dans les meilleures conditions de sécurité.
- ▣ Les problèmes de pertes de charge, de résistance à l'écoulement, de vaporisation de coup de bélier dans le pipeline et les dispositions à prendre.
- ▣ comprendre le comportement des pompes centrifuges et les paramètres qui l'influencent
- ▣ maîtriser la technologie d'optimisation et configurer aux mieux un réseau de transport des hydrocarbures et bien choisir les équipements qui vont avec. Ce Master en Transport des hydrocarbures s'appuie sur le partenariat du secteur industriel.

C – Profils et compétences visées

Cette formation permet à l'étudiant d'emprunter différentes voies :

- Intégrer le secteur industriel pour exercer des fonctions au niveau des bureaux d'études et de développement.
- Enseignement et recherche après une formation doctorale (université, centre de recherche,...)

D – Potentialités régionales et nationales d'employabilité

Nos diplômés pourront satisfaire les besoins en emplois des secteurs publics et économique des entreprises Nationales et Internationales activant dans notre pays.

E-Conditions d'accès

Être titulaire d'une Licence en transport des hydrocarbures par canalisations

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

Semestre 1

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 1.1.1 Crédits : 8 Coefficients : 4	Gazodynamique	4	2	1h30	1h30		45 h	45 h	40%	60%
	Recherche opérationnelle	4	2	1h30	1h30		45 h	45 h	40%	60%
UE Fondamentale* Code : UEF 1.1.2 Crédits : 10 Coefficients : 5	Mécanique des fluides Pétroliers	6	3	2h15	1h30	00h45	67h30	67h30	40%	60%
	Thermodynamique des fluides Pétroliers	4	2	1h30	1h30		45 h	45 h	40%	60%
UE Méthodologie Code : UEM 1.1 Crédits : 6 Coefficients : 4	Génie civil et mécanique des sols	2	2	1h30	00h45		33h45	33h45	40%	60%
	Mécanique des structures	4	2	1h30	1h30		45 h	45 h	40%	60%
UE Méthodologique Code : UEM 1.2 Crédits : 6 Coefficients : 4	Intelligence artificielle	2	2	1h30	00h45	00h45	45 h	45 h	40%	60%
	Programmation Informatique Spécialisée	4	2	1h30	1h30	1h30	67h30	67h30	40%	60%
Total semestre 1		30	17	12h45	10h30	3h00	393h45	393h45		

(*) UEF 1.1.2 requise pour le passage

NB : la présence aux cours est obligatoire

Semestre 2

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 1.2.1 Crédits : 10 Coefficients : 6	Phénomènes de Transfert	5	3	2h15	1h30		56h15	56h15	40%	60%
	Modélisation en Transport des hydrocarbures	5	3	2h15	1h30		56h15	56h15	40%	60%
UE Fondamentale Code : UEF 1.2.2 Crédits : 8 Coefficients : 4	Équipements et Design des Pipelines	4	2	1h30	1h30		45h	45h	40%	60%
	Calcul des Enceintes sous pression	4	2	1h30	1h30		45h	45h	40%	60%
UE Méthodologie Code : UEM 2.1 Crédits : 8 Coefficients : 5	Production et Traitement des Hydrocarbures	3	2	2h15	0h45		45h	45h	40%	60%
	Technologie du GNL et GPL	5	3	2h15	1h30		56h15	56h15	40%	60%
UE Méthodologie Code : UEM 2.2 Crédits : 3 Coefficients : 2	Régulation automatique et technique de comptage	3	2	2h15	0h45		45h	45h	40%	60%
UE Transversale Code : UET 1.2 Crédits : 1 Coefficients : 1	Respect des normes et des règles d'éthique et d'intégrité	1	1	1h30			22h30	22h30		100%
Total semestre 2		30	18	15h45	09h00		371h15	371h15		

(*) UEF 1.2.1 requise pour le passage

NB : la présence aux cours est obligatoire

Semestre 3 :

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 : 8 Coefficients : 4	Réhabilitation des pipelines	4	2	1h30	1h30		45 h	45 h	40%	60%
	Parcs de Stockage et Exploitation des terminaux Marins	4	2	2h15	0h45		45 h	45 h	40%	60%
UE Fondamentale Code : UEF 2.1.2 Crédits : 10 Coefficients : 5	Simulation en transport des hydrocarbures	6	3	1h30	3h00		67h30	67h30	40%	60%
	Installations Thermiques en Transport	4	2	1h30	1h30		45 h	45 h	40%	60%
UE Méthodologie Code : UEM 2.1 Crédits : 9 Coefficients : 5	Optimisation des systèmes de Traitement et de transport des HC	5	3	1h30	1h30		45 h	45 h	40%	60%
	Contrôle et Monitoring des Pipelines	4	2	1h30	1h30		45 h	45 h	40%	60%
UE Méthodologie Code : UEM 2.2 Crédits : 2 Coefficients : 2	Innovation et Startup	1	1	1h30			22h30	22h30		100%
	Économie et Gestion d'entreprise	1	1	1h30	1h30		45 h	45 h	40%	60%
UE Transversale Code : UET 2.1 Crédits : 1 Coefficients : 1	Hygiène et sécurité de l'environnement	1	1	1h30			22h30	22h30	40%	60%
Total semestre3		30	17	14h15	11h15		382h30	382h30		

NB : la présence aux cours est obligatoire

Semestre 4 : Stage en entreprise sanctionné par un mémoire et une soutenance.

Unité d'enseignement	VHS	Coefficient	Crédits
Stage et mémoire	375	17	30
Séminaires			
Autre (préciser)			
Total Semestre 4	375	17	30

Évaluation du Projet de Fin de Cycle de Master :

- Valeur scientifique (Appréciation du jury)
- Rédaction du Mémoire (Appréciation du jury)
- Présentation et réponse aux questions (Appréciation du jury)
- Appréciation de l'encadreur

III - Programme détaillé par matière du semestre S1

Semestre: 1
Unité d'enseignement: UEF1.1.1
Matière 1: Gazodynamique
VHS: 45h (Cours: 1h30, TD: 1h30)
Crédits: 4
Coefficient: 2

Objectifs de l'enseignement: Ce programme est conçu de façon à permettre aux étudiants de se familiariser avec les phénomènes particuliers d'écoulement de gaz ou de gazodynamique et de pouvoir résoudre des problèmes liés aux écoulements de fluide compressible. L'étude des turbomachines est introduite en seconde partie.

Connaissances préalables recommandées: Les notions fondamentales de mécanique de fluides incompressibles et de thermodynamique sont très importantes pour l'assimilation de ce cours.

Contenu de la matière:

I Introduction

Compressibilité. Hypothèses fondamentales. Conclusions

II équations de l'écoulement stationnaire unidimensionnel de fluide compressible

Introduction. Volume de contrôle. Équations de la gazodynamique. Conclusions

III Écoulement isentropique unidimensionnel

Introduction. Équations de l'écoulement isentropique. Remarques et conclusions

IV Ondes de choc droites

Relations des ondes de choc droites. Remarques et Conclusions

V Analyses numériques de l'écoulement unidimensionnel

Introduction. Équations gouvernantes, discrétisation. Écoulements isentropiques subsonique et supersonique stationnaires. Remarques et Conclusions

VI Méthode des caractéristiques

Mode d'évaluation:

Contrôle continu: 40 % ; Examen: 60 %.

Références bibliographiques:

Patrick H. Oosthuizen, William E. Carscallen, *Compressible fluid flow*, ISBN0070481970, McGraw-Hill editions, 1997

H. W. Liepmann, A. Roshko, *Elements of Gasdynamics*, ISBN0471534609, Jhon Wiley& Sons, 1957.

Semestre: 1
Unité d'enseignement: UEF 1.1.1
Matière 2: Recherche Opérationnelle
VHS: 45h (Cours: 1h30, TD: 1h30)
Crédits: 4
Coefficient: 2

Objectifs de l'enseignement: Avoir des notions sur les outils d'aide à la décision

Connaissances préalables recommandées: Algèbre, probabilité et statistique,

Contenu de la matière:

Éléments d'Algèbre linéaire

Formulation d'un programme linéaire (PL).

Introduction. Les conditions de formulation d'un PL. Les étapes de formulation d'un PL

Présentation Théorique. Exemples de formulations.

Résolution graphique du programme linéaire (PL). Introduction

Système d'axes. Représentation graphique des contraintes. Représentation de la fonction objectif. Recherche de la solution optimale. Exemples. Analyse de sensibilité

La Méthode de Simplexe

Introduction. Mise sous forme standard. Revue algébrique de la méthode du simplexe. La méthode des tableaux. Résumé de la procédure de la méthode du simplexe. Exemple

Problèmes de Minimisation et Problèmes Irréguliers

Introduction. Les variables artificielles. Les problèmes de minimisation. Les problèmes irréguliers

Dualité et analyse de sensibilité

Introduction. Interprétation économique. Dualité. Analyse de sensibilité. Introduction d'une nouvelle activité. Logiciel pour la résolution des programmes linéaires : LINDO (Linear Interactive and Discrete Optimizer)

Introduction & Installation du Logiciel. Résolution d'un exemple. Les commandes de Lindo.

Programmation à nombres entiers

Introduction à la Programmation Dynamique

Introduction.. Exemple prototype. Le problème du voyageur.. Caractéristiques d'un problème de programmation dynamique. Programmation dynamique déterministe

Mode d'évaluation:

Contrôle continu: 40 % ; Examen: 60 %.

Références bibliographiques:

Linear Programming and Network Flows – Mokhtar S. Bazaraa, John J. Jarvis, Hanif D. Sherali.

Introduction to Operations Research – Frederick S. Hillier, Gerald J. Lieberman.

Operations Research: An Introduction – Hamdy A. Taha.

Linear Programming: Foundations and Extensions – Robert J. Vanderbei.

Integer and Combinatorial Optimization – Laurence A. Wolsey, George L. Nemhauser

Semestre: 1
Unité d'enseignement: UEF 1.1.2
Matière 1: Mécanique des fluides pétroliers
VHS: 67h30 (Cours: 2h15, TD: 1h30, TP: 0h45)
Crédits: 6
Coefficient: 3

Objectifs de l'enseignement: Description mathématique des écoulements des fluides rencontrés dans l'industrie pétrolière.

Connaissances préalables recommandées: mécanique des fluides

Contenu de la matière:

Notions fondamentales de mécanique des fluides et rhéologie

Classification des fluides. Équation constitutive. Tenseurs de contraintes et des déformations

Rhéomètres et mesures techniques.

Écoulements des fluides Newtoniens. Équation de Navier stokes. Quelques solutions exactes des écoulements laminaires.

Écoulements turbulent.

Écoulements des fluides non Newtoniens à travers différentes géométries. Les pertes de charges pour fluide non newtonien. . Réduction des pertes de charges.

Caractéristiques des suspensions. . Caractéristiques des écoulements de fluide s viscoélastiques.

Écoulements de fluides diphasiques. Définition des écoulements polyphasiques /

Terminologie. Différentes approches de résolution des écoulements multiphasiques

Méthodes historiques d'études des écoulements diphasiques. Modèle homogène. Modèle

DFM (glissement). Modèle compositionnel.

Exemple d'un logiciel d'écoulement dynamique PIPESIM et PIPEPHASE.

Mode d'évaluation:

Contrôle continu: 40 % ; Examen: 60 %.

Références bibliographiques:

1. R. COMOLET : Mécanique Expérimentale des fluides. Tome 1, 2,3 Collection Sciences Sup.
2. SCHAUM : Mécanique des Fluides et Hydraulique. Cours et PBS. Mc Graw Hill 2002.
3. R.OUZIAUX Mécanique des fluides Appliquée. Cours et Exercices. Edition DUNOD 1998.
4. N. MIDOUX : Mécanique et rhéologie des fluides en génie chimique. Lavoisier 1999.
5. Bailly C., Comte-Bellot G.: Turbulence. Editions de CNRS 2003
6. Midoux N. : Mécanique et Rhéologie des Fluides. Tec et Doc

Semestre: 1
Unité d'enseignement: UEF 1.1.2
Matière 2: Thermodynamique des fluides Pétroliers
VHS: 45h (Cours: 1h30, TD: 1h30)
Crédits: 4
Coefficient: 2

Objectifs de l'enseignement: Connaitre les lois de comportement des hydrocarbures

Connaissances préalables recommandées: Cours de thermodynamique classique

Contenu de la matière:

Chapitre I : Comportement de phase de base

Systèmes à un seul composant. Systèmes à deux composants. Systèmes à plusieurs composants. Classification des réservoirs

Chapitre II : propriétés physiques des corps purs et caractérisation de la fraction non définie de pétrole

Corrélations généralisées pour l'estimation des propriétés physiques. Méthodes pour l'estimation des propriétés physiques des fractions pétrolières. Caractérisation des fractions lourdes d'hydrocarbures. Méthodes basées sur la détermination du P.N.A. Autres méthodes pour la Caractérisation des fractions lourdes d'hydrocarbures

Chapitre III : Propriétés des gaz naturels

Comportement d'un gaz idéal. Mélange de gaz idéaux. Propriétés des mélanges de gaz idéaux. Comportement des gaz réels. Les effets des gaz non hydrocarbures sur le facteur de compressibilité Z. Compressibilité des gaz naturels. Viscosité des gaz. Méthodes de calcul de la viscosité des gaz naturels. Compressibilité des gaz naturels. Application d'ingénierie des propriétés P.VT du gaz naturel

Chapitre IV : Comportement de phase des pétroles

Masse volumique et densité du pétrole brut. Méthodes pour la détermination de la masse volumique des pétroles de composition inconnue. Coefficient de compressibilité isotherme des pétroles. Viscosité des pétroles. Méthodes pour la détermination de la Viscosité des pétroles. Pression de bulle. Application des propriétés PVT du pétrole brut dans l'ingénierie du réservoir.

Équilibres liquide-vapeur

Constantes d'équilibres. Les calculs de flash. Constantes d'équilibres pour les solutions réelles. Applications des constantes d'équilibre dans l'ingénierie du pétrole

Chapitre VI : Les équations d'états

Forme généralisée des équations d'état. Applications des équations d'état dans l'ingénierie du pétrole. Calculs d'équilibre de trois phases. Simulation des données PVT de laboratoire par les équations d'état.

Mode d'évaluation:

Contrôle continu: 40 % ; Examen: 60 %.

Références bibliographiques:

1. Properties of Petroleum Reservoir fluids. Emil. J. Burcik
2. Equations of State. and PVT Analysis. Applications for Improved. Reservoir Modeling. Tarek Ahmed, 2007. Texas.
3. Petrophysics. Ekwers Peter. Texas.

4. Reservoir fluids textbook series volume 2 by zoltáne. heinemanne. weinhardt.2004.
5. Properties of reservoir rock Core Analysis. Robert Monicard IFP
7. Gravier J .F. Cours de Production. Propriétés des fluides de Gisements. Technip. 1986

Semestre: 1
Unité d'enseignement: UEM 1.1
Matière 1: Génie Civil et Mécanique des Sols
VHS: 33h45 (Cours: 1h30, TD: 00h45)
Crédits: 2
Coefficient: 2

Objectifs de l'enseignement: Maîtriser les applications de la mécanique des sols dans les projets de construction des pipelines et des réservoirs de stockage des hydrocarbures.

Connaissances préalables recommandées: Mécanique du milieu continu

Contenu de la matière:

Introduction à la mécanique des sols.

Catégories des matériaux du sol, paramètres d'état du sol, classification des sols.

Contraintes dues aux poids des terres, principe des contraintes effectives de Terzaghi.

Résistance au cisaillement des sols, consolidation des sols fins.

Méthodes de calcul de la capacité portante des fondations et du tassement des fondations.

Méthodes de calcul de la capacité portante des pieux isolés et en groupes.

Tassement d'un pieu isolé ou d'un groupe, déflexion d'un pieu chargé latéralement.

Définitions relatives aux états d'équilibre des sols.

Étude de la répartition des pressions sur la surface de contact fondation-sol.

État de contraintes dans un massif de terrain provoqué par des charges concentrées et réparties.

Stabilité des sols soumis à des efforts de soulèvement, influence du fluage du sol sur le mouvement des conduites enterrées.

Interaction de la géotechnique (type de sols et de roche) et l'ingénierie du pipeline.

Étude On shore et Offshore du sol: études théoriques, géophysiques et techniques d'investigation géotechniques, essais in situ des tests, l'échantillonnage et les tests de laboratoire.

Génie des pipelines: la stabilité des pipelines de fonds marins, l'affouillement, la conception des pipelines enterrés. Les tranchées des pipelines

Ingénierie des pipelines terrestres.

Mode d'évaluation:

Contrôle continu: 40 % ; Examen: 60 %

Références bibliographiques:

Cassan M. « Les essais in situ en mécanique des sils », Ed. Erolles – 1988

J. L. Dville « stabilité des pentes, glissement en terrain meuble », technique de l'ingénieur, 1996.

C. Daniel, « Mécanique des sols », Lavoisier Tech. Et Doc, 1994

J. E. Bowles, « Engineering properties of soils », McGraw Hill, New-york, 1986

P. Gerars, « Fondations et ouvrages en terre », Ed. Erolles 1998

Semestre: 1
Unité d'enseignement: UEM1.1
Matière 2: Mécanique des Structures
VHS: 45h (Cours: 1h30, TD: 1h30)
Crédits: 4
Coefficient: 2

Objectifs de l'enseignement

L'objectif du cours est de transmettre les connaissances de base de la mécanique des structures-MDS, dont la finalité est essentiellement utilitaire, à savoir la compréhension, l'analyse et la prévision du comportement mécanique des matériaux et des éléments de construction des structures, sous l'effet des différentes sollicitations.

Connaissances préalables recommandées:

Connaissances de base en résistance des matériaux et les notions fondamentales de mécanique, telles que la statique et la distribution des efforts intérieurs dans un solide, ainsi que l'analyse mathématique.

Contenu de la matière:

I. Equilibre intérieur d'un solide

1. Généralités
2. Hypothèses fondamentales
3. Efforts intérieurs et contraintes

II. Analyse des contraintes

1. Etat de contraintes monodimensionnel
2. Etat de contraintes bidimensionnel
3. Etat spécial de contraintes

III. Critères généraux de résistance

1. Généralités
2. Critères élémentaires
3. Critères liés au tri cercle de contraintes
4. Critères liés à l'énergie

IV. Flambage des poutres droites

1. Notions de stabilité et d'instabilité élastique
2. Cas fondamentale du flambage d'une poutre
3. Cas dérivés du flambage d'une poutre
4. Flambage en dehors du domaine élastique

V. Fatigue des métaux et endurance

1. Généralités
2. Loi de Wöhler
3. Diagrammes d'endurance
4. Facteurs principaux agissant sur la limite de fatigue
5. Coefficient de sécurité d'endurance

VI. Energie de déformations élastique et systèmes hyperstatiques

1. Energie de déformation
2. Théorèmes énergétiques
3. Méthodes de relaxation des systèmes hyperstatiques et applications
4. Applications

Mode d'évaluation: Contrôle continu:40%; Examen: 60%.

Références bibliographiques:

1. F.VOLDOIRE, Y.BAMBERGER « Mécanique des Structures, Initiation – Approfondissement - Applications ». Presse de l'école nationale des ponts et chaussées, 2008.
2. M.DEL PEDRO, T.GMÜR. « Eléments de Mécanique des Structures ». Presses polytechniques et universitaires Romandes, 2001.
3. R.C.HIBBLER « Mechanics of Materials » Third Edition. Prentice Hall, 1997.
4. W.A.NASH « Résistances des Matériaux. Tome 2 : Cours et problèmes ». Série Schaum, Mc Graw-Hill International, 1985.
5. I.N.MIROLIOUBOV « Problèmes de Résistances des Matériaux » Edition Mir, 1977.
6. V.FEODOSSIEV « Résistances des Matériaux » 2eme édition. Edition Mir, 1971.

Semestre:1

Unité d'enseignement: UEM 1.2

Matière 1: Intelligence Artificielle

VHS: 45h00 (Cours: 1h30, TD : 00h45, TP: 00h45)

Crédits: 2

Coefficient: 2

Objectifs de l'enseignement :

La croissance rapide de la recherche en Intelligence Artificielle (IA) et de ses applications offre des opportunités sans précédent. Ce cours a pour objectif de permettre aux étudiants désirant recevoir une bonne formation de base couvrant un large spectre des concepts et des applications de l'IA basée sur les données et de l'apprentissage par l'exemple. Le programme proposé des cours d'introduction à l'apprentissage statistique, à l'apprentissage profond.

Connaissances préalables recommandées: Mathématique, programmation Python et algorithmiques.

Contenu de la matière:

I. Introduction à l'intelligence artificielle

- a. Qu'est-ce que le «DATA-Sciences»?
- b. Qu'est-ce que l'IA?
- c. Qu'est-ce que «Machine learning» ou «l'apprentissage de la machine »?
- d. Qu'est-ce que «Deep learning» ou «L'apprentissage profond»
- e. Historique de l'IA
- f. Les applications de l'IA
- g. Pourquoi Python pour l'IA?

II. Prétraitement des données (DATA pre-processing)

- a. Pourquoi le prétraitement des données?
- b. Les Inputs/Outputs d'une base de données
- c. Les données catégoriques
- d. Les données numériques
- e. DATA cleaning
- f. Traitements avec les données manquantes (instructions: **isnull, isnull. sum, dropna**)
- g. Remplacement des données manquantes par:
 1. La moyenne
 2. Le mode
 3. La médiane
 4. L'instruction **fillna ()**
- h. Transformation des données catégoriques en numérique

III. Visualisation des données

- a. Bibliothèques de visualisation dans Python (**Matplotlib et Seaborn**)
- b. Les histogrammes
- c. Les barplots
- d. Les box-plots
- e. La standardisation des données
- f. Les corrélations et leur interprétation

IV. Machine Learning (ML)

- a. Introduction à ML (Définition, applications, Schéma de ML et position, différents types de ML)
- b. Bibliothèques **klearn** dans Python pour ML.
- c. Concepts de «l'apprentissage supervisé» et «l'apprentissage non-supervisé»
- d. L'apprentissage supervisé:
 - i. La régression
 - ii. La classification
- e. Étapes de l'apprentissage (Split-Data: Train/Test)
- f. Les algorithmes de la régression (régression linéaire, régression multilinéaire, régression polynomiale et multi-polynomiale)
 - i. Les métriques d'évaluations (MSE, R-squared error...)
- g. Les algorithmes de la classification (régression logistique, l'algorithme KNN, arbres de décision, algorithmes d'agrégation : les forêts)
- h. Les algorithmes de l'apprentissage non-supervisé: les clusters hiérarchiques (clusters agglomératifs, clusters divisifs), l'algorithme K-mean, méthode Elbow, algorithme APRIORI

V. Deep-learning (DL)

- a. Deep-learning dans Python
 - i. Présentation de Framework «**TENSORFlow**», «**Pythorch**»
 - ii. Projet de DL utilisant **Tensorflow**, **Pythorch**
- b. Base des réseaux de neurones artificiels
- c. Neurone formel,
- d. Réseaux de neurones en couches,
- e. Auto encodeurs,
- f. Réseaux profonds «couches convolutionnelles»,

Mode d'évaluation: Examen: 100%

Références bibliographiques:

Polycopie de cours,

Sites internet :

www.kaggle.com

www.edureka.co

www.edx.com

www.udemy.com

www.w3schools.com

Semestre:1

Unité d'enseignement: UEM 2.2

Matière 2: Programmation Informatique Spécialisée

VHS: 67h30 (Cours: 1h30, TD: 1h30, TP: 1h30)

Crédits: 4

Coefficient: 2

Objectifs de l'enseignement :

Maitriser les méthodes numériques de résolution des équations, maitriser leur programmation en Python; Calcul et approximation des fonctions, méthode des volumes finis...

Connaissances préalables recommandées: Mathématique, Analyse numérique,

Algorithmique et programmation en Python.

Contenu de la matière:

- Éléments de programmation en Python.
- Représentation graphique de fonctions.
- Calcul et approximation de fonction
- L'interpolation.
- Résolution d'équations non-linéaires.
- Résolution de systèmes d'équations linéaires. Polynômes orthogonaux
- Dérivation et intégration numérique.
- Transformation numérique inverse de Laplace
- Problèmes différentiels à conditions initiales
- Problèmes à conditions aux limites et problèmes aux valeurs propres Equations aux dérivées partielles et méthode des volumes finis
- Introduction aux Méthodes des volumes finis pour les problèmes de diffusion (1D,2Det3D).
- Méthodes des volumes finis pour les problèmes de convection. Diffusion.
- Bases théoriques et application des schémas: centré, décentré, hybride, de puissance Propriétés des schémas de discrétisation :
 - Conservation de flux.
 - Valeurs bornées.
- Analyse descriptive de données.
- Caractéristiques de tendance centrale et de dispersion.
- Modèles statistiques.
- Échantillonnage et estimation.
- Tests d'hypothèses.
- Comparaison de proportions et tableau croisé.
- Corrélation linéaire et droite de régression
- Régression linéaire et non linéaire

Mode d'évaluation: Contrôle continu:40%;

Examen: 60%.

Références bibliographiques:

- Jean-Philippe Grivet *Méthodes numériques appliquées* (EDP Sciences,2008) André Fortin, *Analyse numérique pour ingénieurs* (Pressesinter nationales polytechniques,2001
 - Christian Guilpin, *Manuel de calcul numérique appliqué* (EDPSciences,1999)
 - Michaël Baudin *Méthodes numériques avec Python : Théorie, algorithmiques, implémentation et applications avec Python 3. 2023*
- Qingkai Kong, Timmy Siauw *Python programming and Numerical Methods : A guide for engineers and scientists. 2020.*

IV - Programme détaillé par matière du semestre S2

Semestre: 2
Unité d'enseignement: UEF1.2.1
Matière 1 : Phénomènes de Transfert
VHS: 56h15 (Cours: 2h15, TD: 1h30)
Crédits: 5
Coefficient: 3

Objectifs de l'enseignement:

- Comprendre les phénomènes fondamentaux de transfert (quantité de mouvement, chaleur, matière).
- Maîtriser les bilans globaux et locaux pour des systèmes thermiques et multiconstituants.
- Analyser les écoulements fluides, y compris les systèmes polyphasiques et turbulents.
- Étudier les propriétés rhéologiques des fluides et leur impact sur les phénomènes de transfert.
- Appliquer les principes du génie des séparations et des échangeurs de chaleur.
- Utiliser des outils d'analyse dimensionnelle et semi-empiriques pour modéliser les systèmes.

Connaissances préalables recommandées:

- Bases de la mécanique des fluides et des transferts thermiques.
- Notions de thermodynamique et de chimie physique.
- Compétences en mathématiques appliquées, en particulier les équations différentielles.
- Connaissance des techniques de mesure des pressions, débits, et vitesses.
- Concepts de base sur l'agitation, le mélange, et les systèmes de séparation.

Contenu de la matière:

Thème 1. Analyse globale.

Un premier contact avec les phénomènes de transfert.

Diffusion de la quantité de mouvement. Viscosité et paramètres rhéologiques de fluides non newtoniens.

Bilans globaux dans le cas de systèmes isothermes et à composition constante. Chapitre 4.

Facteur de friction et coefficient de traînée.

Conduction de la chaleur.

Bilans globaux dans le cas de systèmes à température variable mais à composition constante.

Coefficients d'échange de chaleur.

Diffusion d'une espèce dans un mélange.

Bilans globaux pour des systèmes multiconstituants.

Coefficients de transfert de matière.

Thème 2. Analyse locale.

Quelques compléments sur les phénomènes de diffusion et de conduction. Chapitre 12. Les équations de bilan à l'échelle locale.

Analyse dimensionnelle des équations de changement. Théorie des maquettes.

Phénomènes de transfert en régime turbulent.

Du local au global : démonstrations et compléments.

Hydrodynamique des systèmes polyphasiques.

Compléments sur les phénomènes de diffusion dans les systèmes multiconstituants.

Utilisations dans les procédés.

Bilans matière et énergie en régime permanent.

Bilans matière et énergie en régime transitoire.

.Puissance nécessaire pour mettre un fluide en mouvement.

Organes de mise en mouvement des fluides. Mesure des pressions, des débits et des vitesses.

Conduction de la chaleur dans les solides - calorifugeage. Premières informations sur les échanges et les échangeurs de chaleur.

Agitation et mélange : approches semi-empiriques.

Principes généraux du génie des séparations.

Écoulements liquides en films : vers l'étude des colonnes à garnissage.

Analyse des écoulements dans les cuves agitées.

Mode d'évaluation:

Contrôle continu: 40 % ; Examen: 60 %.

Références bibliographiques:

- Transport Phenomena – Bird R.B., Stewart W.E., Lightfoot E.N.
- Introduction to Chemical Engineering Thermodynamics – Smith J.M., Van Ness H.C., Abbott M.M.
- Fundamentals of Heat and Mass Transfer – Incropera F.P., DeWitt D.P.
- Fluid Mechanics for Chemical Engineers – Wilkes J.O.
- Chemical Engineering Design: Principles, Practice and Economics of Plant and Process Design – Sinnott R.K., Towler G.

Semestre: 2

Unité d'enseignement: UEF1.2.1

Matière 2 : Modélisation en Transport des Hydrocarbures

VHS: 56h15 (Cours: 2h15, TD: 1h30)

Crédits: 5

Coefficient: 3

Objectifs de l'enseignement: Permettre à l'étudiant de formuler mathématiquement le fonctionnement des différents organes de transport.

Connaissances préalables recommandées: Mécanique des fluides, Thermodynamique des fluides Pétroliers.

Contenu de la matière:

Modèles mathématiques des écoulements de pétrole et de gaz

Modélisation stationnaire des écoulements non isothermes.

-Écoulement isotherme des produits pétroliers. Écoulements des fluides compressibles par conduits.

Modélisation en régime stationnaire des Produits pétroliers

-Distribution de pression et température le long d'un pipe. Détermination du coefficient de transfert de chaleur global. Variation des paramètres d'écoulement.

Dynamique de transfert de masse lors du transport des multi produits successivement.

-Estimation du temps de chauffe ou de refroidissement d'un système pétrolier.

-Modélisation du refroidissement ou du réchauffement des systèmes.

-Méthode analytique approximative. Méthode itérative.

-Le couplage mouvement transfert de chaleur et de masse et Moyens de résolution.

Modélisation des dépôts de solide.

-Représentation du système thermodynamique

-Modélisation et traitement numérique d'un problème conjugué.

Étude prévisionnelle de formation des hydrates.

Étude du Dépôt de condensat

Modélisation non stationnaire des produits pétroliers.

-Le modèle mathématique. Technique de résolution. Méthode de différences finis. Méthode des caractéristiques.

Modélisation du fonctionnement des organes rencontrés sur le réseau de transport

Étude de Cas :

-Cas Liquide : Coup de bélier. Et moyen de protection

-Cas gaz/ Line pack et vidage de gazoducs.

Modélisation du transport des fluides complexes par pipeline

Modélisation du Transport des Liquides Non Newtonien

Modélisation du transport des fluides chargés.

Mode d'évaluation:

Contrôle continu: 40 % ; Examen: 60 %.

Références bibliographiques:

1. Olson, R.M. and Wright, S.J., *Essentials of Engineering Fluid Mechanics*, 5th ed., Harper & Row, New York, 1990.
2. Numerical Simulation of Gas Network. Theory Computational Implementation. And Industrial Applications. Rade Ivanovitch 2005.
3. Fluid Mechanics - Hydraulics Of Pipeline Systems.pdf (caractéristiques)

4. Karassik, I.J. et al., Eds., *Pump Handbook*, McGraw-Hill, New York, 1976
5. Streeter, V.L., *Fluid Mechanics*, 5th ed., McGraw-Hill, New York, 1971
6. Source SPE

Semestre: 2
Unité d'enseignement: UEF1.2.2
Matière1: Équipements et Design des Pipelines
VHS: 45h (Cours: 1h30, TD: 1h30)
Crédits: 4
Coefficient: 2

Objectifs de l'enseignement:

- Comprendre les principes fondamentaux des pipelines.
- Maîtriser les étapes de préparation et de construction des pipelines.
- Apprendre les techniques de traversée de points spéciaux (routes, cours d'eau, ravins, chemins de fer).
- Connaître les procédures d'équipement, d'essais et de mise en service des pipelines.
- Appliquer les normes de sécurité, de qualité et de remise en état après travaux.

Connaissances préalables recommandées:

- Notions de mécanique des fluides.
- Bases de topographie et géotechnique.
- Compréhension des techniques de soudage et de contrôle non destructif.
- Familiarité avec les équipements et outils de chantier.
- Connaissance des normes et réglementations en construction de pipelines.

Contenu de la matière:

Introduction et histoire des pipelines.

Préparation

- Choix du profil en long. État des lieux. Piquetage et balisage : (dépend du Bureau d'études). Levée de routes, voies ferrées ... (dépend du Bureau d'études). Ouverture et aménagement de la piste. Les opérations de préparation. Pose de clôtures provisoires. Dépose des clôtures existantes. Mise en place des gaines dans les fossés. Déboisage. Dessouchage. Nivellement si nécessaire après décapage de la terre végétale. Sondage du sol. Pose de pneus aux traversées de routes. Signalisation du chantier sur les routes traversées. Signalisation des lignes électriques aériennes

Chantier de pose

Transport des tubes – Bardage. Construction de la ligne (dépend du Bureau d'études). Cintrage. Pré alignement. Soudure. Contrôle non destructif XRAY. Enrobage. Enrobage des joints. Décapage du top-soil (terre végétale). Ouverture de la tranchée. Préparation du fond de fouille. Mise en fouille. Remblai

Traversée des points spéciaux

- Traversée de routes :
 - Par fonçage. A ciel ouvert. Par forage. Traversée des cours d'eaux. Traversée des ravins. Traversée des chemins de fer. Raccordements. Remise en état

Équipement de la ligne :

- pose de gares de racleur. Pose de vannes de sectionnement. Pose de piquages d'antennes.

Essais généraux

- les sections d'essais. Les pressions d'essais aux extrémités. Les points de remplissage. Le mode opératoire. Les instruments utilisés.

Réception des travaux - garantie

Mise en gaz de la canalisation.

Structure de la chaîne des pipelines

Offre de formation Master académique en transport et distribution des hydrocarbures

Mode d'évaluation:

Contrôle continu: 40 % ; Examen: 60 %.

Références bibliographiques:

- Denys, R. "**Pipeline Engineering**". ASME Press, 2000.
- Mohitpour, M., Golshan, H., Murray, A. "**Pipeline Design and Construction: A Practical Approach**". ASME Press, 3rd Edition, 2007.
- Palmer, A., King, R. "**Subsea Pipeline Engineering**". PennWell Corporation, 2nd Edition, 2008.
- Bai, Y., Bai, Q. "**Subsea Pipelines and Risers**". Elsevier Science, 2nd Edition, 2012.
- Bruschi, R. "**Pipeline Integrity Handbook: Risk Management and Evaluation**". Gulf Professional Publishing, 2015.

Semestre: 2
Unité d'enseignement: UEF1.2.2
Matière 2 : Calcul des Enceintes Sous Pression
VHS: 45h (Cours: 1h30, TD: 1h30)
Crédits: 4
Coefficient: 2

Objectifs de l'enseignement:

Connaissance des principes fondamentaux et aux méthodes de calcul des structures sous pression, en mettant l'accent sur la prévention des défaillances mécaniques. Les sujets incluent le dimensionnement des zones critiques, la prévention des phénomènes tels que l'instabilité plastique, le flambage, la fatigue et le fluage, ainsi que la résistance aux déformations excessives et ruptures brutales. Une attention particulière est portée aux théories des plaques et des coques, avec des applications pratiques aux structures courantes telles que les réservoirs.

Connaissances préalables recommandées:

Mécanique des matériaux, résistance des structures, calcul des contraintes, et analyse élastique. Thermodynamique et des propriétés mécaniques des matériaux (métaux et alliages) est également essentielle pour appréhender les mécanismes de défaillance et les solutions de prévention.

Contenu de la matière:

Présentation générale. Fondement du calcul des enceintes sous pression. Identification des modes mécaniques de ruine. Choix des matériaux. Conditions de calcul. Degrés d'exigence des réglementations. Catégories de situation

Prévention de la déformation excessive. Définition du seuil de déformation excessive.

Dimensionnement des zones de discontinuité majeure de forme. Contraintes de membrane et de flexion de l'analyse élastique. Vérification des marges vis à vis de la déformation excessive. Prévention de l'instabilité plastique. Phénomène d'instabilité plastique. Capacité de consolidation des métaux et alliages. Expression de la pression d'instabilité plastique. Influence des fonds et des piquages

Prévention du flambage. Termes des équations de calcul de la résistance au flambage. Mécanisme du flambage. Diagramme de calcul de la résistance au flambage.

Adaptation plastique. Origine du phénomène d'adaptation plastique. Comportement d'un barreau soumis à une elongation répétée. Relation contrainte - déformation cyclique. Variation de contrainte équivalente sous chargement multiaxe répété. Différents états de comportement d'une structure sous sollicitations répétées. Classification des contraintes. Prévention de la déformation progressive. Conséquences de la déformation progressive. Protection contre la déformation progressive

Prévention de la fissuration par fatigue. Caractéristiques de résistance à la fissuration par fatigue. Circonstances et prévention de la fissuration par fatigue. Calcul de la résistance à la fatigue. Protection vis-à-vis du fluage. Phénomène de fluage. Principes de la prévention du dommage de fluage. Protection vis-à-vis de la rupture brutale.

Théorie des Plaques : Éléments de géométrie des surfaces. Efforts et contraintes dans les plaques. Hypothèse cinématique de Love-Kirchhoff. Équation de Lagrange, conditions au contour. Application aux plaques rectangulaires : solution de Navier. Calcul des planchers. Abaques. Plaques circulaires. Plaques anisotropes.

Équations générales des coques : Efforts membranaires statiquement admissibles. Coques de révolution. Exemples d'application aux coupoles et aux réservoirs.

THEMES DES BUREAUX d'ETUDES. Mesures des flèches, déformations et contraintes dans les cas suivants Plaques circulaires à chargement central. Plaque rectangulaire uniformément chargée.

Mode d'évaluation:

Contrôle continu: 40 % ; Examen: 60 %.

Références bibliographiques:

1. **Pressure Vessel Design Manual** – Dennis R. Moss, Michael M. Basic.
2. **Design and Analysis of Pressure Vessels** – Subhash Reddy Gaddam.
3. **Mechanical Design of Pressure Vessels and Piping** – Henry H. Bednar.
4. **Theory of Plates and Shells** – Timoshenko S.P., Woinowsky-Krieger S.
5. **Fatigue of Materials** – S. Suresh.

Semestre: 2

Unité d'enseignement: UEM2.1

Matière 1: Production et Traitement des Hydrocarbures

VHS: 45h (Cours: 2h15, TD: 0h45)

Crédits: 3

Coefficient: 2

Objectifs de l'enseignement:

Ce cours vise à fournir une compréhension approfondie des mécanismes liés à la filtration, au transport, au stockage et au traitement des gaz, en particulier dans le contexte des réservoirs et des réservoirs poreux. Les étudiants apprendront à analyser le débit des gaz dans des milieux complexes, à résoudre des équations d'écoulement et à étudier le développement des gisements de gaz sec et condensat. Le cours aborde aussi les techniques de déshydratation, d'adoucissement, ainsi que les défis associés à l'extraction des condensats et aux hydrocarbures lourds. Enfin, les étudiants se familiariseront avec les différentes méthodes de comptage et de mesure du débit de gaz utilisées dans l'industrie.

Connaissances préalables recommandées:

les bases en thermodynamique, en mécanique des fluides et en génie chimique, particulièrement dans les domaines liés à l'écoulement dans les milieux poreux. Une compréhension des principes fondamentaux des réservoirs de gaz, des processus de traitement.

Les techniques de déshydratation ainsi que des outils de mesure (comme les débitmètres et les appareils de comptage électronique).

Contenu de la matière:

Filtration de gaz en milieu poreux. Débit de gaz en milieu poreux. Définition de la pseudo-fonction de la pression. Débit de gaz dans les réservoirs cylindriques. Équation générale pour les écoulements de gaz dans des réservoirs symétrique homogène.

Solution dans le cas d'un réservoir infini. État pseudo stable.

Développement des gisements de gaz sec

Développement des gisements de gaz condensat.

Essai des Puits de gaz

Transport de gaz et stockage souterrain. Choix de la configuration de transport. Calcul des paramètres technologiques.

Traitement des gaz. Déshydratation. Techniques de déshydratation.

Adoucissement corrosion, incidence sur la **qualité et la valorisation, toxicité, pollution,**

Différentes techniques d'adoucissement de gaz. Procédés aux solvants chimiques, solvants physiques, solvants hybrides (physico chimiques)

Exemples de **schémas de procédés** et conditions opératoires typiques.

Dégazolinage : extraction des condensats liquides Problèmes posés par les hydrocarbures lourds.

Exemples de schémas de procédés et conditions opératoires typiques

Exemples industriels de traitements de gaz naturels - Différentes options possibles et traitements. Complémentaires

Comptage des gaz • Flow meters. • Orifice meter-general. • Orifice meter-gas. • Turbine meter-gas. • Ultrasonic gas meter. • Rotary/positive displacement meter. • Coriolis mass force gas meter.

Natural Gas Measurement—Electronic Flow Measurement

Mode d'évaluation:

Contrôle continu: 40 % ; Examen: 60 %

Références bibliographiques:

1. Natural Gas Production Engineering. Chi. U. Ikoku. PensylvaniaState. 1992.
2. Handbook of Natural Gas Transmission and Processing. SaeidMokhatab. William A. Poe. James G. Speight. 2006.
3. Natural Gas Engineering Handbook. Dr. BoyunGuo and. Dr. AliGhalambor. University of Louisiana at Lafayette.
4. Gas Reservoir Engineering. John Lee. Robert Wattenbarger. Texas. 1996.
5. Standard handbook for petroleum and gas engineering vol. 1, vol.2 William. C Lyons. P.E. Editor.

Semestre: 2
Unité d'enseignement: UEM2.1
Matière 2 : Technologie du GNL et GPL
VHS: 56h15 (Cours: 2h15, TD: 1h30)
Crédits: 5
Coefficient: 3

Objectifs de l'enseignement:

L'objectif de ce cours est d'acquérir des connaissances approfondies sur les techniques, procédés, risques et technologies associés au GNL (Gaz Naturel Liquéfié), y compris la liquéfaction, la regazéification, le stockage, et le transport. Il couvre également les tendances technologiques, économiques et les aspects de sécurité liés à l'exploitation des installations GNL.

Connaissances préalables recommandées:

Avoir une compréhension de base des principes thermodynamiques, des processus industriels, ainsi que des concepts liés au gaz naturel, à la cryogénie, et aux technologies de liquéfaction et de regazéification. Une familiarité avec les systèmes de sécurité et les normes industrielles serait également.

Thermodynamique et transfert de chaleur.

Contenu de la matière:

La chaîne GNL Ordres de grandeurs et tendances. Lieu des principales installations dans le monde. Installations de liquéfaction "base load" et "peak shaving" Petites installations pour Véhicules GNL. Méthaniers et camions citernes GNL. Terminaux de réception

Techniques de regazéification Techniques de regazéification satellite

Propriétés spécifiques au GNL - risques associés

Définition du GNL. Équilibre Liquide Vapeur, densité, ratio méthane vapeur / GNL, chaleur de vaporisation, pouvoir calorifique, Aspects sécurité : Point d'Éclair, Point d'Inflammation, Point d'auto inflammation, Énergie minimale de combustion, limites d'inflammabilité, déflagration, vaporisation, "Rapid Phase Transition" (RPT), niveaux de radiation, stratification / "Roll over", remous, inflammation d'un nuage GNL, risques d'asphyxie, jets de liquides. Cryogéniques, comportement de la tuyauterie

Techniques de prévention des risques liés au GNL

Contrôle des fuites en nappe liquide ou en nuage de vapeur de GNL lors de la conception et de l'exploitation. Contrôle des feux de GNL lors de la conception et l'opération

Procédés de liquéfaction et de revaporisation

Prétraitement de la charge : adoucissement, déshydratation, extraction des LGN, élimination du mercure et des aromatiques,...

Différents procédés de liquéfaction : "Pure Component Refrigerants"

"Pure component (s) and Mixed Refrigerant(s)". "Mixed Refrigerants". Schéma simplifié d'une installation "Peak shaving".

Procédés de regazéification

Stockage, chargement/déchargement et transport du GNL

Classification des bacs GNL : "Single Containment", "Double Containment", "Full Containment" (self standing, membrane). **Risques potentiels** liés au stockage de GNL

Jetée, Bras de chargement / déchargement, port **Méthaniers :** équipements communs, principaux types, opérations marines, systèmes de sécurité

Technologie du matériel spécifique au GNL

plaques en aluminium soudées ("Aluminum Brazed Heat Exchangers"). Introduction sur les

compresseurs cryogéniques et leurs machines d'entraînement (**Turbines à Gaz**,...)

Vaporiseurs de GNL : "Open Rack Vaporizers (ORV)", "Submerged Combustion Vaporizers (SCV)" Aspects. Sécurité et environnement

Pompes GNL immergées : pompes rétractables, pompes cargo, pompes HP de vidange. Turbo expandeurs de liquides cryogéniques, Vannes cryogéniques. Citernes GNL, GNL pour véhicules ou pour camions. Équipement Personnel de Protection, spécifique GNL

Exploitation des installations GNL

Activités au jour le jour dans une installation GNL. Retour d'expérience sur quelques Installations

Tendances - recherche et nouveaux développements

Tendances GNL depuis les années 70. Développement technologique : évolution du matériel et des concepts Futur,

Aspects économiques du GNL

Les marchés gazières : réserves et production de gaz naturel, demandes gazières régionales, commerce. International du gaz naturel. **Les contrats GNL** : principaux éléments de contrats de vente de GNL, clause de volume et formules de prix, contrats de shipping

Évolution des marchés du GNL

Mode d'évaluation:

Contrôle continu: 40 % ; Examen: 60 %

Références bibliographiques: (Si possible)

Liquefied Natural Gas: The Law and Business of LNG – by Paul E. Platts, David J. Lewis.

Natural Gas Liquefaction and Regasification – by Abhijit P. Deshmukh, Anish R. Upadhye, and R. K. Pandey.

Fundamentals of Natural Gas Processing – by Arthur J. Kidnay, William A. Knepper, and Nathaniel H. Barnett.

The LNG Industry: A Worldwide Perspective – by Victor G. H.

Gas Liquefaction and Regasification Systems – by Atul Sharma.

Semestre: 2

Unité d'enseignement: UEM2.2

Matière 1 : Régulation Automatique et Technique de Comptage

VHS: 45h (Cours: 2h15, TD: 0h45)

Crédits: 3

Coefficient: 2

Objectifs de l'enseignement:

Ce cours vise à fournir une compréhension approfondie des systèmes de régulation et des instruments associés dans les processus industriels. Les étudiants apprendront à identifier, analyser, et utiliser des capteurs, transmetteurs, vannes de régulation et autres équipements pour le contrôle des variables comme la température, la pression, le débit et le niveau. Une attention particulière est portée aux normes, à la sécurité, et aux technologies modernes de régulation pneumatique, électrique et numérique.

Connaissances préalables recommandées:

- Bases en physique (mécanique des fluides, thermodynamique).
- Électricité et électronique de base.
- Connaissances élémentaires en systèmes de contrôle et automatisation.

Contenu de la matière:

La Boucle de Régulation. Fonctionnement et constitution des boucles de régulation et des boucles tout ou rien. Boucles de régulation pneumatiques. Alimentation électrique et pneumatique, transmission du signal (tubes, câbles, bus, fibres optiques...) et conversion du signal. Normes de symbolisation des éléments d'instrumentation

Les Capteurs. Caractéristiques de capteurs. Mesure des températures : échelles de température, appareil non électriques, appareils électriques. Mesure des pressions : unités de mesure, capteurs pour lecture locale, capteurs pour transmission.

Mesure des Débits : unités de mesure, mesure par organes déprimomètres, principe des autres types de capteurs électromagnétique, ultrason, à effet vortex, à effet Coriolis...).

Mesure des niveaux: capteurs à pression différentielle, radioactif, capacitif, à ultrason, radar,... Niveau à glace. Sécurités : capteurs de fin de course, capteur de position, sécurités de température, de pression, de niveau, de débit...

Les Transmetteurs. Transmetteurs pneumatiques : transformation d'une force en signal pneumatique et amplification du signal - Technologie et réglage des transmetteurs pneumatiques, combinaison capteur transmetteur. Transmetteurs électriques et électroniques : principe de fonctionnement Transmetteurs numériques programmables

Les Vannes de Régulation. Vannes de régulation à déplacement linéaire : technologie, différents types de clapets, vanne à simple ou double siège, courbes caractéristiques (linéaire, égal pourcentage, ouverture rapide) - Position de sécurité (OPMA, FPMA, AO, AF, FC, FO...) Positionneurs : principe de fonctionnement, types (pneumatique, électropneumatiques...) Différent types de vannes de régulation : vanne à cage, vanne type «Camflex», vanne à trois voies... Contacteurs, capteurs de position, électrovannes de mise en sécurité... Vannes tout ou rien : type, à servomoteur simple ou double...

Mode d'évaluation:

Contrôle continu: 40 % ; Examen: 60 %

Références bibliographiques: (Si possible)

Lacombe. Y Cours de Régulation Pneumatique. Cours de L'ENSPM.

Capot. M Principes des mesures Pressions. Débits, Températures. Cours ENSPM.

Semestre: 2

Unité d'enseignement: UET1.2

Matière 2 : Respect des Normes et des Règles d'Éthique et d'Intégrité

VHS: 22h30 (Cours: 1h30, TD:)

Crédits: 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: Éthique 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. Équité. 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 : Égalité 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. Éthique 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. Éthique, développement durable et nouvelles technologies

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

Mode d'évaluation:

Contrôle continu; ; Examen: 100 %

Références bibliographiques:

- Jean-François Fombrun, "Éthique et déontologie : Fondements, enjeux et applications," Éditions L'Harmattan.
- Christian Walter, "Droit d'auteur et propriété intellectuelle," Éditions Dalloz.
- Robert Kane, "Éthique de la recherche scientifique," Springer.
- William M. Evan & Raymond E. Freeman, "Corporate Social Responsibility: Policies and Practices," Wiley.
- Organisation Mondiale de la Propriété Intellectuelle (OMPI), "Guide de la propriété intellectuelle," Publications de l'OMPI.

V- Programme détaillé par matière du semestre S3

Semestre: 3
Unité d'enseignement: UEF2.1.1
Matière 1 : Réhabilitation des Pipelines
VHS: 45h (Cours: 1h30, TD: 1h30)
Crédits: 4
Coefficient: 2

Objectifs de l'enseignement:

Ce module vise à former les étudiants à la gestion de l'intégrité des pipelines, incluant la prévention et la correction des altérations telles que l'encrassement, les dépôts, la corrosion et les déformations géométriques. Les étudiants apprendront les techniques de protection (revêtements, protection cathodique, inhibiteurs) et d'inspection avancées (flux magnétique, ultrasons, courants de Foucault), ainsi que l'analyse des résultats pour évaluer et minimiser les risques de défaillance. Les méthodologies de planification des inspections et les cas d'application pratiques seront également abordés.

Connaissances préalables recommandées:

La maîtrise des principes de mécanique des matériaux, de corrosion, de transfert thermique et des fluides, ainsi que des notions de base sur les normes industrielles et la gestion des risques est fortement recommandée.

Contenu de la matière:

Altérations dans un pipeline : Encrassement, dépôts et pertes de métal

Statistiques internationales des incidents sur les réseaux de pipelines, leurs causes et conséquences. Analyses de cas et synthèse. Nécessité d'un système global de gestion de l'intégrité des pipelines. Encrassement et dépôts. Cas des oléoducs : Dépôts d'eau dans les points bas. Dépôts de paraffine sur la paroi ; Accumulations de boue et formation de lits de corrosion. Cas des gazoducs : Dépôts de gazoline dans les points bas ; Formation de bouchon d'hydrates. Pertes de métal. Corrosion interne. Corrosion externe. Corrosion sous tension. Erosion. La norme API RP 14E. Déformations géométriques

Protection des canalisations d'hydrocarbures contre les altérations dynamiques et stationnaires.

Altérations dynamiques et stationnaires. la protection passive par revêtement. La protection cathodique. Les inhibiteurs de corrosion. Le raclage des canalisations. La protection contre les incidents dus aux tiers

Techniques de contrôle et d'inspection des canalisations d'hydrocarbures

Pression maximale de service d'un pipeline. Notion de résistance résiduelle. Essais hydrostatiques. Techniques indirectes d'évaluation ECDA et ICDA. Techniques CIPS, basées sur la mesure du profil du potentiel sol-conduite (Close Interval Potential Survey). Techniques DCVG, basées sur la mesure du gradient de potentiel (Direct Current Voltage Gradient). Inspection en ligne par outil intelligent. Avantages et inconvénients des différentes techniques.

Inspection en ligne des canalisations par outil intelligent

Actions de pré-inspection. Analyse des caractéristiques de la ligne. Nettoyage de la canalisation. Outils rigides. Outils élastiques et pistons de gel. Sélection de l'outil de nettoyage. Calibrage de la canalisation par outil de configuration. Outils d'inspection en ligne : Rappels historiques et évolution. Outils à flux magnétique. Le magnescan de GE Power. Outils ultrasoniques. L'ultrascan de Pipetronix. Outils à courants de Foucault. Le RoCD2 de Rosen. Autres types d'outils. Spécifications et choix de l'outil d'inspection en ligne. Performances et tendances des outils d'inspection modernes. Procédures d'envoi et de réception des outils

Présentations et formes des résultats bruts d'inspection en ligne

L'API 1163. Tableaux de résultats numériques. Localisation longitudinale et circonférentielle des défauts. Dimensions caractéristiques des défauts. Types de défauts. Présentations sous forme d'histogrammes. Histogrammes fonctions des pertes d'épaisseur. Histogrammes fonctions des pressions. Résultats graphiques et cartes colorées. Cartographie par analyse GPS

Vérification et interprétation des résultats d'inspection

Excavation et procédures de vérification sur site. Corrosions externes. Corrosions internes. Résistance résiduelle d'un pipeline corrodé. Normes et standards. La NG 18. L'ANSI/ASME B 31G. La RSTRENG. La DNV RP-F101. Applications et études de cas : Cas d'un oléoduc. Cas d'un gazoduc.

Gestion de l'intégrité d'un pipeline basée sur l'inspection par outil intelligent

Seuils de risque tolérés. Évolution de l'état de dégradation et vitesse de corrosion. Estimation du risque de défaillance d'un pipeline corrodé. Approches qualitatives déterministes. Approche quantitative par analyse structurale probabiliste. Estimation quantitative du risque de défaillance après réparation. Planification optimale des inspections.

Inspection et diagnostic des canalisations d'ouvrages concentrés et de canalisations non accessibles pour l'inspection par outil intelligent

Particularité des canalisations d'ouvrages concentrés. Canalisations non accessibles à l'inspection par outil intelligent. Inspection par ondes ultrasoniques guidées GWLRUT. Principes physiques de la technique. Caractéristiques du matériel mis en œuvre. Avantages et inconvénients des techniques GWLRUT. Interprétation des signaux. Performances et fiabilité.

Mode d'évaluation:

Contrôle continu: 40 % ; Examen: 60 %.

Références bibliographiques: (Si possible)

1. Fillanders, J., Pipe and Tube Bending Manual, Gulf Publishing, Houston, 1984.
2. Nayyar, M.L., Ed., Piping Handbook, 6th ed., McGraw-Hill, New York, 1967.
3. Hosmanek, M., Pipeline Construction, Petroleum Extension Service, Division of Continuing Education, University of Texas at Austin, 1984.
4. Iseley, D.T., Najafi, M., and Tanwani, R., Trenchless Construction Methods and Soil Compatibility Manual, National Utility Contractors Association, Arlington, VA, 1999.
5. ASME B31.8 Code, Gas Transmission and Distribution Piping, American Society of Mechanical Engineers, New York, 1995.
6. Iseley, D.T. and Najafi, M., Trenchless Pipeline Rehabilitation, National Utility Contractors Association, Arlington, VA, 1995.

Semestre: 3

Unité d'enseignement: UEF2.1.1

Matière 2:Parcs de Stockage et Exploitation des Terminaux Marins

VHS: 45h (Cours: 2h15, TD: 0h45)

Crédits: 4

Coefficient: 2

Objectifs de l'enseignement: Objectifs de l'enseignement : Apporter la connaissance technique et opérationnelle des terminaux pétroliers, les principales fonctions d'un terminal, les caractéristiques techniques des installations de stockage terrestres et flottant, la technologie des tankers et des installations de chargement/déchargement (bouée de chargement, poste tandem)

Connaissances préalables recommandées: Mécanique des fluides. Résistance des Matériaux. Équation de Physique mathématique.

Contenu de la matière:

Généralités sur les terminaux pétroliers : Fonctions des terminaux pétroliers : réception, traitement, stockage, expédition. Différents acteurs d'un terminal pétrolier. Différents produits pétroliers stockés dans les terminaux pétroliers (bruts, condensats, GPL, GNL) Principales caractéristiques. Différents types de stockages : atmosphériques ou sous pression, à température ambiante, réfrigéré ou cryogénique.

Stockage des bruts et des condensats

Différents types de bac de stockage (toit fixe, toit flottant) - Critères de choix. Technologie des bacs à toit fixe : robe, toit, fond, fondation, cuvettes de rétention, renforcement de la structure du toit, événements et soupapes de respiration, purges d'eau, lignes de remplissage et d'évacuation, Spécificités des bacs à toit flottant : drain, béquilles et étanchéité du toit flottant. Équipements de protection et de lutte contre l'incendie : arrosage d'eau, mousse, gaz extincteur. Risques présents sur les bacs de stockage : intoxication à H₂S, dangers d'inflammation ou d'explosion, risque de mise sous vide et d'implosion, électricité statique, produits pyrophoriques. Aspect environnement : détection fuites d'hydrocarbures, gestion des eaux huileuses (purges des bacs,...).

Stockage des GPL. Différents types de stockage à température ambiante : sphères, cylindres horizontaux, réservoirs sous talus, wagons, citernes, bouteilles. Réglementation et codes de calcul : température et pression de service et de calcul, contrainte nominale de calcul, épaisseur des parois, pression d'épreuve, visite réglementaire. Équipements d'exploitation et de sécurité : soupape de sécurité (clapet Gestra), vanne motorisée à sécurité positive, clapet hydraulique, clapet d'excès de débit, système d'injection d'eau, protection en cas d'incendie (rampe de pulvérisation, isolation thermique, mousse dans cuvette), lignes de purge d'eau et d'échantillonnage -Précautions opératoires. Cas des stockages réfrigérés et des stockages souterrains

Mesure des quantités reçues, stockées et expédiées.

Mesurage et échantillonnage statique transactionnel (niveau, référence de température, barèmes) – Détermination des quantités standard délivrées. Comptage dynamique transactionnel, échantillonnage et étalonnage - Détermination des quantités standard Délivrées. Entretien d'un banc de comptage et boucle d'étalonnage. Présentation d'un dossier pétrolier.

Cas des stockages flottants. Technologie des navires flottants de stockage (et de production). Cuves de ballastage - Contrôle de l'atmosphère. Cuves de stockage de brut, de méthanol... - Système d'inertage. Procédures de mise en service des réservoirs de stockage –

Incidents. Fonctionnement et technologie des bouées de déchargement des FPSO/FSO ou chargement des navires

Aspects sécurité liés au stockage à bord des FSO/FPSO.

Technologie des tankers et des installations de chargement/ déchargement

Navires de transport de pétroles bruts (tankers): différents types de navires, équipements liés à la manutention des produits (circuit cargaison, drain de fond, manifold de descente directe, chambre des pompes, circuit d'assèchement), ballastage et déballastage, génération de gaz inertes. Bras de chargement : différents types de bras et adaptation aux conditions opératoires, équilibrage, commandes manuelles et hydrauliques, mise à la terre, accessoires de sécurité des bras de chargement (coupleur rapide, détection de mouvement, déconnecteur d'urgence, système de vidange). Aspects sécurité liés au chargement et transport maritime de pétroles bruts: équipements fixes de lutttes contre l'incendie à bord et à terre - Check-list de sécurité (EMI).

Opérations de réception et d'expédition maritimes pétrolières.

Opérations d'approche des tankers et d'amarrage à un jeté, un autre bateau, une bouée...Opérations de chargement des tanker : programme de chargement, nomination, préparations avant chargement, surveillance pendant le chargement, opérations et procédures après chargement InternationalShip and Port Facility Security (ISPS) Code : principe, acteurs, responsabilités, difficultés pratiques Contraintes terminal: capacité de stockage, volume mort, durées de préparation et de chargement navire Règlement de port – Pilotage Contrats commerciaux, Litiges surestaries

Mode d'évaluation:

Contrôle continu: 40 % ; Examen: 60 %.

Références bibliographiques: (Si possible)

1. Nayyar, M.L., *Piping Handbook*, 7th ed., McGraw-Hill, New York, 2000.
2. Liu, H., *Pipeline Engineering*, CRC Press, Boca Raton, FL, 2003.
5. Mohitpour, M., Golshan, H., and Murray, A., *Pipeline Design and Construction*, 2nd ed., ASME Press, New York, 2003.
6. *Engineering Data Book*, 10th ed., Gas Processors Suppliers Association, Tulsa, OK, 1994.
7. *Pipeline Design for Hydrocarbon Gases and Liquids*, American Society of Civil Engineers, New York, 1975.
8. *Steady Flow in Gas Pipelines*, Contract Report No. 10, July 1965, Pipeline Research Council International, Houston, TX, 1965.
10. Katz, D.L. et al., *Handbook of Natural Gas Engineering*, McGraw-Hill, New York, 1959

Semestre: 3

Unité d'enseignement: UEF2.1.2

Matière 1: Simulation en Transport des Hydrocarbures

VHS: 67h30 (Cours: 1h30, TD: 3h00)

Crédits: 6

Coefficient: 3

Objectifs de l'enseignement: Maîtrise des outils de simulation des pipelines

Connaissances préalables recommandées: Mécanique des fluides, modélisation en transport, phénomènes de transfert.

Contenu de la matière:

Modèles mathématiques des écoulements de pétrole et de gaz

Modélisation stationnaire des écoulements non isothermes.

Modélisation en régime stationnaire des Produits pétroliers

Dynamique de transfert de masse lors du transport des multi produits successivement.

Modélisation des dépôts de solide.

Description des différents modèles décrivant le transport des hydrocarbures.

Modèle de régime stationnaire. Couplage modèles dynamique et thermique.

Modèle en régime non stationnaire formulation classique, formulation débit volumique, température et pression

Calage des différents modèles

Adaptation d'un schéma numérique pour les équations de transport

Différentes formes de l'équation de l'énergie

Étude de compatibilité entre l'équation de l'énergie et du transport

Étude prévisionnelle de formation des hydrates.

Étude du Dépôt de condensat

Modélisation non stationnaire des produits pétroliers.

Modélisation du fonctionnement des organes rencontrés sur le réseau de transport

Modélisation du transport des fluides complexes par pipeline

Modélisation du Transport des Liquides Non Newtonien

Modélisation du transport des fluides chargés.

Calage et Simulation Dynamique Sous logiciels industriels

1. Classification des logiciels par présence des phases

2. Classification des logiciels par régime

3. Logiciels on line et off line

4. Classement de logiciels suivant les avantages et inconvénients

Mode d'évaluation:

Contrôle continu: 40 % ; Examen: 60 %.

Références bibliographiques: (Si possible)

1. Olson, R.M. and Wright, S.J., *Essentials of Engineering Fluid Mechanics*, 5th ed., Harper& Row, New York, 1990.
2. Numerical Simulation of Gas Network. Theory Computational Implementation. And Industrial Applications. Radii Ivanovitch 2005.
3. Fluid Mechanics - Hydraulics Of Pipeline Systems.pdf (caractéristiques)
4. Karassik, I.J. et al., Eds., *Pump Handbook*, McGraw-Hill, New York, 1976
5. Streeter, V.L., *Fluid Mechanics*, 5th ed., McGraw-Hill, New York, 1971
6. Source SPE
7. Documentation des logiciels précités

Semestre: 3
Unité d'enseignement: UEF2.1.2
Matière 2 : Installation Thermique en Transport
VHS: 45h (Cours: 1h30, TD: 1h30)
Crédits: 4
Coefficient: 2

Objectifs de l'enseignement:

L'objectif de ce module est de former les étudiants à la conception, à l'exploitation et à la maintenance des installations thermiques utilisées dans le transport des hydrocarbures. Il couvre les principes fondamentaux de compression et de détente des gaz, les technologies des compresseurs, des turbines à gaz et des échangeurs de chaleur, ainsi que les aspects de sécurité et d'optimisation énergétique.

Connaissances préalables recommandées:

Thermodynamique appliquée, de la mécanique des fluides, et des notions de base en transfert thermique et en machines thermiques est requise pour suivre ce module.

Contenu de la matière:

INSTALLATIONS THERMIQUES EN TRANSPORT

Compression et détente

Compression isentropique et polytropique. Lois pratiques de compression des gaz. Cas de la détente d'un gaz

Compresseurs et expandeurs. Classification des principaux types de compresseurs –critères de choix

Compresseurs alternatifs : Technologie des compresseurs alternatifs.

Auxiliaires Principales instrumentations. Incidents mécaniques typiques

Compresseurs centrifuges : Technologie des compresseurs centrifuges

Principales instrumentations. Incidents mécaniques typiques. Turbo-expandeurs

Sécurité et environnement liés à l'exploitation des compresseurs et des expandeurs

Turbines à gaz. Principe de fonctionnement des turbines à gaz .Performances de cycles typiques. Technologie des turbines à gaz. Auxiliaires. Instrumentations principales.

Incidents mécaniques typiques

Échangeurs de chaleur. Le rôle des échangeurs de chaleur. Fluides caloporteurs

Dimensionnement des échangeurs de chaleur

Installations réchauffage des produits pétroliers. Nécessité de réchauffage des produits lourds. Méthodes de réchauffage. Fluides caloporteurs. Choix des moyens de réchauffage. Calcul du bilan thermique. Optimisation de l'énergie de réchauffage

Mode d'évaluation:

Contrôle continu: 40 % ; Examen: 60 %.

Références bibliographiques: (Si possible)

1. Marcel SEDILLE ; Turbomachines hydrauliques et thermiques Ed Masson, 19702. R. COMOLET. Dynamique des fluides réels, turbomachines, Ed Masson, 1976.3. A. de KOVATS .Pompes ventilateurs compresseurs centrifuges et axiaux, Ed Dunod, 1976
4. LEMASSON. Machines transformatrices d'énergie Aubin, 1988.
5. Michel PLUVIOSE. Ingénierie des turbomachines Ellipses, 2003.

Semestre: 3

Unité d'enseignement: UEM2.1

Matière 1 : Optimisation des Systèmes de Traitement et Transport des Hydrocarbures

VHS: 45h (Cours: 1h30, TD: 1h30)

Crédits: 5

Coefficient: 3

Objectifs de l'enseignement:

Ce module vise à fournir une compréhension approfondie des techniques d'optimisation appliquées à des problèmes complexes en ingénierie. Les étudiants apprendront à modéliser, résoudre et analyser des problèmes linéaires, non linéaires, en nombres entiers et à variables mixtes.

Connaissances préalables recommandées:

Des bases solides en algèbre linéaire, analyse mathématique, programmation informatique (MATLAB ou équivalent), et thermodynamique appliquée sont fortement recommandées pour suivre ce module.

Contenu de la matière:

Rappels sur les techniques d'optimisation

La programmation linéaire.

Algorithme du Simplexe.

La programmation en nombres entiers.

Les modèles non linéaires

La programmation en variables mixtes

Formulation du problème.

Méthode branch and bound utilisant une relaxation de programmation linéaire.

Résolution des problèmes MINLP utilisant la méthode branch and bound.

Résolution des problèmes MINLP utilisant la méthode d'approximation externe

Optimisation globale pour les problèmes à variables continues et discrètes

Méthode Branch and bound . La méthode 'multistart'. Méthodes heuristiques de recherche.

Les algorithmes génétiques. Les colonies de fourmis

Logiciels d'optimisation

Le solveur d'EXCEL. Le langage Matlab

Applications

Diamètre optimal d'un gazoduc. Puissance de compression minimale. Conception optimale d'un gazoduc. Optimisation de la récupération de la chaleur. Optimisation du système Turbogénérateur-Chaudière. Calcul des données d'équilibre vapeur-liquide par la régression non linéaire

Mode d'évaluation:

Contrôle continu: 40 % ; Examen: 60 %

Références bibliographiques: (Si possible)

- Pierre-Louis Lions, "Optimization and Nonsmooth Analysis," Springer.
- Mokhtar S. Bazaraa, Hanif D. Sherali, C.M. Shetty, "Nonlinear Programming: Theory and Algorithms," Wiley.
- Michel Balinski, "Integer and Combinatorial Optimization," Wiley.
- Fred W. Glover, Manuel Laguna, "Tabu Search," Springer.

Semestre: 3
Unité d'enseignement: UEM2.1
Matière 2: Contrôle et Monitoring des Pipelines
VHS: 45h (Cours: 1h30, TD: 1h30)
Crédits: 4
Coefficient: 2

Objectifs de l'enseignement:

Ce module vise, en premier lieu, à doter les étudiants des compétences techniques nécessaires pour assurer un contrôle efficace des pipelines, incluant l'inspection, la télésurveillance, la protection cathodique, et la gestion des fuites, tout en intégrant les technologies SCADA et les bonnes pratiques de maintenance. L'accent est également mis sur la sécurité, la conformité réglementaire, et la gestion des risques. En complément, le module fournit aux étudiants les connaissances théoriques et pratiques nécessaires pour appliquer des technologies modernes telles que l'intelligence artificielle (IA) et les techniques d'apprentissage machine (ML) aux opérations de surveillance et de contrôle des pipelines.

Connaissances préalables recommandées:

Il est conseillé aux étudiants d'avoir des bases solides dans les domaines suivants :

Notions en mécanique des fluides, transfert de chaleur, et thermodynamique appliquée aux systèmes de transport.

Compétences en programmation (Python, MATLAB)

Contexte général sur les pipelines, leur conception, et leurs enjeux opérationnels.

Connaissances en optimisation, statistiques, et traitement des signaux.

Contenu de la matière:

Surveillance de réseaux de pipelines

Surveillance terrestre ("patrouillage"). Permanence sécurité (astreinte) et intervention sur incident. Gestion des DICT (instruction des dossiers pour les travaux à proximité).

Surveillance des travaux réalisés par des tiers à proximité des canalisations en exploitation. Suivi des affaires domaniales. Suivi des enquêtes publiques. Information périodique des administrations

Protection cathodique

Contrôle et maintenance. Contrôle de revêtement. Contrôle à courant coupé sur coupon témoin. Télétransmissions. Recherche de fuites de courant (joints isolants)

Installations neuves ou réhabilitation

Étude et dimensionnement des systèmes de protection par soutirage de courant ou par anodes sacrificielles. Fourniture d'équipements (nous fabriquons nos propres transformateurs redresseurs)

Montage, mise en service et essais finals.

Contrôles intra-tube

Contrôle de géométrie. Contrôle de corrosion : par ultrasons, magnétique. Recherche de fissures par ultrasons. Recherche de fuites méthode acoustique. Racleur avec ombilical

Interventions sur pipelines. Réalisation des épreuves hydrauliques réglementaires (résistance et étanchéité). Mise en œuvre de moyens de pompage ou de compression pour le passage de racleurs lors des opérations de Remplissage (mise en produit, mise en eau pour épreuve). Vidange de produit (à l'eau, à l'air ou à l'azote). Nettoyage (divers types de racleurs adaptés aux diverses configurations rencontrées) en produit, à l'eau ou à l'air. Séchage des canalisations de gaz.

Mise sous atmosphère neutre de canalisations abandonnées. Réalisation d'obturations cryogéniques (création d'une vanne temporaire en gelant localement le liquide dans la canalisation).

Technique de mesure du débit

Cas incompressible. Cas compressible. Cas polyphasique.

Défauts fréquents : fuites, corrosion, blocages, ruptures.

Principes des systèmes de monitoring (SCADA, capteurs).

Salle de Contrôle et Systèmes DCS dans la Surveillance des Pipelines :

La salle de contrôle est le centre névralgique des opérations de surveillance et de gestion des pipelines. Équipée d'interfaces homme-machine (HMI), d'écrans de supervision, et de tableaux de commande ergonomiques, elle permet une surveillance en temps réel des paramètres critiques tels que la pression, le débit et la température, tout en assurant la gestion des alarmes et des réponses d'urgence. Les systèmes DCS (Distributed Control Systems) jouent un rôle clé en automatisant les processus complexes, en contrôlant les équipements critiques comme les vannes et les pompes, et en intégrant les données issues des systèmes SCADA et IoT pour une prise de décision centralisée. Ils offrent une flexibilité et une fiabilité accrues grâce à des fonctionnalités telles que la gestion des séquences automatisées et la redondance pour éviter les pannes.

Surveillance et monitoring basés sur l'IA :

Modèles de détection d'anomalies (Isolation Forest, DBSCAN). Détection des fuites par IA à partir de données de capteurs (pression, débit, acoustique).

Études de cas et applications industrielles :

Détection de fuites dans un pipeline avec Python et TensorFlow. Étude comparative : systèmes classiques vs IA pour la surveillance de la corrosion.

Mode d'évaluation:

Contrôle continu: 40 % ; Examen:60 %.

Références bibliographiques: (Si possible)

1. Nayyar, M.L., Piping Handbook, 6th ed., McGraw-Hill, New York, 1992.
 2. Valves, Piping & Pipelines Handbook, The Trade & Technical Press Limited, Crown House, London, 1986.
 3. Hydrocarbon liquid transmission pipeline and storage systems design and operation, Mohitpour, Mo; Russell, Jim H.; Yoon, Mike S, 2012
 4. Leak detection: technology and Implementation, Charalambous, Bambos; Hamilton, Stuart, 2013
 5. Pipeline Leak Detection Handbook, Morgan Henrie, Philip Carpenter, R. Edward Nicholas, 2016
 6. Pipeline Risk Management Manual - W. Kent Muhlbauer.
 7. Deep Learning for Time Series Forecasting - Jason Brownlee.
 8. Artificial Intelligence in the Oil and Gas Industry - Sukumar Mishra et al.
 9. AI-Powered Predictive Maintenance in Oil and Gas Pipelines - Journal of Pipeline Systems Engineering.
 10. Machine Learning Applications in Oil and Gas Monitoring Systems - IEEE.
- Coursera : Spécialisations sur l'IA et l'IoT.
 Kaggle : Bases de données et exemples de pipelines intelligents.
 Logiciels et outils utilisés :
 Python : Scikit-learn, TensorFlow, Keras pour le Machine Learning. MATLAB/Simulink : Simulation de pipelines. Plateformes SCADA : Ignition, Wonderware.

11. Artificial Intelligence and Machine Learning for Business: A Practical Guide, Steven Finlay, *Relativistic*, 2020.
12. IoT Solutions for Energy and Oil Pipelines, M. Gonzalez et al., 2020, White Paper publié par CISCO.
13. SCADA and Pipelines: A Guide to Best Practices, International Society of Automation (ISA), 2019.

Semestre: 3
Unité d'enseignement: UEM2.2
Matière 2: Innovation et Start up
VHS: 22h30 (Cours: 1h30)
Crédits: 1
Coefficient: 1

1. Objectifs de l'enseignement

- Approfondir les connaissances et les compétences nécessaires pour créer et gérer une start-up dans le domaine scientifique ou technologique.
- Former les étudiants aux outils et méthodes avancés de gestion d'innovation et de start-ups.
- Développer des compétences en financement, en stratégie et en gestion d'entreprise.
- Préparer les étudiants à transformer des technologies complexes en entreprises viables et scalables.

2. Connaissances préalables recommandées

- Notions générales en entrepreneuriat (issues du programme de Licence ou équivalent).
- Connaissances avancées en sciences et technologies (par exemple, disciplines scientifiques spécifiques).
- Intérêt pour la création de start-ups technologiques ou scientifiques.

3. Contenu de la matière

- 1. Stratégie d'innovation et entrepreneuriat scientifique avancé**
 - Comprendre la chaîne de valeur de l'innovation scientifique.
 - Stratégie de différenciation et d'innovation sur des marchés concurrentiels.
 - Étude de cas : stratégies d'innovation dans les biotechnologies, IA, nanotechnologies, etc.
- 2. Création et validation de technologies**
 - Prototypage et validation des solutions scientifiques.
 - Validation du marché : techniques pour tester des hypothèses avec des clients.
 - Lean Startup appliqué aux projets technologiques.
- 3. Financement et gestion financière des start-ups scientifiques**
 - Les différents types de financement : subventions, Business Angels, Venture Capital.
 - Préparation d'un pitch pour des investisseurs.
 - Gestion des coûts et projections financières adaptées aux projets scientifiques.
- 4. Développement de produits et stratégies de commercialisation**
 - Passer d'un prototype à un produit commercialisable.
 - Stratégies de Go-to-Market pour des technologies complexes.
 - Growth hacking et acquisition de clients.
- 5. Gestion et leadership dans les entreprises technologiques**
 - Gérer une équipe multidisciplinaire.
 - Résoudre des conflits dans un environnement entrepreneurial.
 - Construire une culture d'innovation.

6. Projets pratiques et networking

- Développement d'un projet entrepreneurial scientifique en groupe.
 - Participation à des événements : concours de pitch, hackathons technologiques.
 - Collaboration avec des incubateurs ou accélérateurs locaux.
-

4. Méthodes pédagogiques

- Séminaires interactifs et études de cas complexes.
- Ateliers pratiques : prototypage, validation de marché, pitch.
- Sessions de monitoring avec des experts (entrepreneurs, investisseurs, chercheurs).
- Projets en groupe : création et présentation d'un projet entrepreneurial scientifique.

Semestre: 3
Unité d'enseignement: UEM2.2
Matière 1: Économie et Gestion d'entreprise
VHS: 45h (Cours: 1h30, TD: 1h30)
Crédits: 1
Coefficient: 1

Objectifs de l'enseignement

Initiation aux principes d'organisation des activités des entreprises ainsi qu'aux méthodes de planification et établissement de programmes divers (introduction à l'économie, organisation et gestion des entreprises)

Connaissances préalables recommandées:

Contenu de la matière:

Chapitre 01: Théorie des coûts

1.1. Notion de charge et de coût. 1.2. Coût total, coût moyen marginal et coût moyen unitaire. 1.3. Vérification des coûts en fonction des quantités produites en courte période. 1.4. Prix de revient. 1.5. Seuil de rentabilité

Chapitre02 : Les immobilisations

2.1. Définitions. 2.2. Classifications des immobilisations. 2.3. Évaluation des immobilisations. 2.4. Le prix de revient. 2.5. Seuil de rentabilité

Chapitre 03: Évaluation de la rentabilité des investissements

3.1. Définitions. 3.2. Classification des immobilisations. 3.3. Étude qualitative des projets d'investissements sans actualisation. 3.4. Notion d'actualisation. 3.5. Critères tenant compte de l'actualisation. 3.6. Évaluation économique des investissements. 3.7. Choix des investissements en devenir incertain

Mode d'évaluation: Contrôle continu:40%; Examen: 60%.

Références bibliographiques:

(Livres et photocopiés, sites internet, etc).

Semestre: 3
Unité d'enseignement: UET2.1
Matière 2 : Hygiène et Sécurité de l'environnement
VHS: 22h30 (Cours: 1h30)
Crédits: 1
Coefficient: 1

Objectifs de l'enseignement

Connaissance des exigences de la sécurité du travail dans l'industrie et des moyens à mettre en œuvre pour éviter les accidents qui portent atteinte aux personnes à l'environnement

Connaissances préalables recommandées:

Contenu de la matière:

Chapitre I Organisation générale d'un chantier pétrolier.

- 1.1 Dispositions administratives
- 1.2 Dispositions techniques
- 1.3 Dispositions concernant le personnel

Chapitre II Installations électriques

- 2.1 Dispositions générales
- 2.2 Dispositions particulières aux zones classées
- 2.3 Mise à la terre des installations électriques
- 2.4 Protection contre l'électricité statique, la foudre et les courants de circulation
- 2.5 Dispositions particulières aux réservoirs de stockage

Chapitre III Mesures préventives et moyens de lutte contre l'incendie

- 3.1 Organisation de la lutte contre le feu
- 3.2 Moyens de lutte contre le feu
- 3.3 Incidents susceptibles d'engendrer

Chapitre IV Protection individuelle

- 4.1 Protection individuelle
- 4.2 Soins aux blessés

Chapitre V Règles de sécurité pendant le travail

- 5.1 Recommandations générales
- 5.2 Interventions sur les puits
- 5.3 Interventions sur les réservoirs
- 5.4 Travaux divers (laboratoires de chantier, ateliers, magasins)
- 5.5 Manutention et transfert des hydrocarbures

Chapitre VI Travaux en atmosphère dangereuse

Chapitre VII Mesures préventives contre la pollution des eaux et celle de l'atmosphère

Mode d'évaluation: Examen:100 %.

Références bibliographiques:

- Trevor A. Kletz, "What Went Wrong? Case Histories of Process Plant Disasters," Gulf Professional Publishing.
 - Sam Mannan, "Lees' Loss Prevention in the Process Industries," Butterworth-Heinemann.
 - Bertrand Deferne, "Gestion des risques industriels," Dunod.
 - Michel Desbordes, "Pollution et protection de l'environnement," Dunod.
 - Didier Paris, "Réglementation des installations classées et prévention des risques industriels," Techniques de l'Ingénieur
- (Livres et photocopiés, sites internet, etc).***