



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 محمد بوضياف
المسيلة

Université Mohamed Boudiaf
M'Sila



OFFRE DE FORMATION

Master Professionnalisant

Réseau Thématique Hydrogène Vert

Université de : M'Sila, Sétif 1, Ouargla, Batna 2, Bouira, Laghouat.

Mise à jour 2025- 2026
AVIS FAVORABLE

Alger le, 13 août 2025



رئيس اللجنة البيداغوجية الوطنية
لميدان العلوم والتكنولوجيا
الأستاذ: إسعدي رشيد

Etablissement	Faculté / Institut	Département
Université : Sétif 1	Technologie	Electrotechnique

Domaine	Filière	Spécialité
Sciences et Technologies	Energies renouvelables	Hydrogène Vert vecteur d'Energie (HVE)



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 محمد بوضياف
المسيلة

Université Mohamed
Boudiaf M'Sila



عرض تكوين ماستر مهنية

تحديث 2025

الشبكة الموضوعاتية للهيدروجين الأخضر

جامعة : المسيلة , سطيف 1 , ورقلة , باتنة 2 , البويرة , الأغواط .

المؤسسة	الكلية/ المعهد	القسم
جامعة سطيف 1	التكنولوجيا	الالكتروتقنية

الميدان	الشعبة	التخصص
علوم وتكنولوجيا	طاقات متجددة	الهيدروجين الاخضر ناقل للطاقة

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

Semestre 1 Master :

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 : 11 Coefficients : 6	Hydrogène et Systèmes Electrochimiques	4	2	1h30	1h30		45h00	55h00	40%	60%
	Electronique de Puissance Avancée	4	2	1h30	1h30		45h00	55h00	40%	60%
	Asservissements échantillonnés et régulation numérique	3	2	1h30	1h30		45h00	55h30	40%	60%
UE Fondamentale Code : UEF 1.1.2 Crédits : 8 Coefficients : 4	Systèmes énergétiques et chimie de l'hydrogène	4	2	1h30	1h30		45h00	55h00	40%	60%
	Conversion de l'énergie	4	2	1h30	1h30		45h00	55h00	40%	60%
UE Méthodologique Code : UEM 1.1 Crédits : 8 Coefficients : 5	Programmation avancée en Python	2	2	1h30		1h30	45h30	27h30	40%	60%
	TP Electronique de Puissance Avancée	2	1			1h30	22h30	27h30	100%	
	TP Systèmes énergétiques et chimie de l'hydrogène	2	1			1h30	22h30	27h30	100%	
	TP Asservissements échantillonnés et régulation numérique	2	1			1h30	22h30	27h30	100%	
UE Découverte Code : UED 1.1 Crédits : 2 Coefficients : 1	Développement Durable e transition énergétique	2	1	1h30			22h30	02h30		100%
UE Transversale Code : UET 1.1 Crédits : 1 Coefficients : 1	Qualité de l'eau dans la production d'hydrogène	1	1	1h30			22h30	02h30		100%
Total semestre 1		30	17	12h00	7h30	6h00	360h00	390h00		

Semestre 2 Master :

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 : 8 Coefficients : 5	Modélisation multiphysique des systèmes à Hydrogène	4	3	1h30	1h30		45h00	55h00	40%	60%
	Technologie des piles à combustible	4	2	1h30		1h30	45h00	55h00	40%	60%
UE Fondamentale Code : UEF 1.2.2 Crédits : 8 Coefficients : 4	Captation CO ₂ et Injection de l'hydrogène	4	2	1h30	1h30		45h00	55h00	40%	60%
	Systèmes de conversion de l'énergie Photovoltaïque et éolienne	4	2	1h30	1h30		45h00	55h00	40%	60%
UE Méthodologique Code : UEM 1.2 Crédits : 10 Coefficients : 6	Extraction et Traitement des Données Expérimentales	4	2	1h30		1h30	45h00	50h00	40%	60%
	TP Systèmes de conversion de l'énergie Photovoltaïque et éolienne	2	1			1h30	22h30	27h30	100 %	
	TP Technologie de production de l'hydrogène.	2	1			1h30	22h30	27h30	100%	
UE Découverte Code : UED 1.2 Crédits : 2 Coefficients : 1	Capteurs et mesure pour les systèmes à énergies renouvelables	2	1	1h30			22h30	02h30		100%
UE Transversale Code : UET 1.2 Crédits : 2 Coefficients : 1	Intelligence artificielle appliquée	2	2	1h30		2h00	52h30	57h30	40%	60%
	Hydrogène pour la mobilité	2	1	1h30			22h30	02h30		100%
Total semestre 2		30	17	12h00	4h30	8h00	340h50	387h30		

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 Crédits : 13 Coefficients : 7	Supervision des systèmes à Hydrogène	7	4	3h00	1h30		67h30	82h30	40%	60%
	Technologies de stockage et transport de l'hydrogène	6	3	1h30	1h30		45h00	55h00	40%	60%
UE Méthodologique Code : UEM 2.1 Crédits : 9 Coefficients : 5	Projet Personnel Fédérateur et Innovation	4	2	hors quota					100%	
	TP Supervision des systèmes à Hydrogène	2	1			2h00	30h00	35h00	100%	
	Etude technico économique des Systèmes hybrides à ER et hydrogène	4	2	1h30		1h30	45h00	50h00	40%	60%
UE Découverte Code : UED 2.1 Crédits : 4 Coefficients : 2	Thermique et efficacité énergétique	2	1	1h30			22h30	02h30		100%
	Risques industriels et hydrogène	2	1	1h30			22h30	02h30		100%
UE Transversale Code : UET 2.1 Crédits : 3 Coefficients : 3	Rédaction de mémoire & Communication orale et écrite	1	1	1h30			22h30	02h30		100%
	Reserve engineering	2	2	1h30		1h30 Atelier	52h30	57h30	40%	60%
Total semestre 3		30	17	12h00	3h00	5h00	307h30	370h00		

Semestre 4

Stage en entreprise sanctionné par un mémoire et une soutenance.

	VHS	Coeff	Crédits
Travail Personnel	550	09	18
Stage en entreprise	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

Récapitulatif global de la formation (S1, S2 et S3) :

VH \ UE	UEF	UEM	UED	UET	Total
Cours	337h30	45h00	112h30	67h30	585h00
TD	270h00	---	---	---	270h00
TP	---	270h00	22h30	---	270h00
Travail personnel	742h30	360h00	15h00	7h30	1125h00
Autre (préciser)	---	---	---	---	---
Total	1350h00	675h00	150h00	75h00	2250h00
Crédits	54	27	6	3	90
% en crédits pour chaque UE	60 %	30 %	10 %		100 %

Crédites des unités d'enseignement



- Unités Fondamentales 60%
- Unités méthodologiques 30%
- Unités de découverte et transversales 10%

III - Programme détaillé par matière du semestre S1

Semestre : 1
 Unité d'enseignement : UEF 1.1.1
 Matière 1 : Hydrogène et Systèmes Électrochimiques
 VHS : 45h00 (Cours : 1h30, TD : 1h30)
 Crédits : 4
 Coefficients : 2

Objectifs de l'enseignement :

Connaitre les bases des techniques de l'intelligence artificielle et son utilisation dans la commande, l'optimisation, le diagnostic et l'aide à la décision. Le module reprend les différentes topologies des réseaux de neurones et leurs algorithmes d'apprentissage, les différents concepts de base de la logique floue et ses applications et, enfin, le principe des méthodes heuristiques et leur programmation.

Connaissances préalables recommandées :

Les systèmes dynamiques. L'optimisation. Logique. Probabilités.

Contenu de la matière :

I. Introduction à l'hydrogène :

-Propriétés de l'hydrogène : densité, état gazeux, température d'ébullition, etc.
 Production d'hydrogène : production par électrolyse, reformage de gaz naturel, énergie solaire, etc.

Stockage de l'hydrogène : stockage sous forme gazeuse, stockage sous forme liquide, stockage sous forme solide, etc.

II. Electrochimie :

Les cellules électrochimiques : cellule voltaïque, cellule électrolytique, etc.
 Les réactions électrochimiques : oxydation, réduction, potentiel électrochimique, etc.
 Les différentes formes d'électrodes : électrode à gaz, électrode à membrane, etc.

III. Batteries :

Principes de base des batteries : différence entre pile et batterie, cathode et anode, électrolyte, etc.

Les différents types de batteries : batteries au plomb-acide, batteries nickel-cadmium, batteries lithium-ion, etc.

Applications des batteries : stockage d'énergie renouvelable, véhicules électriques, appareils électroniques, etc.

IV. Applications de l'hydrogène :

Hydrogène dans le transport : Piles à hydrogène pour véhicules, trains, avions et applications maritimes.

Hydrogène pour le stockage d'énergie : Complément aux énergies renouvelables pour pallier l'intermittence.

Utilisation industrielle : Métallurgie, production d'ammoniac, industries chimiques.

Mode d'évaluation :

Contrôle continu : 40% ; Examen : 60%.

Semestre : 1
Unité d'enseignement : UEF 1.1.1
Matière 2 : Electronique de puissance avancée
VHS : 45h00 (Cours : 1h30, TD : 1h30)
Crédits : 4
Coefficients : 2

Objectifs de l'enseignement :

L'objectif de ce cours est de renforcer les acquis de l'électronique de puissance de base ainsi que d'apprendre le principe de fonctionnement de nouvelles structures de convertisseurs de puissance.

Connaissances préalables recommandées :

Composants de puissance, l'électronique de puissance de base,

Contenu de la matière:**Chapitre 1 : Convertisseur DC-DC non isolés**

- Convertisseur Buck en modes de conduction et discontinue
- Convertisseur Boost en modes de conduction et discontinue
- Convertisseur Buck-boost en modes de conduction et discontinue
- Convertisseur en pont H.

Chapitre 2 : Convertisseur DC-DC isolés

- Convertisseur Flyback
- Convertisseur Forward
- Convertisseur push-pull
- Convertisseur en pont

Chapitre 3 : Onduleurs de tension PWM

- Onduleur monophasé : push-pull, en demi-pont et en pont complet à commandes symétrique et décalée.
- Onduleur triphasé : à commandes symétrique et décalée.
- Techniques PWM : Technique SPWM des onduleurs monophasé et triphasé, Technique à hystérésis des onduleurs monophasé et triphasé

Chapitre 4 : Onduleurs multiniveaux

- Onduleur à diodes de blocage
- Onduleur à capacités flottantes
- Onduleurs en cascade symétrique et asymétriques

Mode d'évaluation :

Contrôle continu : 40% ; Examen : 60%.

Semestre : 1

Unité d'enseignement : UEF 1.1.1

Matière 3 : Asservissements échantillonnés et régulation numérique

VHS : 45h00 (Cours : 1h30, TD : 1h30)

Crédits : 2

Coefficients : 2

Objectifs de l'enseignement

L'objectif principal est d'approfondir les connaissances des étudiants sur l'asservissement et les techniques de régulation numérique.

Connaissances préalables recommandées

Notions de base sur l'asservissement.

Contenu de la matière :

Chapitre 1 : Modélisation des signaux et des systèmes échantillonnés (03 semaines).

- 1.1 Introduction ;
- 1.2 Principes fondamentaux de l'échantillonnage des signaux ;
- 1.3 Exemples de signaux échantillonnés simples ;
- 1.4 Transformée en z des signaux échantillonnés ;
- 1.5 Fonction de transfert en z ;
- 1.6 Transformée de Fourier à temps discret ;
- 1.7 Comportement fréquentiel des systèmes échantillonnés ;
- 1.8 Relations entre les modèles à temps continu et à temps discret.

Chapitre 2: Stabilité et performances des systèmes échantillonnés asservis (05 semaines).

- 2.1 Mise en équation des asservissements échantillonnés ;
- 2.2 Stabilité des asservissements échantillonnés ;
- 2.3 Asservissements continus commandés ou corrigés en temps discret ;
- 2.4 Précision des asservissements échantillonnés ;
- 2.5 Performances dynamiques d'un système échantillonné.

Chapitre 3 : Correction des systèmes échantillonnés asservis (04 semaines).

- 3.1 Principes généraux ;
- 3.2 Tentatives d'actions correctives simples ;
- 3.3 Synthèse d'un correcteur numérique par discrétisation d'un correcteur continu ;
- 3.4 Synthèse d'un correcteur numérique par méthode polynomiale.

Chapitre 4 : Représentation d'état des systèmes à temps discret (03 semaines).

- 4.1 Principe général ;
- 4.2 Résolution des équations d'état ;
- 4.3 Commandabilité d'un système à temps discret ;
- 4.4 Observabilité de l'état d'un système ;
- 4.5 Relation entre la représentation d'état et la fonction de transfert d'un système ;
- 4.6 Commande échantillonnée d'un système à temps continu ;

Mode d'évaluation :

Contrôle continu 40%, examen : 60%

Semestre : 1

Unité d'enseignement : UEF 1.1.2

Matière 1 : Systèmes énergétiques et chimie de l'hydrogène

VHS : 45h00 (Cours : 1h30, TD : 1h30)

Crédits : 4

Coefficients : 2

Objectifs de l'enseignement :

L'objectif principal de ce cours est de fournir aux étudiants une compréhension approfondie des systèmes énergétiques et de la chimie de l'hydrogène, afin de les préparer à des carrières dans les secteurs de l'énergie, de l'ingénierie et de la recherche.

Connaissances préalables recommandées :

Les bases de la thermodynamique : les lois de la thermodynamique, les cycles thermodynamiques, les transferts thermiques, etc.

Les bases de la chimie : les réactions chimiques, les propriétés des matériaux, etc.

Les bases de la physique : la cinématique, la dynamique, l'optique, etc.

Les bases de l'électricité : les lois de l'électricité, les circuits électriques, les composants électriques, etc.

Contenu de la matière :

I. Introduction aux systèmes énergétiques :

Les différents types d'énergie (renouvelables et non-renouvelables)

L'importance de l'énergie dans la société

Les défis associés à la transition énergétique

II. Chimie de l'hydrogène :

La production d'hydrogène (électrolyse, reformage)

Le stockage et la distribution d'hydrogène

III. Les réseaux de distribution d'énergie :

Les réseaux électriques

Les réseaux de gaz naturel

Les réseaux de chaleur et de froid

IV. Évaluation des systèmes énergétiques :

Les outils d'évaluation (analyse de cycle de vie, évaluation économique)

Les critères d'évaluation (coût, durabilité, impact environnemental)

V. Intégration des énergies renouvelables :

Les sources d'énergie renouvelable (solaire, éolien, hydraulique)

L'intégration des énergies renouvelables dans les réseaux énergétiques existants

Les défis et les opportunités associés à l'intégration des énergies renouvelables

VI. La modélisation des systèmes énergétiques :

Les principes de la modélisation des systèmes énergétiques

Les outils de modélisation (systèmes de gestion de l'énergie, logiciels de simulation)

Les applications de la modélisation des systèmes énergétiques

Mode d'évaluation :

Contrôle continu : 40% ; Examen : 60%.

Semestre : 1
 Unité d'enseignement : UEF 1.1.2
 Matière 2 : Conversion de l'énergie
 VHS : 45h00 (Cours : 1h30, TD : 1h30)
 Crédits : 4
 Coefficients : 2

Objectifs de l'enseignement :

Comprendre les principes fondamentaux de la conversion d'énergie : les lois de la thermodynamique, les différentes formes d'énergie, les types de conversion d'énergie. Connaître les différentes technologies de conversion d'énergie : les moteurs thermiques, les générateurs électriques, les piles électrochimiques, les panneaux photovoltaïques

Connaissances préalables recommandées :

Les bases de la thermodynamique : les lois de la thermodynamique, les cycles thermodynamiques, les transferts thermiques, etc.

Les bases de l'électricité : les lois de l'électricité, les circuits électriques, les composants électriques, etc.

Les bases de la mécanique : les lois de la mécanique, les mouvements, les forces, etc.

Les bases de la chimie : les réactions chimiques, les propriétés des matériaux, etc.

Les bases de la physique : la cinématique, la dynamique, l'optique, etc.

Contenu de la matière :

I. Introduction à la conversion d'énergie :

Principes fondamentaux de la conversion d'énergie : première et deuxième lois de la thermodynamique, efficacité, etc.

Types de sources d'énergie : énergie thermique, énergie électrique, énergie cinétique, énergie chimique, énergie nucléaire, énergie solaire, etc.

II. Conversion thermique :

Principes de la conversion thermique : cycle de Carnot, rendement, etc.

Les moteurs thermiques : moteurs à combustion interne, turbines à gaz, etc.

Les cycles de production d'électricité : cycle combiné gaz-vapeur, cycle à cycle organique de Rankine, etc.

III. Conversion électromécanique :

Les générateurs électriques :

Les moteurs électriques

IV. Conversion électrochimique :

Les piles électrochimiques : piles sèches, piles humides, piles à combustible, etc.

Les super-condensateurs : principe de fonctionnement, avantages et inconvénients, applications, etc.

V. Conversion d'énergie solaire :

Les panneaux photovoltaïques : principe de fonctionnement, types de cellules photovoltaïques, applications, etc.

Les capteurs solaires thermiques : principe de fonctionnement, types de capteurs, applications, etc.

Les centrales solaires thermiques : principe de fonctionnement, avantages et inconvénients, applications, etc.

Mode d'évaluation :

Contrôle continu : 40% ; Examen : 60%.

Semestre : 1
 Unité d'enseignement : UEM 1.1
 Matière 1 : **Logiciels libres et open source**
 VHS : 22h30 (Cours : 1h30)
 Crédits : 2
 Coefficients : 2

Objectifs de l'enseignement :

Comprendre les logiciels libres permet aux étudiants de découvrir une alternative solide aux logiciels propriétaires, en leur fournissant les compétences nécessaires pour s'intégrer efficacement dans l'écosystème technologique moderne, en leur apportant des connaissances sur les outils pratiques spécifiques à l'open source.

Connaissances préalables recommandées :

Connaissances de base sur l'utilisation de l'outil informatique.

Contenu de la matière :

Chapitre I : Introduction générale (10%)

- Définitions et histoire des logiciels libres et open source.
- Différences entre logiciels libres, open source et logiciels propriétaires.
- Philosophie et enjeux éthiques des logiciels libres.
- Types de licences (GPL, LGPL, MIT, Apache, BSD, Creative Commons).
-

Chapitre II : S'adapter à MX Linux (45%)

- Présentation générale de MX Linux : origines, caractéristiques et avantages.
- Comparaison avec d'autres distributions Linux (Ubuntu, Debian, Fedora).
- Découverte de l'environnement de bureau Xfce personnalisé par MX Linux.
- Gestionnaire de paquets : MX Package Installer, Synaptic, APT.
- Installation, suppression, et mise à jour des logiciels.
- MX Tools : présentation et utilisation (MX Snapshot, MX Tweak, MX Boot Options).
- Personnalisation du système : thèmes, panneaux, raccourcis clavier.
- Introduction au terminal Linux et Commandes de base (navigation, gestion des fichiers et dossiers, édition).
-

Chapitre III : S'adapter à Libreoffice (45%)

- Présentation générale de LibreOffice (historique, caractéristiques, avantages).
- Présentation rapide des applications intégrées (Writer, Calc, Impress, Draw, Base)
- Traitement de texte avec LibreOffice Writer.
- Tableur avec LibreOffice Calc.
- Présentations avec LibreOffice Impress.
- Initiation au LibreOffice Base.
- Dessin vectoriel avec LibreOffice Draw.

Mode d'évaluation:

Contrôle continu : Examen : 100%.

Semestre : 1
Unité d'enseignement : UEM 1.1.1
Matière 2 : TP Electronique de puissance avancée
VHS : 22h30 (TP : 1h30)
Crédits : 2
Coefficients : 1

Objectifs de l'enseignement :

L'objectif de ce TP est l'étude par simulation ou par des essais pratiques des convertisseurs de puissance de base et avancée.

Connaissances préalables recommandées :

Composants de puissance, l'électronique de puissance de base,

Contenu de la matière:

Travaux pratiques

TP 1 : Convertisseurs DC-DC

TP 2 : Convertisseurs DC-DC isolés

TP 3 : Convertisseurs DC-AC

TP 4 : Convertisseurs multiniveaux

Mode d'évaluation :

Contrôle continu : 100% .

Semestre : 1
Unité d'enseignement : UEM 1.1
Matière 3: TP Systèmes énergétiques et chimie de l'hydrogène
VHS : 22h30 (TP : 1h30)
Crédits : 2
Coefficients : 1

Objectifs de l'enseignement :

L'objectif de l'enseignement sur les TP Systèmes énergétiques et chimie de l'hydrogène est de permettre aux étudiants d'acquérir des compétences pratiques en matière de systèmes énergétiques et de chimie de l'hydrogène. Les TP leur permettent d'approfondir leurs connaissances théoriques et de se familiariser avec les techniques de laboratoire pour l'analyse, la production et le stockage d'hydrogène. Les étudiants pourront ainsi développer leur compréhension des systèmes énergétiques, de l'efficacité énergétique et des technologies de production d'énergie à partir de l'hydrogène vert. L'enseignement vise également à renforcer leur capacité à travailler en équipe et à appliquer les connaissances acquises à des problèmes concrets liés aux systèmes énergétiques et à la chimie de l'hydrogène.

Connaissances préalables recommandées :

Les connaissances préalables recommandées sont généralement les notions de base en chimie, notamment la stœchiométrie, les notions de thermodynamique et les lois de conservation de l'énergie. Il est également recommandé d'avoir une bonne compréhension de la structure atomique et moléculaire, ainsi que des notions de base en électrochimie.

Contenu de la matière :

Le TP Systèmes énergétiques et chimie de l'hydrogène peut inclure les éléments suivants :

- Introduction à la chimie de l'hydrogène et des piles à combustible
- Étude des différents types de piles à combustible (PEMFC, SOFC, AFC, etc.)
- Étude des caractéristiques et des performances des piles à combustible
- Étude des systèmes énergétiques à l'hydrogène et des applications possibles
- Étude de la production d'hydrogène à partir de différentes sources d'énergie renouvelable (électrolyse de l'eau, reformage de gaz naturel, gazéification de la biomasse, etc.)
- Étude des systèmes de stockage d'hydrogène et des technologies associées
- Étude de la régulation et de la gestion des systèmes énergétiques à l'hydrogène.

Mode d'évaluation :

Contrôle continu : 100%.

Semestre : 1

Unité d'enseignement : UEM 1.1

Matière 4 : TP Asservissements échantillonnés et régulation numérique

VHS : 22h30 (TP : 1h30)

Crédits : 2

Coefficients : 1

Objectifs de l'enseignement :

Savoir modéliser et simuler les systèmes discrets. Comprendre l'échantillonnage et la reconstitution. Vérifier le comportement dynamique des systèmes discrets. Simuler et implémenter les régulateurs numériques PID, RST et par retour d'état.

Connaissances préalables recommandées :

Savoir utiliser les logiciels de simulation et de programmation. Commande des systèmes linéaires continus.

Contenu de la matière :

TP 1: Echantillonnage et reconstitution (01 semaine)

TP 2: Systèmes échantillonnés: analyse temporelle et analyse fréquentielle (02 semaines)

TP3: Commande par régulateur PID numérique (04 semaines)

TP4: Commande RST numérique (04 semaines)

TP5: Commande numérique par retour d'état (04 semaines)

Mode d'évaluation :

Contrôle continu : 100%.

Semestre : 1

Unité d'enseignement : UED 1.1

Matière 1 : Développement Durable e transition énergétique.

VHS : 22h30 (Cours : 1h30)

Crédits : 2

Coefficients : 1

Contexte et cadre du projet

Ce projet a pour objectif de comprendre, représenter et modéliser pour le calcul du rendement, diagnostic, contrôle et simulation d'un système à Energie Renouvelable et principalement production de l'Hydrogène vert. Un système de production de l'Hydrogène vert est constitué (figure page 2) des sources d'énergies renouvelables (solaire ; éolienne ou hydraulique) couplées à un électrolyseur basse température PEM (Proton Exchange

Membrane) pour produire de l'Hydrogène vert qui sera ensuite valorisé comme vecteur d'énergie pour la production de l'électricité par exemple par une pile à combustible à basse température PEM.

Objectifs et travail à réaliser

Analyse du fonctionnement et variables opératoires (approche multiphysique) évaluation orale en anglais

a. Travail à réaliser :

1. Schéma technologique
2. Bond graph à mots (décomposition du système en sous-systèmes) : représentez les puissances échangées
3. Variables de puissance à utiliser
4. Phénomènes physiques observées (R,I,C,TF GY...) à modéliser

Sujets A Réaliser : en groupe de 4

Les sujets sont identifiés sur le schéma suivant

- Sujet 1 : Système de production d'énergie solaire
- Sujet 2 : Système de production d'énergie Eolienne
- Sujet 3: Électrolyseur PEM : production H2 vert
- Sujet 4: Pile à Combustible PEM
- Sujet 5 : Système de production d'énergie hydraulique
- Synthèse sujet 1+2+3+4 + gestion optimale de l'énergie pour tout le monde

Mode d'évaluation :

Contrôle continu : 100%

Semestre : 1

Unité d'enseignement : UET 1.1

Matière 1 : Qualité de l'eau dans la production d'hydrogène

VHS : 22h30 (Cours : 1h30)

Crédits : 1

Coefficients : 1

Objectifs de l'enseignement :

- Comprendre l'importance de la qualité de l'eau dans la production d'hydrogène.
- Identifier les critères de qualité de l'eau nécessaires pour une production optimale.
- Analyser les impacts des impuretés de l'eau sur le processus de production.
- Explorer les méthodes de traitement de l'eau pour améliorer l'efficacité de la production d'hydrogène.

Connaissances préalables recommandées :

Bases de la chimie de l'eau (composition, propriétés, impuretés).

Contenu de la matière :

1. **Cycle de l'eau et hydrogène vert**
 - Liens entre le cycle de l'eau et la production d'hydrogène vert.
 - Rôle des ressources en eau dans la transition énergétique.
2. **Impuretés dans l'eau et leurs impacts sur l'électrolyse**
 - Types d'impuretés (sels, métaux lourds, matières organiques).
 - Effets sur les performances et la durabilité des électrolyseurs.
3. **Paramètres clés et méthodes d'analyse**
 - pH, conductivité, solides dissous et autres indicateurs de qualité.
 - Techniques de mesure et d'analyse de la qualité de l'eau.
4. **Technologies de base pour le traitement de l'eau**
 - Filtration, dessalement et déminéralisation.
 - Comparaison des méthodes et leur efficacité.
5. **Exigences en eau pure pour l'électrolyse**
 - Normes de qualité pour l'eau utilisée dans les électrolyseurs.
 - Conséquences d'une eau non conforme sur le processus.
6. **Quantité d'eau nécessaire et enjeux de durabilité**
 - Estimation des besoins en eau pour la production d'hydrogène.
 - Gestion durable des ressources en eau.
7. **Recyclage des eaux usées et utilisation d'eau de mer**
 - Potentiel des eaux usées traitées et de l'eau de mer.
 - Défis techniques et solutions pour leur utilisation.
8. **Projets d'hydrogène vert et solutions de traitement de l'eau**
 - Études de cas de projets industriels.
 - Innovations dans le traitement de l'eau pour l'hydrogène vert.
9. **Mesure de la qualité de l'eau et simulation de traitement**
 - Outils de surveillance et de contrôle de la qualité de l'eau.
 - Modélisation et simulation des procédés de traitement.
10. **Nouvelles technologies de traitement et matériaux avancés**
 - Développements récents en purification de l'eau.
 - Matériaux innovants pour améliorer l'efficacité du traitement.
11. **Impact du changement climatique sur les ressources en eau**
 - Effets du réchauffement climatique sur la disponibilité de l'eau.
 - Stratégies d'adaptation pour la production d'hydrogène vert.

Mode d'évaluation : Contrôle continu : 100%

III - Programme détaillé par matière du semestre S2

Semestre : 2
Unité d'enseignement : UEF 1.2.1
Matière 1 : Technologie de production de l'hydrogène.
VHS : 45h00 (Cours : 1h30, TD : 1h30)
Crédits : 4
Coefficients : 3

Objectifs de l'enseignement :

L'objectif du cours sur les technologies de production et transport de l'hydrogène est de fournir aux étudiants des connaissances sur les différentes technologies de production l'hydrogène. Les étudiants apprendront les avantages et les inconvénients de chaque technologie, ainsi que les applications pratiques et les exigences de sécurité associées. Le cours abordera également les enjeux économiques et environnementaux liés à la production, à la production de l'hydrogène.

Connaissances préalables recommandées :

Base en chimie et en physique, notamment sur les notions de réaction chimique, d'équilibre chimique, de thermodynamique et de cinétique chimique.

Contenu de la matière :

1. Introduction à la production d'hydrogène vert : principes et enjeux
2. Étude des différentes technologies de production d'hydrogène vert : électrolyse de l'eau, reformage de gaz naturel, gazéification de la biomasse, etc.
3. Manipulation des équipements utilisés pour la production d'hydrogène : électrolyseurs, réacteurs de reformage, etc.
4. Analyse des paramètres de production : température, pression, flux de gaz, etc.
5. Évaluation des performances des équipements et des processus de production
6. Le coût de production par chaque techniques de production d'hydrogène vert .
7. Sécurité dans la manipulation des équipements et des gaz combustibles

Mode d'évaluation :

Contrôle continu : 40% ; Examen: 60%.

Semestre : 2

Unité d'enseignement : UEF 1.2.1

Matière 2 : **Extraction et Traitement des Données Expérimentales**

VHS : 45h00 (Cours : 1h30, TP : 1h30)

Crédits : 4

Coefficients : 2

Objectifs de l'enseignement :

L'enseignement "Extraction et Traitement des Données Expérimentales" vise à fournir aux étudiants les compétences nécessaires pour collecter, analyser et interpréter des données issues d'expériences scientifiques ou techniques.

Connaissances préalables recommandées:

Bases en Statistiques, Programmation, Méthodes expérimentales, Bases de données.

Contenu de la matière:

Chapitre 1 : Introduction à l'Optimisation et au Traitement des Données

Objectif : Comprendre l'importance du traitement des données et découvrir les outils utilisés.

1. Définition et applications du traitement des données
2. Qualité des données et impact des erreurs expérimentales
3. Présentation des logiciels **PlotDigitizer** et **OriginLab**

TP1 : Extraction des Données à partir d'Images (2 h)

- Découverte de **PlotDigitizer**
- Extraction de points à partir d'un graphique expérimental
- Calibration des axes et exportation des données

Chapitre 2 : Acquisition et Structuration des Données

Objectif : Transformer des données brutes en tableaux exploitables.

4. Types de données expérimentales et formats courants
5. Structuration et organisation sous OriginLab
6. Nettoyage des valeurs aberrantes et mise en forme

TP2 : Organisation et Structuration des Données (2 h)

- Importation des données extraites dans **OriginLab**
- Suppression des erreurs et normalisation des valeurs
- Interpolation et lissage

Chapitre 3 : Représentation Graphique et Analyse Visuelle

Objectif : Visualiser les tendances et comparer les résultats expérimentaux.

1. Choix des types de graphes
2. Personnalisation des courbes et des axes
3. Analyse des tendances et mise en évidence des anomalies

TP3 : Représentation Graphique et Analyse Visuelle (2 h)

- Création de courbes sous **OriginLab**
- Superposition et comparaison avec des résultats expérimentaux
- Exportation et interprétation des figures

Chapitre 4 : Manipulation et Transformation des Données

Objectif : Modifier et améliorer la qualité des jeux de données.

1. Détection et correction des biais expérimentaux
2. Normalisation et mise à l'échelle des données
3. Calculs avancés : dérivées, filtrage, transformations

TP4 : Manipulation et Interprétation des Données (2 h)

1. Correction des erreurs et valeurs aberrantes
2. Application de transformations et filtrages
3. Vérification de la cohérence des données

Chapitre 5 : Exploitation des Données pour la Modélisation et la Simulation

Objectif : Préparer les données pour une utilisation en simulation numérique.

1. Importance des données dans la modélisation
2. Formats adaptés aux logiciels de simulation (**MATLAB, Excel**)
3. Étude de cas industriel

TP5 : Exploitation des Données dans un Contexte de Modélisation (2 h)

1. Formatage des données pour la simulation
2. Intégration dans un logiciel de modélisation

3. Analyse et validation des résultats

Chapitre 6 : Étude de Cas et Projet Final

Objectif : Appliquer toutes les étapes du traitement des données dans un projet complet.

1. Étude d'un cas réel (ex. : mesures thermiques, pollution, vibrations)
2. Extraction, structuration, analyse et modélisation
3. Discussion et interprétation des résultats

TP6 : Mini-Projet Final (2 h)

1. Mise en œuvre complète du processus d'analyse
2. Rédaction d'un rapport et présentation des résultats

Mode d'évaluation :

Contrôle continu : (code + rapport) 40% ; Examen: 60%.

Semestre : 2
 Unité d'enseignement : UEF 1.2.2
 Matière 1 : Captation CO₂ et Injection de l'hydrogène.
 VHS : 45h00 (Cours : 1h30, TD : 1h30)
 Crédits : 4
 Coefficients : 2

Objectifs de l'enseignement :

L'objectif principal est de comprendre les principes fondamentaux de la captation de CO₂ et de l'injection d'hydrogène dans différents processus industriels, tels que la production d'énergie, la production de produits chimiques et la capture et stockage de carbone.

Les objectifs spécifiques peuvent inclure :

1. Comprendre les différentes technologies de captation de CO₂ et d'injection d'hydrogène, leurs avantages et leurs inconvénients.
2. Connaître les différentes sources de CO₂ et les méthodes de séparation et de captage du CO₂.
3. Étudier les différentes technologies de production d'hydrogène, y compris la production d'hydrogène à partir de sources renouvelables et la capture et l'utilisation du CO₂ pour produire de l'hydrogène.
4. Évaluer les différents types d'injecteurs d'hydrogène, les paramètres de fonctionnement et les effets sur les performances des processus.
5. Comprendre les réglementations environnementales liées à la captation de CO₂ et à l'injection d'hydrogène.

Connaissances préalables recommandées :

Base en chimie et en physique, notamment sur les notions de réaction chimique, d'équilibre chimique, de thermodynamique et de cinétique chimique.

Contenu de la matière :

1. Introduction à la captation de CO₂ et à l'injection d'hydrogène
2. Principes et technologies de la captation de CO₂
3. Technologies de stockage de CO₂
4. Processus d'injection d'hydrogène
5. Stockage géologique d'hydrogène
6. Aspects économiques et environnementaux de la captation de CO₂ et de l'injection d'hydrogène

Le cours peut également inclure des études de cas et des travaux pratiques pour permettre aux étudiants de mieux comprendre les applications concrètes de la captation de CO₂ et de l'injection d'hydrogène.

Mode d'évaluation :

Contrôle continu : 40%; Examen : 60%.

Semestre 2 :

UE Fondamentale Code : UEF 1.2.2

Matière: Systèmes de conversion de l'énergie Photovoltaïque et éolienne

VHS: 45h00 (Cours : 1h30, TD : 1h30)

Crédits: 4

Coefficient: 2

Objectifs de l'enseignement :

Le but de cet enseignement est de présenter les principes de la conversion photovoltaïque de l'énergie solaire, sa mise en œuvre et le mode de production de l'électricité en utilisant les cellules solaires photovoltaïques et des connaissances théoriques et pratiques approfondies sur éléments constitutifs des machines éoliennes de production d'électricité (aérogénérateurs).

Connaissances préalables recommandées :

Notions de base sur : Circuit électrique, Energies Renouvelables,

Parti A : conversion de l'énergie Photovoltaïque

- 1/ Conversion photovoltaïque (PV)
- 2/ Systèmes photovoltaïques
- 3/ Les convertisseurs statiques utilisés
- 4 / Systèmes de stockage
- 5/ Les régulateurs de charge
- 6 / Dimensionnement des systèmes PV
- 6.1 Systèmes sans stockage
- 6.2 Systèmes avec stockage

7 / Applications

Pompage, froid, dessalement

Parti B : conversion de l'énergie éolienne

1 / Caractéristiques du vent

Météorologie du vent, distribution, variation de la vitesse du vent

2/ Les systèmes de conversion éolienne (CCE)

Définition, principe de fonctionnement, types d'éoliennes (

3/ Conversion de l'énergie du vent

Transformation de l'énergie cinétique en énergie mécanique, coefficient de puissance.

4/ Modélisation et simulation du système mécanique de l'éolien

Conversion électrodynamique, modèle de la turbine, caractéristique de puissance, techniques d'extraction de maximum de puissance avec et sans asservissement de la vitesse.

5/ Topologies des systèmes éoliens

Etat de l'art des systèmes éoliens, les différentes machines utilisées dans les systèmes de conversion éolienne (modélisation et simulation) : MAS, MSAP, MADA, GRV,,

Mode d'évaluation :

Contrôle continu : 40% ; Examen: 60%.

Semestre : 2

Unité d'enseignement : UEM 1.2

Matière 1 : **Programmation Informatique appliquée**

VHS : 52h30 (Cours : 1h30, TP : 2h00)

Crédits : 3

Coefficients : 2

Compétences visées :

1. **Maîtriser les bases de la programmation** et de l'algorithmique appliquées aux énergies renouvelables.
2. **Utiliser Python** pour modéliser, simuler et analyser des systèmes énergétiques (solaire, éolien, hydrogène, etc.).
3. **Développer des compétences pratiques** pour résoudre des problèmes concrets dans le domaine des énergies renouvelables.
4. **Apprendre à simuler** des scénarios de production, stockage (hydrogène inclus) et optimisation énergétique.

Méthodologie

- **Cours théoriques** combinés à des **TP pratiques**.
- **Projets individuels/groupe** (ex : simulateur de champ PV).
- **Outils** : Jupyter Notebook, Google Colab, bibliothèques (pandas, scikit-learn pour les projets avancés).

Contenu de la matière :

Chapitre 1 : Introduction à la programmation et à l'algorithmique (2 semaine)

- **Objectifs :**
 - Comprendre les concepts de base d'un algorithme.
 - Apprendre à écrire des pseudocodes.

- Découvrir les structures de contrôle (boucles, conditions).
- **Contenu :**
 - Définition d'un algorithme, exemples concrets.
 - Organigrammes et logique algorithmique.
 - Exercices pratiques sur des problèmes simples.

Chapitre 2 : Présentation du langage Python & Bases du langage (3 semaines)

- **Objectifs :**
 - Installer et configurer Python (Anaconda, Jupyter Notebook).
 - Maîtriser les types de données, variables, opérateurs.
 - Utiliser les bibliothèques de base (numpy, matplotlib).
- **Contenu :**
 - Syntaxe Python, structures de données (listes, dictionnaires).
 - Fonctions et modularité.
 - Visualisation de données (courbes, histogrammes).

Chapitre 3 : Analyse des systèmes en énergie renouvelable avec Python (3 semaines)

- **Objectifs :**
 - Modéliser des systèmes solaires/éoliens (puissance, rendement).
 - Analyser des données météorologiques (ensoleillement, vitesse du vent).
- **Contenu :**
 - Calcul de la production d'un panneau PV (formule de l'efficacité).
 - Étude de cas : Optimisation d'un parc éolien.

Chapitre 4 : Simulation des systèmes à énergies renouvelables et hydrogène (3 semaines)

- **Objectifs :**
 - Simuler un système hybride (PV + stockage hydrogène).
 - Évaluer l'autonomie énergétique avec Python.
- **Contenu :**
 - Modélisation d'un électrolyseur et d'une pile à combustible.
 - Projet : Dimensionnement d'un micro-réseau isolé.

Chapitre 5 : Applications avancées aux systèmes renouvelables (3 semaines)

- **Objectifs :**
 - Implémenter des algorithmes d'optimisation (coût, CO₂).
 - Travailler sur des données réelles (open data).
- **Contenu :**
 - Utilisation de scipy pour l'optimisation.
 - Étude de cas : Smart grid et gestion de la demande.

Mode d'évaluation : Contrôle continu (code + rapport): 40% ; Examen: 60%.

Semestre : 2
 Unité d'enseignement : UEM 1.2
 Matière 2 : Technologie des piles à combustible.
 VHS : 45h00 (Cours : 1h30, TP : 1h30)
 Crédits : 3
 Coefficients : 2

Objectifs de l'enseignement :

L'objectif du cours est d'introduire les principes fondamentaux de cette technologie et de comprendre le fonctionnement des différents types de piles à combustible. Les étudiants apprendront également les applications des piles à combustible, y compris les véhicules à pile à combustible, les systèmes de cogénération, les micro- et mini-réseaux, etc. L'accent sera mis sur les avantages et les inconvénients de chaque type de pile à combustible, ainsi que sur les défis actuels et les perspectives d'avenir de cette technologie.

Connaissances préalables recommandées :

Les bases de la chimie générale (atomes, molécules, réactions chimiques) thermodynamique (lois de la thermodynamique, enthalpie, entropie, etc.)

Contenu de la matière :

Chapitre 1 : Introduction aux piles à combustible (5 semaines)

- Historique
- Définition
- Structure générale : électrodes, électrolyte, plaques bipolaires, couches de diffusion
- Principe de fonctionnement
- Les différents types des piles à combustible : AFC, PEMFC, DMFC, SOFC, MCFC, PAFC
- Applications des piles à combustible : stationnaires, transport, portables
- Avantages et inconvénients des piles à combustible.

Chapitre 2 : Développement de la pile à combustible de type PEMFC (5 semaines)

- Développement du modèle dynamique d'un stack PEMFC, Performances idéales d'une cellule PEMFC, Energie libre de Gibbs, Equation de Nernst, débits molaires, pressions partielles
- Performances réelles d'une cellule PEMFC : pertes ohmiques, pertes d'activation, pertes de concentration, Expression de la tension de sortie

Chapitre 3 : Système de commande d'une pile à combustible (2 semaines)

- Rapport entre les débits des réactants
- Relation entre le débit d'hydrogène et le courant de la pile
- Le courant de la pile

Chapitre 4 : Véhicule électrique à piles à combustible (3 semaines)

- Historique
- Architecture d'un véhicule à pile à combustible
- Le véhicule hybride
- Classifications des véhicules hybrides

Mode d'évaluation :

Contrôle continu : 40% ; Examen: 60%.

Semestre : 2

Unité d'enseignement : UEM 1.2

Matière 3 : TP Technologie de production de l'hydrogène.

VHS : 22h30 (TP : 1h30)

Crédits : 2

Coefficients : 1

Objectifs de l'enseignement :

Les travaux pratiques ont pour but de permettre aux étudiants de :

- Comprendre les différentes méthodes de production d'hydrogène, leurs avantages et leurs inconvénients.
- Manipuler et mettre en œuvre les différentes technologies de production d'hydrogène.
- Analyser les paramètres de production, tels que la température, la pression et le débit, et leur influence sur le rendement de la production d'hydrogène.
- Identifier et résoudre les problèmes rencontrés lors de la production d'hydrogène.
- Évaluer les coûts de production et la viabilité économique des différentes méthodes de production d'hydrogène.

Connaissances préalables recommandées :

- Des connaissances de base en chimie, en thermodynamique et en génie des procédés peuvent être utiles pour une meilleure compréhension des concepts liés à la production de l'hydrogène.
- Des connaissances en électricité et en génie électrique peuvent également être nécessaires pour certains aspects liés à l'électrolyse de l'eau.

Contenu de la matière :

TP 1 : Production d'hydrogène par électrolyse de l'eau

TP 2 : Reformage de gaz naturel et analyse des gaz produits.

TP 3 : Étude comparative des performances d'un électrolyseur PEM et alcalin .

Les travaux pratiques peuvent également inclure des visites de sites de production d'hydrogène pour permettre aux étudiants de voir les processus de production en action.

Mode d'évaluation :

Contrôle continu : 100%

Semestre : 2

Unité d'enseignement : UEF 1.2

Matière 4 : TP Systèmes de conversion de l'énergie photovoltaïque et éolienne.

VHS : 22h30 (Cours : 1h30)

Crédits : 2

Coefficients : 1

Objectifs de l'enseignement :

Cette matière a pour objectifs de permettre à l'étudiant de modéliser et simuler moyennant des logiciels (tels que : Matlab/Simulink, PSpice, PSIM, ...etc), les éléments constituant la chaîne de conversion photovoltaïque et éolienne (aérogénérateur) .

Connaissances préalables recommandées :

Conversion photovoltaïque, Module PV, Machine électrique, MDF

Contenu de la matière :

TP1: Caractérisation électrique de modules Photovoltaïques sous conditions climatiques normales (module totalement éclairé) (simulation et/ou expérimental)

TP2: Caractérisation électrique de modules Photovoltaïques) sous l'effet de l'ombrage et Compréhension du rôle des diodes By-Pass (simulation et/ou expérimental)

TP3 : Etude d'un système Photovoltaïque avec stockage et sans stockage (simulation et/ou expérimental)

TP4 : Etude d'un système de pompage photovoltaïque (au fil du soleil, et/ou avec stockage. (Simulation et/ou expérimental)

TP5:Modélisation et simulation d'une turbine éolienne

TP6 : Modélisation et simulation des convertisseurs de puissance utilisés dans l'éolien (onduleur, redresseur).

TP7 : Modélisation et simulation d'une chaîne de conversion éolienne

TP8 : Optimisation du rendement aérodynamique d'un aérogénérateur (Coefficient de puissance : C_p) en fonction de la vitesse spécifique et l'angle de calage.

Mode d'évaluation :

Contrôle continu : 100%

Semestre : 2

Unité d'enseignement : UED 1.2

Matière 1 : Capteurs et mesure pour les systèmes à énergies renouvelables

VHS : 22h30 (Cours : 1h30)

Crédits : 2

Coefficients : 1

Objectifs de l'enseignement :

Le but est de permettre aux étudiants d'acquérir des notions générales concernant la métrologie, les différents types de paramètres (grandeurs physiques) inhérents aux systèmes à ER et plus précisément les systèmes PV, éolien et PAC.

Connaissances préalables recommandées : Capteurs et mesures électriques

Contenu de la matière :

1. Introduction aux systèmes à énergies renouvelables

- Présentation des différentes sources d'énergies renouvelables (solaire, éolienne, hydraulique, géothermique, biomasse, etc.).
- Importance des capteurs et des systèmes de mesure pour l'optimisation et le contrôle des systèmes énergétiques.

2. Fondements des capteurs et de la mesure

- Principes de base des capteurs : définition, caractéristiques (précision, sensibilité, linéarité, temps de réponse, etc.).
- Types de capteurs : actifs, passifs, analogiques, numériques.
- Techniques de mesure : méthodes directes et indirectes, étalonnage, erreurs de mesure.

3. Capteurs pour l'énergie solaire

- Capteurs de rayonnement solaire : pyranomètres, pyréliomètres.
- Mesure de l'ensoleillement et de l'irradiance.
- Capteurs de température pour les panneaux photovoltaïques et les systèmes thermiques.

4. Capteurs pour l'énergie éolienne

- Anémomètres pour la mesure de la vitesse du vent.
- Girouettes pour la direction du vent.
- Capteurs de pression et de température pour l'analyse des conditions atmosphériques.

5. Capteurs pour l'énergie hydraulique et marémotrice

- Capteurs de débit et de niveau d'eau.
- Mesure de la pression et de la vitesse de l'eau.
- Capteurs pour le suivi des marées et des courants.

6. Capteurs pour la géothermie et la biomasse

- Capteurs de température et de pression pour les systèmes géothermiques.
- Capteurs pour la mesure de la qualité et de la quantité de biomasse.
- Analyse des gaz et des émissions pour les systèmes de combustion.

7. Systèmes de surveillance et de contrôle

- Intégration des capteurs dans les systèmes de gestion de l'énergie (SCADA, IoT).
- Traitement des données et analyse en temps réel.
- Communication des capteurs : protocoles filaires et sans fil (Modbus, CAN, Zigbee, LoRa, etc.).

8. Aspects avancés et tendances

- Capteurs intelligents et auto-alimentés.
- Utilisation de l'intelligence artificielle et du machine learning pour l'optimisation des mesures.
- Innovations technologiques dans le domaine des capteurs pour les énergies renouvelables.

Mode d'évaluation : Examen : 100%.

Semestre : 2

Unité d'enseignement : UET 1.2

Matière 1 : Hydrogène pour la mobilité.

VHS : 22h30 (Cours : 1h30)

Crédits : 2

Coefficients : 1

Objectifs de l'enseignement :

L'objectif du cours est d'introduire les principes de base de la technologie de l'hydrogène appliquée aux transports, en se concentrant sur les véhicules à hydrogène. Les étudiants apprendront les avantages et les inconvénients des véhicules à hydrogène par rapport aux véhicules conventionnels, ainsi que les défis technologiques et économiques actuels et futurs liés à l'infrastructure de ravitaillement en hydrogène.

Connaissances préalables recommandées :

Il est recommandé d'avoir des connaissances de base en chimie et en physique, ainsi que de bonnes notions en génie mécanique et en énergie.

Contenu de la matière :

1. Introduction à l'hydrogène et à la mobilité : définitions, propriétés de l'hydrogène, historique de la mobilité hydrogène, etc.
2. l'hydrogène dans la transition énergétique
3. Production d'hydrogène : technologies de production, sources d'hydrogène, impact environnemental, etc.
4. Stockage et transport d'hydrogène : types de stockage, infrastructures de distribution, transport d'hydrogène liquide, etc.
5. Piles à combustible : types, avantages, inconvénients, applications, etc.
6. Véhicules à hydrogène : conception, performances, économie, coûts, sécurité, etc.
7. Systèmes de ravitaillement : technologies, coûts, normes, réglementation, etc.
8. Analyse du cycle de vie : évaluation environnementale et économique des systèmes d'hydrogène pour la mobilité.
9. Perspectives d'avenir : développements technologiques, perspectives de marché, défis et opportunités de l'hydrogène pour la mobilité.

Mode d'évaluation :

Examen: 100%.

III - Programme détaillé par matière du semestre S3

Semestre : 3

Unité d'enseignement : UEF 2.1

Matière 1 : Modélisation multi-physique et supervision d'un système hybride à ER.

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

Crédits : 7

Coefficients : 4

Objectifs de l'enseignement :

L'objectif du cours et la supervision d'un système hybride à énergie renouvelable est de fournir aux étudiants les connaissances et compétences nécessaires pour modéliser et superviser les systèmes hybrides à ER. Les étudiants apprendront à développer des modèles multi-physiques pour différents composants du système, tels que les panneaux solaires, les éoliennes, les batteries et les convertisseurs de puissance. Ils apprendront également à concevoir des stratégies de supervision pour assurer le fonctionnement optimal du système.

Connaissances préalables recommandées :

Pour suivre ce cours, il est recommandé d'avoir une bonne compréhension de la modélisation et de la simulation des systèmes électriques, ainsi que des connaissances de base en énergie

renouvelable et en stockage d'énergie. Une compréhension de base de la programmation informatique (notamment en MATLAB et Simulink) est également souhaitable.

Contenu de la matière :

Chapitre 1 : Introduction aux systèmes hybrides à énergies renouvelables (ER) :

Les différents types de sources d'énergie renouvelable, les systèmes hybrides à ER, les avantages et les inconvénients de ces systèmes, les principes physiques de ces systèmes.

Chapitre 2 : Modélisation multi-physique :

Les différents outils de modélisation multi-physique, y compris les logiciels de simulation, les modèles physiques, les modèles de comportement, les techniques de modélisation hybride, les avantages et les inconvénients de chaque méthode.

Chapitre 3 : Modélisation des composants du système hybride à ER

La modélisation des composants du système hybride à ER, tels que les panneaux solaires, les éoliennes, les batteries, les convertisseurs de puissance, les chargeurs, les régulateurs, les onduleurs, les transformateurs, les éléments de stockage d'énergie, etc.

Chapitre 4 : Supervision des systèmes hybrides à ER : La supervision des systèmes hybrides à ER, y compris la surveillance, la commande, la régulation, la protection, la maintenance, l'optimisation et la gestion des données.

Chapitre 5 : Analyse de la performance du système hybride à ER : L'analyse de la performance du système hybride à ER, y compris la mesure, la surveillance, l'évaluation, la prédiction et l'optimisation des performances du système.

Chapitre 6 : Applications des systèmes hybrides à ER : Les différentes applications des systèmes hybrides à ER dans les secteurs de l'énergie, de l'industrie, de la mobilité, etc.

Mode d'évaluation :

Contrôle continu : 40% ; Examen: 60%.

Semestre : 3

Unité d'enseignement : UEF 1.2

Matière 2 : Technologies de Stockage et transport de l'hydrogène

VHS : 45h00 (Cours : 1h30, TD : 1h30)

Crédits : 6

Coefficients : 3

Objectifs de l'enseignement :

L'objectif du cours est de fournir aux étudiants des connaissances sur les différentes technologies de stockage et de transport de l'hydrogène. Les étudiants apprendront les avantages et les inconvénients de chaque technologie, ainsi que les applications pratiques et les exigences de sécurité associées. Le cours abordera également les enjeux économiques et environnementaux liés à la production, au stockage et au transport de l'hydrogène.

Connaissances préalables recommandées :

Les connaissances préalables recommandées pour le cours sur les technologies de stockage et transport de l'hydrogène sont :

- Connaissance de base en thermodynamique, mécanique des fluides, transfert de chaleur.
- Connaissance des principes de base de l'électrochimie et de la production d'hydrogène.
- Connaissance de base en génie chimique et des procédés industriels.
- Connaissance des propriétés physiques et chimiques de l'hydrogène.
- Connaissance de base en sécurité industrielle et en gestion des risques.

Ces connaissances préalables permettront aux étudiants de mieux comprendre le contenu du cours et de faciliter leur apprentissage

Contenu de la matière :

Chapitre 1 : Introduction aux technologies de stockage et transport de l'hydrogène :

Les différents types de stockage d'hydrogène, les méthodes de transport de l'hydrogène, les avantages et les inconvénients de chaque méthode, les principes physiques de stockage et transport de l'hydrogène.

Chapitre 2 : Stockage d'hydrogène sous forme gazeuse :

Les technologies de stockage d'hydrogène sous forme gazeuse, y compris la compression et la liquéfaction, les avantages et les inconvénients de chaque méthode, les considérations de sécurité.

Chapitre 3 : Stockage d'hydrogène sous forme liquide :

Les technologies de stockage d'hydrogène sous forme liquide, y compris la cryogénie et les hydrates de gaz, les avantages et les inconvénients de chaque méthode, les considérations de sécurité.

Chapitre 4 : Stockage d'hydrogène sous forme solide :

Les technologies de stockage d'hydrogène sous forme solide, y compris l'adsorption et l'absorption, les avantages et les inconvénients de chaque méthode, les considérations de sécurité.

Chapitre 5 : Transport d'hydrogène :

Les différentes méthodes de transport d'hydrogène, y compris les pipelines, les camions-citernes, les navires et les trains, les avantages et les inconvénients de chaque méthode, les considérations de sécurité.

Chapitre 6 : Applications des technologies de stockage et transport de l'hydrogène :

Les différentes applications des technologies de stockage et transport de l'hydrogène dans les secteurs de l'énergie, de l'industrie, de la mobilité, etc.

Chapitre 7 : Analyse économique des technologies de stockage et transport de l'hydrogène :

L'analyse économique des technologies de stockage et transport de l'hydrogène, les coûts associés à chaque méthode, les avantages économiques des technologies de stockage et transport de l'hydrogène, etc

Mode d'évaluation :

Contrôle continu : 40% ; Examen final : 60%

Semestre : 3
 Unité d'enseignement : UEM 2.1
 Matière 1 : **Intelligence artificielle appliquée**
 VHS : 52h30 (Cours : 1h30, TP : 2h00)
 Crédits : 3
 Coefficients : 2

Compétences visées :

- Appliquer des techniques d'intelligence artificielle pour optimiser la production et l'efficacité énergétique de l'hydrogène vert.
- Concevoir des modèles de Machine Learning et d'optimisation pour la gestion des systèmes énergétiques.
- Développer et utiliser des jumeaux numériques pour la simulation et la maintenance prédictive des infrastructures H2.
- Intégrer les principes éthiques et environnementaux dans l'application de l'IA aux systèmes industriels.

Objectifs :

- Maîtriser les algorithmes d'intelligence artificielle appliqués à l'énergie et à l'industrie.
- Développer des compétences en programmation Python et en utilisation des bibliothèques IA (TensorFlow, Scikit-learn, MATLAB).
- Implémenter des approches IA avancées (logique floue, PSO, ANNs, jumeaux numériques) pour optimiser les performances des électrolyseurs.
- Concevoir des solutions innovantes basées sur l'IA pour améliorer la fiabilité et la gestion des systèmes de production d'hydrogène vert.

Contenu de la matière :

Chapitre 1 : Introduction à l'IA et son application à l'Hydrogène Vert (05 heures)

- Présentation de l'hydrogène vert : production, stockage et distribution.
- Importance de l'IA dans l'optimisation de la production.
- Vue d'ensemble des techniques : Logique Floue, PSO, Machine Learning, ANNs, Jumeaux Numériques.

Chapitre 2 : Mathématiques pour l'IA et outils fondamentaux (07 heures)

- Concepts fondamentaux : algèbre linéaire, probabilités et statistiques.
- Régression linéaire appliquée à l'optimisation énergétique.
- **Travaux pratiques** : Exercices appliqués sur Python.

Chapitre 3 : Apprentissage automatique et optimisation de l'hydrogène vert (13 heures)

- Concepts généraux du Machine Learning.
- Types d'apprentissage : supervisé, non supervisé, renforcement.
- **Cas pratique** : Prédiction de la consommation énergétique.
- **Mini-projets** :
 - Conception d'un modèle Machine Learning pour la prédiction de la consommation énergétique.
 - Optimisation des paramètres de production avec PSO.
- **Travaux pratiques** : Python (Scikit-learn, Pandas, Matplotlib, pyswarm).

Chapitre 4 : Optimisation et Réseaux de Neurones Artificiels (ANNs) (13 heures)

- Architecture des ANNs : couches, poids, activation, apprentissage.
- **Cas pratique** : Modèle ANN pour prédire le rendement énergétique des électrolyseurs.

Mini-projets :

- Développement d'un contrôleur flou pour un électrolyseur.
- **Travaux pratiques** : Python (TensorFlow/Keras, skfuzzy).

Chapitre 5 : Jumeaux Numériques pour la Simulation et la Maintenance Prédictive (13 heures)

- Définition et rôle des jumeaux numériques dans l'industrie.
- Collecte et exploitation des données de capteurs pour la surveillance.
- **Cas pratique** : Simulation d'un électrolyseur et prédiction des pannes.
- **Mini-projets** :
 - Simulation d'un jumeau numérique pour un système H2.
 - Intégration des techniques IA dans un système complet de production d'hydrogène optimisé.
- **Travaux pratiques** : Python (Digital Twin Libraries), Simulink (MATLAB).

Mode d'évaluation

- **Contrôle continu** : 40% (exercices pratiques, mini-projets)
- **Examen final** : 60% (théorie + études de cas)

Semestre : 3

Unité d'enseignement : UEM 2.1

Matière 2 : TP Modélisation multi-physique et supervision d'un système hybride à ER.

VHS : 30h00 (TP : 2h00)

Crédits : 2

Coefficients : 1

Objectifs de l'enseignement :

Les objectifs des travaux pratiques sont les suivants :

- Apprendre à utiliser des logiciels de simulation pour évaluer la faisabilité et la rentabilité de différents scénarios de systèmes hybrides à énergies renouvelables.
- Acquérir des compétences pratiques dans l'analyse des données et la prise de décision pour la conception de systèmes hybrides à énergies renouvelables résilients et économiquement viables.
- Évaluer la résilience des systèmes hybrides à énergies renouvelables aux perturbations externes telles que les catastrophes naturelles et les changements climatiques.

Connaissances préalables recommandées :

Des connaissances de base en mathématiques, en économie et en énergie renouvelable soient nécessaires pour comprendre le contenu de ce cours. Des connaissances en modélisation et simulation de systèmes énergétiques peuvent également être utiles.

Contenu de la matière :

TP 1 : Introduction à la modélisation multi-physique : Les principes fondamentaux de la modélisation multi-physique, les différentes méthodes de modélisation, l'analyse de sensibilité, etc.

TP 2 : Modélisation d'un système hybride à ER : La modélisation d'un système hybride à ER à l'aide de logiciels de modélisation tels que Matlab/Simulink, Dymola, etc. Les différents éléments du système tels que les panneaux solaires, les éoliennes, les batteries, les piles à combustible, etc.

TP 3 : Supervision d'un système hybride à ER : La mise en place de la supervision d'un système hybride à ER à l'aide de logiciels de supervision tels que Labview, Wonderware, etc. La surveillance de différents paramètres tels que la production d'énergie, la consommation d'énergie, la température, la pression, etc.

TP 4 : Analyse des performances du système : L'analyse des performances d'un système hybride à ER en utilisant les résultats de la modélisation et de la supervision. La mesure de l'efficacité énergétique, la mesure de la production d'énergie, la mesure de la consommation d'énergie, etc.

TP 5 : Optimisation du système : L'optimisation du système hybride à ER en utilisant les résultats de l'analyse des performances. L'optimisation de la production d'énergie, l'optimisation du stockage d'énergie, l'optimisation de la consommation d'énergie, l'optimisation du dimensionnement, etc.

Mode d'évaluation :

Contrôle continu : 100%

Semestre : 3

Unité d'enseignement : UEM 2.1

Matière 3 : Etude technico économique des Systèmes hybrides à ER et hydrogène

VHS : 45h00 (Cours : 1h30 , TP : 1h30)

Crédits : 3

Coefficients : 2

Objectifs de l'enseignement :

- **Comprendre** les enjeux technico-économiques des systèmes hybrides intégrant des énergies renouvelables (EnR) et l'hydrogène.
- **Maîtriser** les outils d'analyse pour évaluer la performance technique et la viabilité économique de ces systèmes.
- **Développer** une approche critique pour comparer différentes solutions énergétiques hybrides.

Connaissances préalables recommandées :

Des connaissances de base en mathématiques, en économie et en énergie renouvelable et thermodynamique soient nécessaires pour comprendre le contenu de ce cours.

Logiciels : HOMER (optimisation multi-critères) / OpenDSS pour la stabilité du réseau / Python/Excel.

Contenu de la matière :

1. Objectifs Théoriques

- **Comprendre les fondamentaux des systèmes hybrides :**
 - Principes de fonctionnement des énergies renouvelables (solaire, éolien, etc.) et de la chaîne hydrogène (production, stockage, utilisation).
 - Avantages et défis des couplages EnR-hydrogène.
- **Maîtriser les concepts technico-économiques :**

- Coûts actualisés (LCOE, LCOH), temps de retour sur investissement (TRI).
- Analyse de viabilité (CAPEX, OPEX, cash-flows).

2. Objectifs Techniques

- **Analyser des configurations hybrides :**
 - Dimensionnement d'un système hybride (ex. : solaire + batterie + électrolyseur).
 - Optimisation des mix énergétiques (critères techniques et économiques).
- **Évaluer les performances :**
 - Outils de modélisation (HOMER, PVsyst, Matlab/Simulink).
 - Indicateurs clés (taux de pénétration des EnR, taux d'autoconsommation).

3. Objectifs Économiques et Environnementaux

- **Conduire des études de faisabilité :**
 - Calculs de rentabilité (TRI, VAN).
 - Impact des subventions et réglementations.
- **Quantifier les bénéfices environnementaux :**
 - Réduction des émissions de CO₂.
 - Analyse du cycle de vie (ACV).

4. Objectifs Pédagogiques Transversaux

- **Développer une approche critique :**
 - Comparaison de scénarios (hybride vs. solutions traditionnelles).
 - Sensibilisation aux limites technologiques (efficacité, maturité).
- **Préparer à la prise de décision :**
 - Recommandations pour un déploiement industriel ou territorial.

Travaux Pratique :

TP 1 : Modélisation d'un Système Hybride Simple

Objectif : Prendre en main les logiciels de simulation et comprendre les interactions entre composants.

Outils : HOMER Pro / PVsyst / Python (bibliothèques PySAM, Pandas).

Tâches :

- Créer un modèle de système hybride **solaire PV + batterie + électrolyseur**.
- Paramétrer les composants :
 - Puissance PV (5 kW), capacité batterie (10 kWh).
 - Électrolyseur PEM (1 kg H₂/jour).
- Simuler la production/consommation sur 1 an avec des données météo locales.

Livrable :

- Rapport avec courbes de production/stockage.
- Calcul du taux d'autoconsommation.

TP 2 : Optimisation Technico-Économique

Objectif : Trouver la configuration optimale en termes de coûts et de performance.

Méthode : Analyse de sensibilité et scénarios.

Étapes :

- Varier un paramètre (ex. : prix de l'électrolyseur ou taux d'ensoleillement).
- Comparer 3 configurations :
 1. PV + batterie.
 2. PV + hydrogène.
 3. PV + batterie + hydrogène.

Indicateurs clés :

- LCOE (Levelized Cost of Energy).
- TRI (Temps de Retour sur Investissement).

TP 3 : Étude de Cas Réel – Micro-réseau Insulaire

Contexte : Une île méditerranéenne veut remplacer ses générateurs diesel.

Données fournies :

- Charge électrique journalière (profil de consommation).
- Coût du diesel : 1,5 €/L.
- Ensoleillement moyen : 5,5 kWh/m²/jour.

Mission :

- Dimensionner un système **éolien + PV + hydrogène**.
- Évaluer l'impact sur :
 - Réduction des émissions CO₂.
 - Coût total actualisé (TCO) sur 20 ans.

TP 4 : Analyse de Cycle de Vie (ACV) Simplifiée

Objectif : Intégrer les critères environnementaux dans l'analyse.

Exercice :

- Comparer l'ACV de 2 systèmes :
 1. **Hybride PV-hydrogène** (incluant la fabrication des panneaux et de l'électrolyseur).
 2. **Système diesel**.

Métriques :

- Émissions CO₂ équivalentes / kWh.
- Consommation de ressources (eau, métaux rares).

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

Semestre : 3

Unité d'enseignement : UEM 2.1

Matière 4 : **Projet Personnel Fédérateur et Innovation**

VHS : Hors quota

Crédits : 3

Coefficients : 2

Objectifs de l'enseignement :

Projet de synthèse en lien avec l'entreprise ou de création d'entreprise pour la Conception d'un Système Hybride à Energie renouvelable : de la définition du cahier des charges à la réception du produit (à un niveau de maturité technologique au moins de TRL3 proof of concept)

Organisation :

Les projets sont proposés en **Septembre** en M2 : à réaliser en **60 heures** (à fixer !).
Ce projet travail personnel à soutenir en **Février** peut déboucher vers une start up.

Mode d'évaluation :

Contrôle continu : 100%

Semestre : 3
Unité d'enseignement : UED 2.1
Matière 1 : **Thermique et efficacité énergétique**
VHS : 22h30 (Cours : 1h30)
Crédits : 2
Coefficients : 1

Objectifs de l'enseignement :

Ce module introductif vise à transmettre les bases théoriques et pratiques de la thermique et de l'optimisation énergétique, en mettant l'accent sur des applications concrètes et accessibles.

Connaissances préalables recommandées :

Des connaissances de base en génie civil, en thermodynamique, en électricité et en électronique.

Contenu de la matière :**1. Introduction à la thermique et à l'efficacité énergétique**

- **Définitions de base :** Énergie, chaleur, puissance, rendement.
- **Importance de l'efficacité énergétique :**
 - Enjeux économiques (réduction des coûts).
 - Impact environnemental (émissions de CO₂, transition énergétique).
- **Exemples concrets :**
 - Pourquoi isoler un bâtiment ?
 - Comment optimiser un système de chauffage ?

2. Notions fondamentales de thermodynamique

- **Premier principe :** Conservation de l'énergie.
- **Deuxième principe :** Irréversibilité et pertes énergétiques.
- **Applications simples :**
 - Fonctionnement d'une pompe à chaleur.
 - Rendement d'un moteur thermique.

3. Mécanismes de transfert de chaleur

- **Conduction** (ex. : isolation des murs).
- **Convection** (ex. : chauffage par radiateur).
- **Rayonnement** (ex. : chaleur du soleil).
- **Exercice pratique** : Comparaison de matériaux isolants.

4. Efficacité énergétique dans le quotidien

- **Bâtiments** :
 - Isolation, double vitrage, ventilation.
 - Étiquette énergétique (DPE).
- **Électroménager et industrie** :
 - Choix d'équipements performants (classe A++).
 - Récupération de chaleur fatale.

5. Technologies et innovations

- **Énergies renouvelables** : Solaire thermique, géothermie.
- **Systèmes intelligents** : Gestion optimisée du chauffage (domotique).
- **Véhicules économes** : Hybrides, électriques, récupération d'énergie.

6. Méthodes d'analyse et outils simples

- **Audit énergétique simplifié** : Identifier les gaspillages.
- **Logiciels grand public** : Simulation de consommation (ex. : outils en ligne pour bâtiments).

Mode d'évaluation : Examen: 100%.

Semestre : 3

Unité d'enseignement : UED 2.1

Matière 2 : **Risques industriels et hydrogène**

VHS : 22h30 (Cours : 1h30)

Crédits : 2

Coefficients : 1

Objectifs de l'enseignement :

L'enseignement sur les risques industriels de l'hydrogène vise à fournir aux étudiants ou aux professionnels une compréhension approfondie des spécificités de l'hydrogène, des dangers associés à son utilisation industrielle, et des méthodes pour prévenir et gérer ces risques.

Connaissances préalables recommandées :

Chimie 1, sécurité industrielle .

Contenu de la matière :

Chapitre 1 : Introduction aux risques industriels

- Définition des risques industriels.
- Enjeux liés à la sécurité dans les industries.
- Cadre réglementaire et normes de sécurité.

Chapitre 2 : Risques industriels associés à l'hydrogène

- Risque d'incendie et d'explosion
- Risque de fuite
- Risque d'asphyxie
- Risque lié à la cryogénie
- Risque de réactivité chimique

Chapitre 3 : Mesures de prévention et de sécurité

- a) Conception des installations
- b) Formation du personnel
- c) Protection contre les sources d'ignition
- d) Gestion des stocks et du transport
- e) Plan d'urgence

Chapitre 4 : Réglementation et normes

- a) Directive ATEX : Réglementation européenne sur les atmosphères explosives.
- b) Normes ISO : Normes internationales pour la gestion des risques liés à l'hydrogène.
- c) Règles de l'AIE (Agence internationale de l'énergie) : Recommandations pour l'utilisation sûre de l'hydrogène.

Chapitre 5. Cas d'études et accidents historiques

- a) Explosion du dirigeable Hindenburg (1937)
- b) Incidents dans l'industrie chimique

Mode d'évaluation : Examen: 100%.

Semestre : 3

Unité d'enseignement : UEF 2.1

Matière 1 : Rédaction de mémoire & Communication orale et écrite

VHS : 22h30 (Cours : 1h30)

Crédits : 2

Coefficients : 1

Objectifs de l'enseignement :

- * Maîtriser les techniques de rédaction académique et scientifique.
- * Développer des compétences en communication orale pour les soutenances et présentations.

Connaissances préalables recommandées :

Connaissance des bases en langues française et anglaise. Expérience minimale avec les outils de bureautique.

Contenu de la matière

1. Introduction à la rédaction académique

- Différences entre écriture créative, technique et scientifique.
- Normes et éthique (plagiat, citations, références).

2. Structure d'un mémoire/rapport

- Parties obligatoires (introduction, problématique, méthodologie, résultats, discussion, conclusion).
- Rédaction des résumés (abstract) et mots-clés.

3. Outils et logiciels utiles

- Gestion des références (Zotero, Mendeley).
- Rédaction collaborative (LaTeX, Overleaf, Word).
- Correction et relecture (Grammarly, Antidote).

4. Fondamentaux de la communication

- Principes de base de la communication efficace.
- Différences entre communication orale et écrite.

- Importance du contexte et de l'audience.

5. Communication écrite

- Rédaction claire et structurée (emails, rapports, documents techniques).
- Techniques de synthèse et de reformulation.
- Grammaire, orthographe et style en français et en anglais.

6. Communication orale

- Techniques de prise de parole en public.
- Gestion du stress et de l'articulation.
- Présentations professionnelles (structuration, supports visuels).

7. Communication interculturelle

- Gestion des différences culturelles dans la communication.
- Adaptabilité linguistique et comportementale.
- Cas pratiques en anglais et en français.

8. Outils et technologies de communication

- Utilisation d'outils numériques pour la communication (visioconférence, logiciels collaboratifs).
- Bonnes pratiques pour les échanges virtuels.

Mode d'évaluation : Examen : 100%.

V – Curriculum Vitae succinct
De l'équipe pédagogique mobilisée pour la spécialité

Curriculum vitae succinct

1	Nom	Prénom	Téléphone	Mail
	ZEMMIT	Abderrahim	0664993937	abderrahim.zemmit@univ-msila.dz
	Grade	Etablissement de rattachement	Diplôme Graduation	Diplôme Post-Graduation
	Pr.	Université Med Boudiaf M'sila	G. Electrique	G. Electrique
	Compétences professionnelles pédagogiques (matières enseignées ...etc.)	Thermique et efficacité énergétique , Capteurs et mesure pour le système à énergie renouvelable		
2	Nom	Prénom	Téléphone	Mail
	BARKAT	Said		Said.barkat@univ-msila.dz
	Grade	Etablissement de rattachement	Diplôme Graduation	Diplôme Post-Graduation
	Pr.	Université Med Boudiaf M'sila	G. Electrique	G. Electrique
	Compétences professionnelles pédagogiques (matières enseignées etc.)	Electronique de puissance Avancée, Communication orale et écrite (anglais/français), Etude technico-économique des Systèmes hybrides à ER		
3	Nom	Prénom	Téléphone	Mail
	OUAGUENI	Fayssal	0663119313	fayssal.ouagueni@univ-msila.dz
	Grade	Etablissement de rattachement	Diplôme Graduation	Diplôme Post-Graduation

	Pr.	Université Med Boudiaf M'sila	Automatique	Automatique
	Compétences professionnelles pédagogiques (matières enseignées etc.)		l'intelligence artificielle / Technologie des piles à combustible	
4	Nom	Prénom	Téléphone	Mail
	BENYATTOU	Lotfi	0772623391	letfi.benyettou@univ-msila.dz
	Grade	Etablissement de rattachement	Diplôme Graduation	Diplôme Post-Graduation
	Pr.	Université Med Boudiaf M'sila	G. Electrique	G. Electrique
	Compétences professionnelles pédagogiques (matières enseignées etc.)		Programmation Informatique appliquée aux ST , Logiciels libres et open source	
5	Nom	Prénom	Téléphone	Mail
	CHOUDER	Aissa	0550579339	aissa.chouder@univ-msila.dz
	Grade	Etablissement de rattachement	Diplôme Graduation	Diplôme Post-Graduation
	Pr.	Université Med Boudiaf M'sila	G. Electrique	G. Electrique
	Compétences professionnelles pédagogiques (matières enseignées etc.)		Modélisation multi-physique et supervision d'un système hybride à ER	
6	Nom	Prénom	Téléphone	Mail
	DJERIOUI	Ali	0670475777	Ali.djerioui@univ-msila.dz
	Grade	Etablissement de rattachement	Diplôme Graduation	Diplôme Post-Graduation
	Pr	Université Med Boudiaf M'sila	G. Electrique	G. Electrique
	Compétences professionnelles pédagogiques (matières enseignées etc.)		Asservissements échantillonnés et régulation numérique	
	Nom	Prénom	Téléphone	Mail
	DEFDAF	Mabrouk	0661311126	mabrouk.defdaf@univ-msila.dz

7	Grade	Etablissement de rattachement	Diplôme Graduation	Diplôme Post-Graduation
	MCA	Université Med Boudiaf M'sila	Electromécanique	Electromécanique
	Compétences professionnelles pédagogiques (matières enseignées etc.)		Conversion de l'énergie	
8	Nom	Prénom	Téléphone	Mail
	Saib	Cherif	0661950908	cherif.saib@univ-msila.dz
	Grade	Etablissement de rattachement	Diplôme Graduation	Diplôme Post-Graduation
	MCA	Université Med Boudiaf M'sila	Construction	Génie Matériaux
	Compétences professionnelles pédagogiques (matières enseignées etc.)		Hydrogène et Systèmes Electrochimiques	
9	Nom	Prénom	Téléphone	Mail
	Zergane	Said	0699381414	said.zergane@univ-msila.dz
	Grade	Etablissement de rattachement	Diplôme Graduation	Diplôme Post-Graduation
	Pr	Universite Med Boudiaf M'sila	Energétique	Energétique
	Compétences professionnelles pédagogiques (matières enseignées etc.)		Hydrogène pour la mobilité	
10	Nom	Prénom	Téléphone	Mail
	HOCINE	Mustapha		Mustapha.hocine@univ-msila.dz
	Grade	Etablissement de rattachement	Diplôme Graduation	Diplôme Post-Graduation
	MCA	Universite Med Boudiaf M'sila		
10	Compétences professionnelles pédagogiques (matières enseignées etc.)		Systèmes énergétiques et chimie de l'hydrogène	
	Nom	Prénom	Téléphone	Mail
	DJERIOUI	Mohamed	0550503382	mohamed.djerioui@univ-msila.dz

11	Grade	Etablissement de rattachement	Diplôme Graduation	Diplôme Post-Graduation
	MCA	Universite Med Boudiaf M'sila	Électronique	Électronique
	Compétences professionnelles pédagogiques (matières enseignées ...etc.)	Risques industriels et hydrogène		
12	Nom	Prénom	Téléphone	Mail
	MEKKI	Hamza	0657451903	hamza.mekki@univ-msila.dz
	Grade	Etablissement de rattachement	Diplôme Graduation	Diplôme Post-Graduation
	Pr	Universite Med Boudiaf M'sila	G. Electrique	Automatique
	Compétences professionnelles pédagogiques (matières enseignées etc.)	Optimisation		
13	Nom	Prénom	Téléphone	Mail
	BRIK	Youcef	0773394622	Youcef.brik@univ-msila.dz
	Grade	Etablissement de rattachement	Diplôme Graduation	Diplôme Post-Graduation
	MCA	Universite Med Boudiaf M'sila	Électronique	IA
	Compétences professionnelles pédagogiques (matières enseignées etc.)	Intelligence artificielle appliquée aux ST		

IV- Accords / Conventions



LETTRE D'INTENTION

OBJET : Approbation du projet de lancement d'une formation de Master intitulée :
Hydrogène vert vecteur d'énergie

Dispensée à : **L'université Mohamed BOUDIAF – M'sila Algérie**

Par la présente, **l'Ecole Polytechnique Universitaire de Lille** déclare sa volonté de manifester son accompagnement à cette formation en qualité d'utilisateur potentiel du produit.

A cet effet, nous confirmons notre adhésion à ce projet et notre rôle consistera à :

- Donner notre point de vue dans l'élaboration et à la mise à jour des programmes d'enseignement,
- Participer à des séminaires organisés à cet effet,
- Participer aux jurys de soutenance,
- Faciliter autant que possible l'accueil de stagiaires soit dans le cadre de mémoires de fin d'études, soit dans le cadre de projets tuteurés.

Les moyens nécessaires à l'exécution des tâches qui nous incombent pour la réalisation de ces objectifs seront mis en œuvre sur le plan matériel et humain.

Monsieur **OULD BOUAMAMA Belkacem Professeur à Polytech Lille** est désigné comme coordonnateur externe de ce projet.

SIGNATURE de la personne légalement autorisée :

FONCTION : *Directeur*

Date : *03/05/2023*

V - Avis et Visas des organes Administratifs et Consultatifs

Intitulé du Master : Hydrogène vert vecteur d'énergie

Chef de département + Responsable de l'équipe de domaine

Date et visa:

Date et visa:

Doyen de la faculté (ou Directeur d'institut)

Date et visa :

Chef d'établissement universitaire
<u>Date et visa:</u>

II – Avis et Visa de la Conférence Régionale

VIII – Avis et Visa du Comité pédagogique National de Domaine

