

République Algérienne Démocratique et Populaire  
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche scientifique

Offre de formation pour ingénieur  
Electrotechnique  
Spécialité : Énergie et Environnement

عرض برنامج المهندسين  
كهروتقني  
التخصص : طاقة و بيئة

ÉCOLE SUPÉRIEURE EN SCIENCES APPLIQUÉES

*Tlemcen*

Domaine	Filière	Spécialité
<i>Sciences et Technologie</i>	<i>Electrotechnique</i>	<i>Energie et environnement</i>

الميدان	الشعبة	التخصص
علوم و تكنولوجيا	كهروتقني	طاقة و بيئة

Année universitaire 2016/2017

## Avis et Visas

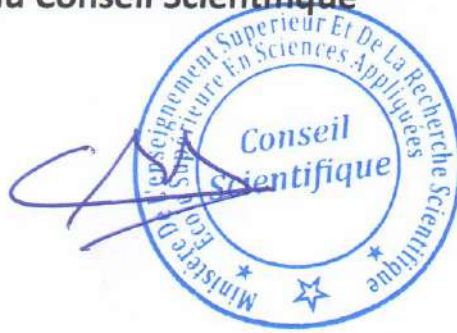
### Visa du Directeur des études



مدير مساعد الدراسات في التدرج  
ديبوكلبي حسن قنؤاد

A handwritten signature in black ink, appearing to be 'H. S. W.' with a stylized flourish.

### Visa du Président du Conseil Scientifique



### Visa du Directeur de l'École



إمضاء: د/ رويسات بوشري  
مدير بالنيابة للمدرسة العليا  
في العلوم التطبيقية  
تلمسان

## A. Fiche d'identité

---

**Intitulé de la formation en français :** Electrotechnique

### **Responsable/Coordinateur de la Formation**

- Nom, Prénoms : *KERBOUA Abdelfatah*                      Grade : *Maître de conférences 'B'*
- Téléphone : *06 96 35 38 60*                      Fax : *043 41 55 41*
- Courriel : *ab.kerboua@gmail.com*

### **Partenaires extérieurs (conventions)**

1. **Autres établissements partenaires :** Université Abou Bekr Belkaïd Tlemcen, Centre de Développement des Energies Renouvelables (CDER)
2. **Entreprises et autres partenaires socio-économiques :** Groupe SONELGAZ, Electro-Industries, Groupe Sonatrach, Groupe Kherbouche, Chambre Algérienne de Commerce et d'Industrie (CACI)
3. **Partenaires internationaux :** Faculté des Sciences Appliquées de Karlsruhe (Allemagne), École d'Ingénieurs de Mohammedia (Maroc), Ecole polytechnique de Milan (Italie)

## B. Exposé des motifs

---

### 1. Contexte :

Le changement climatique peut être dû à des processus internes naturels, à des forçages externes, ou à des changements anthropiques persistants de la composition de l'atmosphère ou de l'affectation des terres.

Aujourd'hui, on observe que la concentration de gaz à effet de serre dans l'atmosphère n'a jamais été aussi élevée. Il existe maintenant un consensus scientifique pour affirmer que ce phénomène récent et brutal, venant perturber le climat, est directement lié aux activités humaines. Face à cette situation, la majorité des pays du monde a reconnu, à travers la Convention Cadre des Nations Unies pour le Changement Climatique en 1994, la nécessité d'agir au plus vite pour réduire leurs émissions.

Pourquoi et comment les économistes abordent-ils la question du changement climatique ?

Atténuer les impacts du changement climatique est devenu l'un des défis environnementaux les plus significatifs du monde. De profondes évolutions sont à envisager pour réduire les émissions de GES, notamment dans les domaines de la production et de la consommation d'énergie. En outre, de nombreuses mesures d'adaptation sont nécessaires pour faire face aux effets du changement climatique. Au vu des coûts de l'adoption de modes de production et de consommation alternatifs, moins intensifs en carbone, et pour légitimer cette action, l'évaluation économique des impacts liés à la variation du climat est devenue une priorité.

L'analyse économique du changement climatique fait appel au concept de développement durable fondé sur la notion de soutenabilité forte, car elle demande de considérer en parallèle les aspects économiques, sociaux et environnementaux. En outre, elle défend le principe de prévention selon lequel le seul dédommagement monétaire est insuffisant pour réduire les effets de la variation du climat par l'internalisation des externalités, il faut aussi mettre en œuvre des mesures en amont pour limiter les émissions et pour cela être conscient du coût de la non-action..

L'approche « coût/bénéfice » est largement utilisée pour analyser le changement climatique, même si elle rencontre certaines limites. La littérature empirique utilise la notion de « coût de l'inaction ». Elle sous-entend que pour souligner la nécessité d'agir, il est important d'avoir une vision de ce que serait le monde si rien n'était fait. Il s'agit en général d'estimer les coûts nets des effets dus à la variation du climat, c'est-à-dire dans le cas où il n'existe aucune mesure de réduction des émissions. Les coûts de l'action et de l'inaction doivent alors être comparés pour définir la politique préventive la plus efficace économiquement, celle qui permet de limiter les effets négatifs à l'aide d'un investissement qui reste inférieur au coût de l'inaction

Les émissions de gaz à effet de serre dues à l'activité humaine sont à l'origine de ce réchauffement : elles ont doublé à l'échelle mondiale depuis le début des années 1970 et devraient à nouveau doubler d'ici 2050 si aucune mesure n'est prise.

Or, une hausse des températures de plus de 2°C renforcerait les phénomènes météorologiques extrêmes, ce qui aurait des conséquences désastreuses, d'un coût très supérieur aux mesures de prévention susceptibles d'être prises. Il est donc urgent d'agir pour limiter le réchauffement à 2°C afin de stabiliser les émissions mondiales de gaz à effet de serre d'ici à 2030 au plus tard, puis de les réduire de moitié d'ici 2050

En Algérie, le programme national de développement des énergies renouvelables 2011-2030 dans sa version actualisée par les services du ministère de l'énergie vient d'être adopté par le gouvernement. En effet, l'intégration des énergies renouvelables dans le mix énergétique national constitue un enjeu majeur dans la perspective de préservation des ressources fossiles, de diversification des filières de production de l'électricité et de contribution au développement durable.

Dans cette stratégie, les énergies renouvelables se placent au cœur des politiques énergétique et économique menées par l'Algérie. Ce programme a connu une première phase consacrée à la réalisation de projets pilotes et de tests des différentes technologies disponibles, durant laquelle des éléments pertinents concernant les évolutions technologiques des filières considérées sont apparus sur la scène énergétique et ont conduit à la révision de ce programme.

La révision de ce programme porte ainsi, sur le développement du photovoltaïque et de l'éolien à grande échelle, sur l'introduction des filières de la biomasse (valorisation des déchets), de la cogénération et de la géothermie, et également sur le report, à 2021, du développement du solaire thermique (CSP).

La consistance du programme en énergie renouvelables à réaliser pour les besoins du marché national sur la période 2015-2030 est de 22 000 MW, dont plus de 4500 MW seront réalisés d'ici 2020. La réalisation du programme permettra d'atteindre à l'horizon 2030 une part de renouvelables de près de 27% dans le bilan national de production d'électricité. Toits solaires, éoliennes, chaudières bois, isolation, toits végétalisés, géothermie, récupération des eaux de pluie... les médias se font le relais de ces nouvelles technologies. Le public est donc progressivement sensibilisé aux problématiques environnementales et de plus en plus acteur du changement à venir. Il y a toutefois un volet de la révolution énergétique dont l'utilisateur n'est pas encore conscient : le potentiel d'emplois qui se cache derrière le développement de ces filières

## 2. Objectifs de la formation :

Le parcours d'ingénieur dans la filière « Electrotechnique » spécialité énergie et environnement vise une formation de haut niveau avec une expertise théorique et pratique dans les domaines de pointe de l'énergie et de sa gestion dans une vision globale du développement durable. Cette formation peut fournir toutes les informations nécessaires dans ce domaine. Elle donne également la possibilité d'exploiter et d'entretenir divers systèmes énergétiques, des énergies renouvelables, notamment le calcul et le dimensionnement de ces systèmes. Cette formation est destinée aux étudiants motivés par des projets de recherche dans le secteur de l'énergie afin d'acquérir les connaissances et les aptitudes scientifiques pour soi.

Le contenu de la formation est adapté au programme E.C.T.S dont la principale caractéristique est de faciliter la mise en place des partenariats entre des institutions du pays, voire des pays différents en fournissant un principe commun de description des programmes d'enseignement. Dans cette nouvelle structure d'enseignement, les étudiants examinent des problèmes multidisciplinaires plus flexibles ; Ils ont également plus d'occasions pour la collaboration et le développement de compétences en matière de communication.

Il vise également à former des spécialistes dans le domaine des sciences de l'ingénieur, aptes à mener à bien une démarche systématique de conception et/ou de recherche les préparant ainsi soit à la recherche industrielle soit à la poursuite des études doctorales. L'ingénieur sortant de cette spécialité devient, dès lors, opérationnel que ce soit pour l'industrie ou pour la poursuite des études en formation doctorale.

Il va sans dire que cette formation répond principalement aux besoins de l'industrie dont les mutations sont profondes eu égard aux exigences économiques de l'heure.

### 3. Profils et Compétences visés :

À la fin de cette formation de l'ingénieur, le candidat doit être capable de :

- Mettre en place des Projets de conception à la production d'énergie avec des différents systèmes de conversion, la mise en réseau (connecté, hors réseau), des installations de distribution et de leur évaluation économique.
- Traiter les technologies de stockage de l'énergie.
- Evaluer les différents aspects liés à l'impact du système d'énergie sur l'environnement (changement climatique) et le développement durable.
- Intégrer les programmes de recherche scientifique.

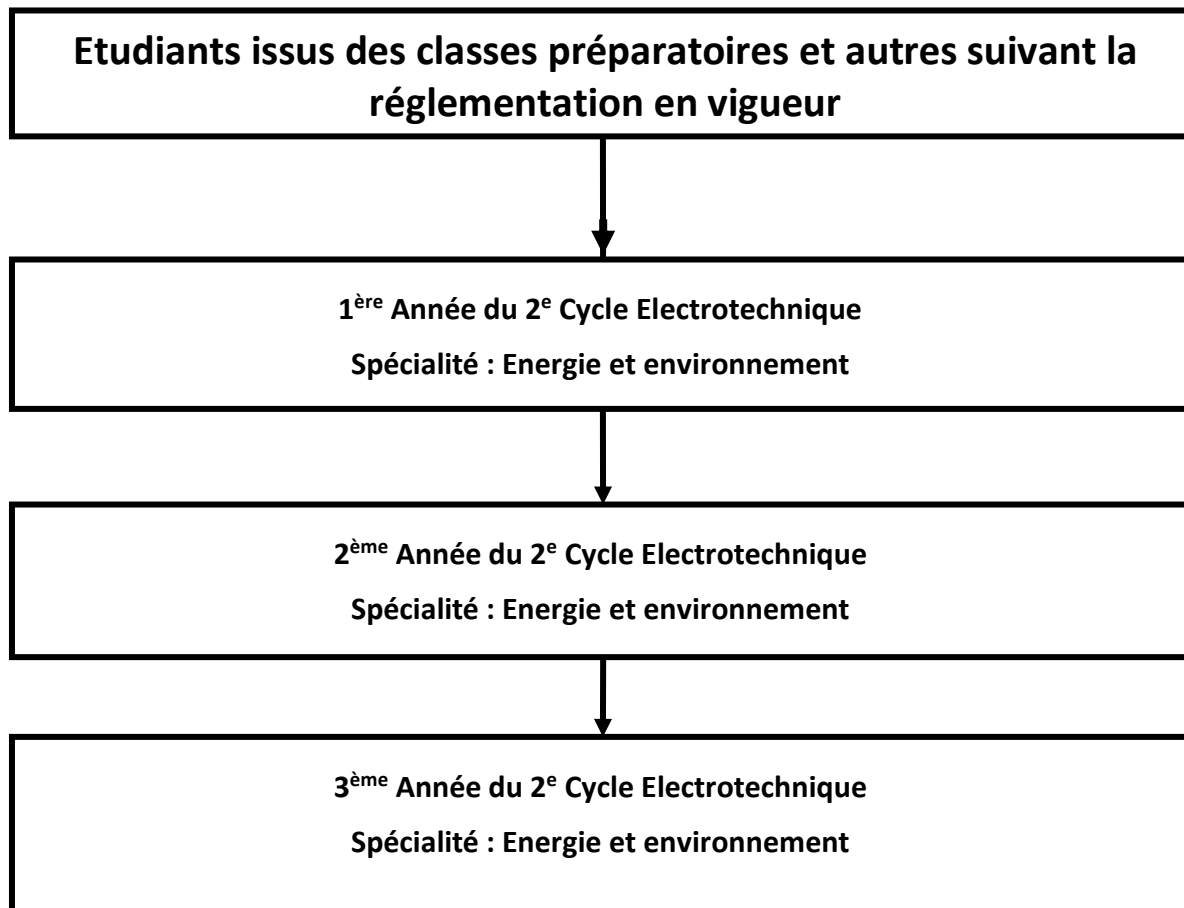
### 4. Contextes régional et national d'employabilité :

- Les différentes industries nationales « publiques et privés » portant sur les processus énergétiques dans le domaine de l'agriculture, des transports et du bâtiment.
- Création des micro-entreprises Start-up
- Consultants et conseils relatifs à l'énergie (énergie verte, l'énergie alternative, ...) et leur impact sur l'environnement.

## C. Organisation générale de la formation

---

### C1- Position : Schéma simple de la formation envisagée



## C2- Programme de la formation d'Ingénieur par semestre

# 1<sup>re</sup> ANNÉE

### Semestre 1

Tableau1 : Synthèse des Unités d'Enseignements

Code de l'UE	UEF51	UEF52	UEM51	UET51	Total
Type	Fondamental	Fondamental	Méthodologique	Transversal	
VHH (présentiel + personnel)	22.5	11	11	6.5	51 (30+20)
Crédits	15	6	6	3	30
Coefficients	12	7	6	5	30

Tableau2 : Répartition par matière pour chaque Unité d'Enseignement

Matières	Code	VHH				Crédits	Coefficients	Mode d'évaluation	
		C	TD	TP	Travail Personnel			CC	EF
<b>UEF51</b>		<b>4.5</b>	<b>4.5</b>	<b>4.5</b>	<b>9</b>	<b>15</b>	<b>12</b>		
Électronique analogique	ELTEE501	1.5	1.5	1.5	3	5	4	50%	50%
Traitement du signal 1	ELTEE502	1.5	1.5	1.5	3	5	4	50%	50%
Systèmes asservis 1	ELTEE503	1.5	1.5	1.5	3	5	4	50%	50%
<b>UEF52</b>		<b>3</b>	<b>3</b>	<b>-</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>		
Transfert de chaleur et de matière	ELTEE504	1.5	1.5	-	2.5	3	3.5	50%	50%
Thermodynamique appliquée	ELTEE505	1.5	1.5	-	2.5	3	3.5	50%	50%
<b>UEM51</b>		<b>3</b>	<b>1.5</b>	<b>1.5</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>6</b>		
Outils mathématiques pour l'ingénieur	ELTEE506	1.5	1.5	-	2.5	3	3	50%	50%
Réseaux et protocoles	ELTEE507	1.5	-	1.5	2.5	3	3	50%	50%
<b>UET51</b>		<b>3</b>	<b>1.5</b>	<b>-</b>	<b>1</b>	<b>3</b>	<b>5</b>		
Comptabilité et gestion des entreprises 1	ELTEE508	1.5	1.5	-	0.5	2	3	50%	50%
Langue et communication 1	ELTEE509	1.5	-	-	0.5	1	2	50%	50%
<b>Total</b>		<b>13.5</b>	<b>10.5</b>	<b>06</b>	<b>20</b>	<b>30</b>	<b>30</b>		



# 1<sup>re</sup> ANNEE

## Semestre 2

Tableau 1 : Synthèse des Unités d'Enseignements

Code de l'UE	UEF61	UEF62	UEM61	UET61	Total
<b>Type</b>	Fondamental	Fondamental	Méthodologique	Transversal	
<b>VHH</b> (présentiel + personnel)	22.5	11	11	6.5	51 (30+21)
<b>Crédits</b>	15	6	6	3	30
<b>Coefficients</b>	12	7	6	5	30

Tableau 2 : Répartition par matière pour chaque Unité d'Enseignement

Matières	Code	VHH				Crédits	Coefficients	Mode d'évaluation	
		C	TD	TP	Travail Personnel			CC	EF
<b>UEF61</b>		<b>4.5</b>	<b>4.5</b>	<b>4.5</b>	<b>9</b>	<b>15</b>	<b>12</b>		
Électronique numérique	ELTEE601	1.5	1.5	1.5	3	5	4	50%	50%
Traitement du signal 2	ELTEE602	1.5	1.5	1.5	3	5	4	50%	50%
Systèmes asservis 2	ELTEE603	1.5	1.5	1.5	3	5	4	50%	50%
<b>UEF62</b>		<b>3</b>	<b>1.5</b>	<b>1.5</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>		
Énergies renouvelables 1	ELTEE604	1.5	-	-	2.5	2	3.5	50%	50%
Mécanique des fluides	ELTEE605	1.5	1.5	1.5	2.5	4	3.5	50%	50%
<b>UEM61</b>		<b>3</b>	<b>1.5</b>	<b>1.5</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>6</b>		
Optimisation	ELTEE606	1.5	1.5	-	2.5	3	3	50%	50%
Systèmes micro-processeurs	ELTEE607	1.5	-	1.5	2.5	3	3	50%	50%
<b>UET61</b>		<b>3</b>	<b>1.5</b>	<b>-</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>5</b>		
Comptabilité et gestion des entreprises 2	ELTEE608	1.5	1.5	-	1	2	3	50%	50%
Langue et communication 2	ELTEE609	1.5	-	-	1	1	2	50%	50%
<b>Total</b>		<b>13.5</b>	<b>9</b>	<b>7.5</b>	<b>21</b>	<b>30</b>	<b>30</b>		

# 2<sup>e</sup> ANNEE

## Semestre 1

Tableau 1 : Synthèse des Unités d'Enseignements

Code de l'UE	UEF71	UEF72	UEM71	UET71	Total
Type	Fondamental	Fondamental	Méthodologique	Transversal	
VHH (présentiel + personnel)	22	11	8.5	6	47.5 (28.5+19)
Crédits	14	7	6	3	30
Coefficients	14	7	6	3	30

Tableau 2 : Répartition par matière pour chaque Unité d'Enseignement

Matières	Code	VHH				Crédits	Coefficients	Mode d'évaluation	
		C	TD	TP	Travail Personnel			CC	EF
<b>UEF71</b>		<b>4.5</b>	<b>4.5</b>	<b>4.5</b>	<b>8.5</b>	<b>14</b>	<b>14</b>		
Électrotechnique 1 :notions fondamentales	ELTEE701	1.5	1.5	1.5	3	5	5	50%	50%
Électronique de puissance	ELTEE702	1.5	1.5	1.5	3	5	5	50%	50%
Automates programmables indus.	ELTEE703	1.5	1.5	1.5	2.5	4	4	50%	50%
<b>UEF72</b>		<b>3</b>	<b>1.5</b>	<b>3</b>	<b>3.5</b>	<b>7</b>	<b>7</b>		
Énergies renouvelables 2 (solaire photovoltaïque et thermique)	ELTEE704	1.5	1.5	1.5	2	4	4	50%	50%
Mesure et instrumentation	ELTEE705	1.5	-	1.5	1.5	3	3	50%	50%
<b>UEM71</b>		<b>3</b>	<b>-</b>	<b>1.5</b>	<b>4</b>	<b>6</b>	<b>6</b>		
Systèmes embarqués	ELTEE706	1.5	-	1.5	1.5	3	3	50%	50%
Régulation industrielle	ELTEE707	1.5	-	-	2.5	3	3	50%	50%
<b>UET71</b>		<b>3</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>3</b>		
Gestion et pilotage de projet 1	ELTEE708	1.5	-	-	2	2	2	50%	50%
Langue et communication 3	ELTEE709	1.5	-	-	1	1	1	50%	50%
<b>Total</b>		<b>13.5</b>	<b>6</b>	<b>9</b>	<b>19</b>	<b>30</b>	<b>30</b>		

# 2<sup>e</sup> ANNEE

## Semestre 2

**Tableau 1 : Synthèse des Unités d'Enseignements**

Code de l'UE	UEF81	UEF82	UEM81	UET81	UED81	Total
Type	Fondamental	Fondamental	Méthodologique	Transversal	Découverte	
VHH (présentiel + personnel)	14	14	11	5	3	48 (24.5+23.5)
Crédits	10	10	7	2	1	30
Coefficients	10	10	4	3	3	30

**Tableau 2 : Répartition par matière pour chaque Unité d'Enseignement**

Matières	Code	VHH				Crédits	Coefficients	Mode d'évaluation	
		C	TD	TP	Travail Personnel			CC	EF
<b>UEF81</b>		<b>3</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>5</b>	<b>10</b>	<b>10</b>		
Électrotechnique 2 : transformateurs et machines électriques	ELTEE801	1.5	1.5	1.5	2.5	5	5	50%	50%
Électronique de puissance – convertisseurs	ELTEE802	1.5	1.5	1.5	2.5	5	5	50%	50%
<b>UEF82</b>		<b>3</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>5</b>	<b>10</b>	<b>10</b>		
Énergies renouvelables 3 (énergies éoliennes et bioénergies)	ELTEE803	1.5	1.5	1.5	2.5	5	5	50%	50%
Matériaux	ELTEE804	1.5	1.5	1.5	2.5	5	5	50%	50%
<b>UEM81</b>		<b>1.5</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>9.5</b>	<b>7</b>	<b>4</b>		
Supervision et sûreté de fonctionnement	ELTEE805	1.5	-	-	3.5	3	2	50%	50%
Mini-projets/Stages	ELTEE806	-	-	-	6	4	2		100%
<b>UET81</b>		<b>3</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>3</b>		
Gestion et pilotage de projet 2	ELTEE807	1.5	-	-	1	1	2	50%	50%
Langue et communication 4	ELTEE808	1.5	-	-	1	1	1	50%	50%
<b>UED81</b>		<b>2</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>3</b>		
Séminaires 1	ELTEE809	2	-	-	1	1	3		100%

<b>Total</b>		12.5	06	06	23.5	30	30	
--------------	--	------	----	----	------	----	----	--

## 3<sup>e</sup> ANNEE

### Semestre 1

**Tableau 1 : Synthèse des Unités d'Enseignements**

Code de l'UE	UEF91	UEF92	UEM91	UED91	Total
<b>Type</b>	Fondamental	Fondamental	Méthodologique	Découverte	
<b>VHH</b> (présentiel + personnel)	14	14	10.5	5.5	44.5 (23+21.5)
<b>Crédits</b>	10	9	8	3	30
<b>Coefficients</b>	10	9	8	3	30

**Tableau 2 : Répartition par matière pour chaque Unité d'Enseignement**

Matières	Code	VHH				Crédits	Coefficients	Mode d'évaluation	
		C	TD	TP	Travail Personnel			CC	EF
<b>UEF91</b>		<b>3</b>	<b>1.5</b>	<b>1.5</b>	<b>8</b>	<b>10</b>	<b>10</b>		
Réseaux et transport de l'électricité	ELTEE901	1.5	1.5	-	4	5	5	50%	50%
Réseaux intelligents (Smart Grids)	ELTEE902	1.5	-	1.5	4	5	5	50%	50%
<b>UEF92</b>		<b>3</b>	<b>1.5</b>	<b>1.5</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>9</b>		
Energies renouvelables 4 (Stockage de l'énergie)	ELTEE903	1.5	1.5	1.5	4	5	5	50%	50%
Efficacité énergétique	ELTEE904	1.5	-	-	4	4	4	50%	50%
<b>UEM91</b>		<b>3</b>	<b>3</b>	<b>1.5</b>	<b>3.5</b>	<b>8</b>	<b>8</b>		
Modélisation et contrôle des actionneurs électriques	ELTEE905	1.5	1.5	1.5	1.5	4	4	50%	50%
Modélisation techno-économique	ELTEE906	1.5	1.5	-	2	4	4	50%	50%
<b>UED91</b>		<b>3.5</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>3</b>		
Propriété intellectuelle	ELTEE907	1.5	-	-	1	1	1	50%	50%
Séminaires 2	ELTEE908	2		-	1	2	2		100%
<b>Total</b>		<b>12.5</b>	<b>6</b>	<b>4.5</b>	<b>21.5</b>	<b>30</b>	<b>30</b>		

# 3<sup>e</sup> ANNEE

## Semestre 2

**Tableau 1** : Synthèse des Unités d'Enseignements

	<b>PFE</b> <b>(Projet de Fin d'Etudes)</b>	<b>Travail</b>	<b>Total</b>
<b>Code de l'UE</b>			
<b>Type</b>			
<b>VHH</b>		→ 30 h	
<b>Crédits</b>			<b>30</b>
<b>Coefficient</b>			<b>30</b>

**Tableau 2** : Répartition par matière pour chaque Unité d'Enseignement

Matières	Code	VHH	Crédits	Coefficients
		Travail Personnel	matières	
Projet de Fin d'Etudes	PFE	30 h	30	30
Total				

**Récapitulatif global :**

UE VH	Fondamental	Méthodologique	Découverte	Transversal	Total
<b>Cours</b>	34.5	13.5	5.5	12	65.5
<b>TD</b>	28.5	6	-	3	37.5
<b>TP</b>	27	6	-	-	33
<b>Travail Personnel</b>	66	27	3	8	104
<b>Total</b>	156	52.5	8.5	23	240
<b>Crédits</b>	102	33	4	11	150
<b>% en crédits pour chaque type d'UE</b>	68	22	2.5	7.5	-

## Sur l'équilibre global des enseignements

Il est bien clair que l'étudiant durant sa formation en spécialité reçoit beaucoup de connaissances théoriques dispensées sous forme de cours. Les matières appartenant aux unités fondamentales sont les plus importantes dans la spécialité, car elles traduisent la spécialité même de l'étudiant. C'est ainsi que se forme le cursus d'enseignement.

Le complément de sa formation est basé également sur les matières de l'unité méthodologique et découverte en plus de l'unité transversale commune à toutes les spécialités.

Il y a lieu également de signaler que l'étudiant durant sa formation est tenu d'effectuer un travail personnel sous forme de devoir à la maison, de révision de cours, d'exercices à préparer, etc.

Les taux en termes de volume horaire et par suite en termes de crédits sont donc répartis suivant l'importance des unités.

### D- LES MOYENS DISPONIBLES

---

#### D1- Capacité d'encadrement : 30 étudiants

##### D2.1 Équipe de Formation interne:

Nom, Prénom	Diplôme	Grade	Laboratoire de rattachement	Domaines de compétence
BRAHIM CHERKI	Doctorat d'état	Pr	Lab. Automatique de Tlemcen	Automatique, systèmes dynamiques linéaires et non linéaires, identification, modélisation
OUAHRANI TARIK	Doctorat	MCA	LPT	Physique du solide et de la matière condensée
BOUKLI HACENE FOUAD,	Doctorat	MCA	LME UHBC Chlef	Vibration et onde, Energies renouvelables, Matériaux, Pollution
MERAD LOTFI	Doctorat	MCA	Télécommunication	Electronique, télécommunication
BENABDALLAH NADIA	Doctorat	MCA	Télécommunication	Electronique, physique énergétique
SAHLAQUI MOHAMMED	Doctorat	MCA	LPT	Analyse numérique, physique numérique
FEROUANI ABDELKARIM	Doctorat	MCA	LPT	Physique atomique, physique des plasmas
MEBROUKI MOHAMMED	Doctorat	MCA	LPT	Analyse numérique, matière condensée, thermodynamique physique, MDF
BENNEKROUF MOHAMMED	Doctorat	MCB	Productique	Ordonnancement et gestion des systèmes de production, chaines logistique

Nom, Prénom	Diplôme	Grade	Laboratoire de rattachement	Domaines de compétence
<b>CHIALI ANISSE</b>	Doctorat	MCB	URMER	Nanomatériaux, techniques expérimentales, revêtements
<b>KHERBOUCHE DJAMILA</b>	Doctorat	MCB	URMER	Energies renouvelables et environnement, recyclage des déchets et des eaux usées
<b>BENHAMEL ABDELHAMID</b>	Magister	MAA	LAEPO	MDF, Transfert thermique, turbo-machines
<b>KHELLADI SMAINE</b>	Magister	MAA	URMER	Energie renouvelable, mécanique rationnelle, RDM
<b>BENHAMOU SIDI MOHAMMED</b>	Magister	MAA	LRM	RDM, MDF, thermodynamique
<b>BELAROUCI SALIM</b>	Magister	MAA	EBM	Electronique
<b>KHEFIF SIDI MOHAMMED</b>	Magister	MAA	LPT	Physique théorique
<b>BELHOUCINE ép. MIMOUNI FAIZA</b>	Magister	MAA	- FOS.	Langue française : sciences du langage - linguistique -pratique systématique de la langue – techniques d’expression, communication-FOS
<b>SOULIMANE ép. BENHABIB YASMINA NOUZHA</b>	Magister	MAA	Programmation linguistique comportementale	Langue anglaise : Applied linguistics and TEFI Laboratoire
<b>KADAOUI ép. ELAÏDI ELYASMINE</b>	Magister	MAA		Economie : Management des entreprises –Gestion financière- Gestion budgétaire-comptabilité analytique – choix des investissements.
<b>BRAHAMI MUSTAPHA ANWAR</b>	Magister	MAA	MELT	Informatique industrielle - Réseaux informatique / industriels - Système d’information et bases de données - Système d’exploitation – Recherche opérationnelle - Programmation orientée objet - Analyse de données et outils d’aide à la décision - Ordonnancement et gestion de la production - Logistique et conception des systèmes logistiques -Maintenance industrielle – Systèmes embarqués – Réseaux de capteurs – Traitement d’image.
<b>MEGNAFI HICHAM</b>	Magister	MAA		
<b>ABDELLAOUI GHOUTI</b>	Magister	MAA		
<b>KARAOUZENE ZOHEIR</b>	Magister	MAA	LTT	
<b>MEZIANE SOUHEYR</b>	Doctorat	MAB	URMER	Intermétalliques, Matériaux
<b>KERBOUA ABDELFATAH</b>	Doctorat	MCA		Electrotechnique, Electronique de puissance et commande des machines

Nom, Prénom	Diplôme	Grade	Laboratoire de rattachement	Domaines de compétence
MOKHTARI RIDA	Doctorat	MCB	Lab. Automatique	Automatique
ARICHI FAYÇAL	Doctorat	MCB	Lab. Automatique	
MEGHEBBAR ABDELMAJID	Doctorat	MCA	Lab. Automatique	
SAHOULI FADELA	Magister	MAA		Outils mathématiques pour l'ingénieur
HOCINI ABDELKADER	Magister	MAB		langue anglaise : sociolinguistique – grammaire – phonétique

## D2.2 Équipe de Formation externe (Université de Tlemcen):

Nom, Prénom	Diplôme	Grade	Laboratoire de rattachement	Domaines de compétence
BENAHMED NASREDDINE	Doctorat d'état	Pr	Lab. De Télécommunications	Electronique, télécommunications
BORSALI AHMED RIAD	Doctorat	MCA	Lab. De Télécommunications	Electronique, télécommunications et traitement du signal
BENADDA BELKACEM	Doctorat	MCA	Lab. De Télécommunications	Electronique embarquée, télécommunications
MERAD LAAREJ	Doctorat	MCA	URMER	Energies renouvelables
BOUCHAOUR MAMA	Doctorat	MCB	URMER	Energies renouvelables

## D2.3- Synthèse globale des Ressources Humaines assurant la formation

Grade	Effectif permanent	Effectif vacataire ou associé	Total
Professeurs	01	01	02
Maîtres de Conférences A	09	03	12
Maîtres de Conférences B	06	01	07
Maîtres assistants A	13	/	13
Maîtres assistants B	01	/	01
<b>Total</b>	30	05	35



#### D2.4- Personnel permanent de soutien

Grade	Effectif
Personnel de soutien (indiquer les différentes catégories)	61
Secrétaire	10

#### D3- Moyens matériels disponibles

##### 1. Laboratoires Pédagogiques et Equipements

### Fiche des équipements pédagogiques existants pour les Laboratoires

(Une fiche par laboratoire)

N°	Laboratoires	Nombre	Capacité unitaire
1	Laboratoires de physique	4	20
2	Laboratoires de chimie	4	20
3	Laboratoires d'informatique	4	20
4	Laboratoires des langues	2	20
5	Salles de dessins	2	20
6	Atelier	2	20
7	CAO-DAO	1	20

N°	Espace pédagogique	Nombre	Capacité unitaire
1	Salle visio-conférences	1	30
2	Salle internet	1	19
3	Bibliothèque	1	140
4	Salle de conférences	1	160

5	Salle Cours/TD	14	30
6	Amphithéâtre	3	204

#### Projet des laboratoires en cours de réalisation

N°	Intitulé des laboratoires	Nombre	Capacité unitaire
1	Laboratoire d'électronique générale	1	20
2	Laboratoire d'asservissement	1	20
3	Laboratoire d'électrotechnique	1	20
4	Laboratoire de machines électriques	1	20
5	Laboratoire des énergies renouvelables	1	20

#### Laboratoires / Projets / Equipes de Recherche de soutien à la formation proposée.

N°	Intitulé des laboratoires	Nombre
1	Laboratoire d'automatique	1
2	Laboratoire d'énergétique et de thermique appliquée « ETA »	1
3	URMER de Tlemcen	1
4	Laboratoire de manufacturing engineering laboratory of Tlemcen "MELT"	1
5	Laboratoire de Télécommunications	1

## 2. Documentation

La bibliothèque de l'Ecole supérieure des sciences appliquées est en réseau avec d'autres bibliothèques. Elle est pourvue en ouvrages scientifiques et techniques suffisants pour la formation proposée, au total plus de 11000 ouvrages. Le renouvellement du fond documentaire est assuré par l'achat annuellement de nouveaux ouvrages parus dans les disciplines qui concernent les nouvelles formations qui seront proposées.

### **3. Espaces de travaux personnels et T.I.C.**

- Deux espaces de travail pour étudiants équipés d'ordinateurs connectés aux réseaux intranet et internet et aussi dotés d'imprimantes.

### **4. Terrains de Stages et formation en entreprise**

- Visite d'entreprises ; stages : ouvrier, maîtrise et ingénieur, travaux pratiques en entreprise, Projet de Fin d'Etudes en milieu industriel, stages de recherche en entreprise (formation doctorale).

#### **D4 Conditions d'accès :**

##### ***Admission en première année :***

L'admission en première année à l'ESSAT est régie par les dispositions réglementaires fixées par le MESRS.

##### ***Admission en troisième année :***

L'admission en troisième année à l'ESSAT est sujette à la réussite aux concours national d'entrée aux écoles supérieures. Le candidat sera pris selon son classement au concours et aussi selon sa fiche de vœux.

#### **D5 Passerelles vers les autres parcours types**

Les passerelles sont régies par les dispositions réglementaires fixées par le MESRS.

# **ANNEXE**

**Détails des Programmes des matières proposées**

# **Électronique analogique**

## **(ELTEE501)**

### **Objectifs :**

Le programme proposé ici a été conçu avec un souci constant de pédagogie et la volonté de rendre les concepts de l'électronique analogique accessibles à l'ensemble des étudiants. L'objectif principal de ce cours est de permettre à l'étudiant de connaître et de comprendre les composants à semi-conducteurs, les amplificateurs opérationnels leurs tests et les circuits dans lesquels on les retrouve.

### **Prérequis :**

L'électronique n'est pas une discipline extrêmement compliquée pour qui l'aborde avec rigueur et méthode. Elle nécessite toutefois que l'étudiant soit familiarisé avec les lois fondamentales de l'électrocinétique, que ce soit en régime continu, sinusoïdal ou transitoire. Les prérequis de mathématiques de l'électronique ne sont pas nombreux : ils concernent l'analyse des fonctions réelles, le calcul différentiel et intégral et les nombres complexes. De même des notions de bases sur les semi-conducteurs sont des préalables.

**VHH : 1h30' cours, 1h30' TD, 1h30' TP**

### **Contenu de l'enseignement :**

#### **Chapitre 1 : Généralités sur les Semi-conducteurs**

- 1-1- Rappel sur les diodes
- 1-2- Rappel sur les transistors bipolaires (Fonctionnement en commutation et linéaire)

#### **Chapitre 2 : Le transistor à effet de champ JFET**

- 2-1- Transistor JFET canal N et canal P
- 2-2- Caractéristiques électriques du transistor JFET canal N
  - 2-2-1- Montage source commune
  - 2-2-2- Tensions et courants
  - 2-2-3- Jonction Grille – Canal
  - 2-2-4- Caractéristiques de transfert et de sortie
  - 2-2-5- Zone de blocage
  - 2-2-6- Zone ohmique
  - 2-2-7- Source de courant
- 2-3- Caractéristiques électriques du transistor JFET canal P
- 2-4- Applications
  - 2-4-1- Interrupteur électronique

## 2-4-2- Amplificateur de tension

### **Chapitre 3 : Amplificateur opérationnel**

#### **Introduction : les circuits intégrés**

#### **3-1- L'amplificateur opérationnel**

- 3-1-1- Brochage
- 3-1-2- Symboles
- 3-1-3- Alimentation

#### **3-2- Caractéristiques électriques**

- 3-2-1- Courants d'entrée
- 3-2-2- Tension différentielle d'entrée
- 3-2-3- Caractéristique de transfert
- 3-2-4- Courant de sortie
- 3-2-5 - Réaction positive et contre réaction

#### **3-3- L'amplificateur opérationnel en régime linéaire**

- 3-3-1- Montage amplificateur de tension
  - 3-3-1-1- Introduction, montage suiveur
  - 3-3-1-2- Montage amplificateur inverseur
- 3-3-2- Fonctions mathématiques
  - 3-3-2-1- Montage additionneur non inverseur
  - 3-3-2-2- Montage soustracteur
- 3-3-2- Montage intégrateur et dérivateur

#### **3-4- L'amplificateur opérationnel en régime de saturation**

- 3-4-1- Montage comparateur simple
- 3-4-2- Montage trigger de Schmitt

### **Chapitre 4 : Filtres analogiques**

#### **Introduction**

#### **4-1- Etude du filtre en régime sinusoïdal**

- 4-1-1- Filtre actif et filtre passif
- 4-1-2- Les principaux types de filtres (idéaux)
  - Filtre passe-bas
  - Filtre passe-haut
  - Filtre passe-bande
  - Filtre coupe-bande (réjecteur de bande)
- 4-1-3- Filtres réels
  - Fréquence de coupure

- Diagramme de Bode
- 4-1-4- Fonction de transfert (transmittance complexe)
- 4-1-5- Exemple n°1 : filtre passe-bas passif (filtre RC)
- 4-1-6- Exemple n°2 : filtre passe-haut actif (à amplificateur opérationnel)

#### **4-2- Filtre en régime non sinusoïdal**

- 4-2-1- Introduction : représentation fréquentielle d'un signal (spectre de fréquence)  
Théorème de Fourier
- 4-2-2- Exemples d'application

### **Chapitre 5 : Oscillateurs**

- Introduction
- 5-1- Oscillateurs RC
- 5-2- Oscillateur à pont de Wien
- 5-3- Oscillateurs Hartley, Colpitts, Clapp et Pierce
- 5-4- Multivibrateurs (astable, bistable, monostable)

### **Chapitre 6 : Alimentations**

- **6-1- Alimentation stabilisée**
  - Rôle et symbole
  - Schéma fonctionnel
  - Schéma structurel
  - Les différents blocs fonctionnels :
    - adapter la tension
    - redresser la tension
    - filtrer la tension
    - réguler la tension : par diode Zener, par RIT
- **6-2- Introduction aux alimentations à découpage**
- **6-2- Générateurs de fonctions (sinusoïdale, carrée, triangulaire et impulsions)**

### **Travaux pratiques**

- TP N°1** : Les trois montages fondamentaux à base de transistors
- TP N°2** : Montage amplificateur en classe B et C
- TP N°3** : Montages fondamentaux utilisant l'amplificateur opérationnel  $\mu A 741$  (amplificateur inverseur, non inverseur, suiveur de tension, comparateur à seuil, intégrateur, application pour le cas d'un filtre passe-haut actif)
- TP N°4** : Les Oscillateurs sinusoïdaux (oscillateur à pont de WIEN, à réseau déphaseur RC et oscillateur LC)
- TP N°5** : Les multivibrateurs (astable, monostable et bistable)

### **Références bibliographiques :**

[1] A. Malvino, Principe d'Electronique, 6ème Edition Dunod, 2008.

[2] T. Floyd, Electronique Composants et Systèmes d'Application, 5ème Edition, Dunod, 2000.

[3] F. Milsant, Cours d'électronique (et problèmes), Tomes 1 à 5, Eyrolles.

[4] M. Kaufman, Electronique : Les composants, Tome 1, McGraw-Hill, 1982.

[5] P. Horowitz, Traité de l'électronique Analogique et Numérique, Tomes 1 et 2, Publitrone-Elektor, 1996.

[6] M. Ouhrouche, Circuits électriques, Presses internationale Polytechnique, 2009.

[7] T. Neffati, Electricité générale, Dunod, 2004.

[8] D. Dixneuf, Principes des circuits électriques, Dunod, 2007

## ***Traitement du signal 1***

### ***(ELTEE502)***

#### **Objectifs :**

L'objectif de ce module est de maîtriser les techniques de représentation temporelles et spectrales des signaux et systèmes à temps continus (analogique) ainsi d'acquérir une connaissance fondamentale de la théorie des systèmes linéaires.

#### **Prérequis :**

Mathématiques, Probabilités

**VHH : 1h30' cours, 1h30' TD, 1h30' TP**

#### **Contenu de l'enseignement :**

##### **Chapitre 1 : Introduction Générale**

- Pourquoi le traitement du signal
- Classification des signaux
- Signaux élémentaires
- Opérations élémentaires sur les signaux.

##### **Chapitre 2 : Représentation Vectorielle des Signaux**

- Distance entre deux signaux
- Produit scalaire de deux signaux
- Fonctions orthogonales
- Principe d'orthogonalité

##### **Chapitre 3 : Analyse de Fourier des Signaux Analogiques**

- Séries de Fourier
- Transformée de Fourier



- Energie et puissance des signaux
- Densité spectrale de puissance
- Fonction de corrélation
- Théorème de Wiener-Kintchine
- Systèmes et opérateurs fonctionnels
- Opérateurs linéaires invariants
- Transformée d'Hilbert.

#### **Chapitre 4 : Probabilités et variables aléatoires**

- Eléments de la théorie des ensembles
- Analyse combinatoire
- Notions de probabilités
- Variables aléatoires à une dimension
- Variables aléatoires à deux dimensions
- Transformation des variables aléatoires.

#### **Chapitre 5 : Processus Aléatoires**

- Définitions et caractéristiques
- Moyenne, corrélation, covariance
- Stationnarité, ergodicité
- Puissance et énergie d'un signal aléatoire
- Bruit blanc
- Réponse des systèmes linéaires aux signaux aléatoires.

#### **Références bibliographiques :**

1. F. De Coulon, Théorie et traitement des signaux, Presses polytechniques romandes.
2. J. Max, J. L. Lacoume, Méthodes et techniques de traitement du signal, Dunod, 2004.
3. A. Papoulis, Probability, Random Variables and Stochastic Processes, Mc-Graw Hill, 1984.
4. B. Picinbono, Random Signals and Systems, Prentice-Hall, 1992.
5. M. Benidir, Théorie et Traitement du Signal, Dunod, 2002.
6. B. Picinbono, Introduction à la théorie du signal, Dunod.

## ***Systèmes asservis linéaires continus***

### ***(ELTEE503)***

#### **Objectifs :**

L'objectif de ce cours est de donner les outils pour modéliser, analyser et commander un processus linéaire. A l'issue de ce cours les étudiants doivent être capables de manipuler des schémas bloc, décider de la stabilité d'un système linéaire et synthétiser un régulateur par des méthodes temporelles ou fréquentielles.

**Prérequis : Aucun**

**VHH : 1h30' cours, 1h30' TD, 1h30' TP**

**Contenu de l'enseignement :**

- 1- Modèles dynamiques
  - a. Exemples de modèles
  - b. Linéarisation et mise à l'échelle
- 2- Réponse dynamique
  - a. Rappel sur la transformée de Laplace
  - b. Réponse d'un système linéaire (Convolution).
  - c. Fonction de transfert (Pôles, zéros, Système propre ...)
  - d. Schémas bloc, Règle de Mason.
  - e. Effet des pôles et zéros sur la réponse dynamique
  - f. Notion de stabilité et critère de stabilité d'un système linéaire.
  - g. Obtention des modèles à partir des données expérimentales.
- 3- Méthode du lieu des racines
  - a. Lieu des racines pour des systèmes simples.
  - b. Règles d'obtention du lieu des racines.
  - c. Choix de paramètre
  - d. Correction dynamique
- 4- Méthodes fréquentielles
  - a. Réponse fréquentielle
  - b. Critère de Nyquist
  - c. Marges de stabilité
  - d. Relation de gain-Phase de Bode
  - e. Réponse fréquentielle en boucle fermée.
  - f. Correction dans le domaine fréquentielle.
- 5- Synthèse dans l'espace d'état.

**Références bibliographiques :**

[1] Gene F. Franklin, J. David Powell, Abbas Emami-Naeini, Feedback Control of Dynamic systems, Prentice Hall, 2002.

[2] J. d'Azzo et C. Houpis, Linear control systems analysis and design , Mac Graw-Hill

[3] P. Borne, Analyse et regulation des processus industriels, Editions Technip

## ***Transfert de chaleur et de masse***

***(ELTEE504)***

**Objectifs :**

Pour le transport et le transfert de l'énergie thermique les problèmes de transmission d'énergie, et en particulier de la chaleur, ont eu une importance déterminante pour l'étude et le fonctionnement d'appareils tels que les générateurs de vapeur, les fours, les échangeurs, les évaporateurs, les condenseurs, etc., mais aussi pour des opérations de transformations chimiques

## **Prérequis :**

Connaissances de base de thermodynamique et notions de transferts de chaleur et de matières.

**VHH : 1h30' cours, 1h30' TD**

## **Contenu de l'enseignement :**

### ***Partie1 : Transfert Thermique***

#### **Chapitre 1 : Généralités sur les processus de transferts thermiques**

I-1 Notion de flux de chaleur

I-2 Notion de densité de flux

#### **Chapitre 2 : Conduction thermique**

II-1 Conductivité thermique d'un milieu

II-2 Application de la loi de Fourier

- Conduction plane
- Conduction cylindrique
- Conduction sphérique.

#### **Chapitre 3 : Convection thermique**

III-1 Détermination du coefficient de convection thermique « h »

III-2 Application de la loi de Newton

- Convection naturelle
- Convection forcée.

#### **Chapitre 4 : Rayonnement thermique**

IV-1 Absorption et émission (corps noire)

IV-2 Application de la loi de Stefan-Boltzmann

#### **Chapitre 5 : Les échangeurs de chaleur**

V-1 Généralités

V-2 Différents types d'échangeurs

V-3 Les agents caloporteurs

V-4 Calcul des échangeurs de chaleur

V-5 Four

## **Partie2 : Transfert Thermique**

### **Chapitre 6 : Flux de matière- Notion de diffusion**

VI-1 Introduction

VI-2 Flux de matière

VI-3 Coefficient de diffusion

### **Chapitre 7 : Transfert de matière en régime permanent**

VII-1 Équation générale

VII-2 Cas particulier d'un milieu B stagnant

VII-3 Cas particulier de la diffusion équimoléculaire

VII-4 Transfert dans les milieux solides : cas des solides poreux

### **Chapitre 8 : Coefficient de transfert**

VIII-1 Introduction.

VIII-2 Structure du coefficient de transfert.

VIII-3 Obtention du coefficient de transfert. Exemple de corrélation.

VIII-4 Unités des coefficients.

### **Chapitre : Transfert de matière entre phases**

IX-1 Modèle de Nernst

IX -2 Théorie des doubles films

IX -3 Expressions des coefficients globaux en fonction des coefficients locaux de transfert.

## **Références bibliographiques :**

[1] Ana-Maria Bianchi, Yves Fautrelle, Jacqueline Etay. Transferts thermiques. ISBN:2880744962, presses polytechniques.

[2] André GIOVANNINI, Benoît BÉDAT. Transfert de chaleur Broché. ISBN: 9782364930247, Cépaduès, 2012.

[3] Ghasem Henda. Bilans matière et énergie pour l'ingénierie chimique - Principes et applications pratiques. ISBN: 9782804165673, De Boeck, 2012.

[4] Transferts thermiques : initiation et approfondissement. ISBN: 9782743019938, Tec et Doc, 2015.

[5] Battaglia, Jean-Luc. Introduction aux transferts thermiques : cours et exercices corrigés, ISBN: 9782100705405, De Boeck, 2015.

# ***THERMODYNAMIQUE APPLIQUÉE***

## ***(ELTEE505)***

### **Objectifs :**

Ce programme a pour objectif de permettre aux élèves (futurs ingénieurs) de comprendre, décrire et quantifier le fonctionnement des machines thermodynamiques (les pompes à chaleur et les moteurs). Il est conçu pour être abordable en première année d'études supérieures et couvert en un seul semestre. Il est destiné à de futur/es ingénieur/es curieux/ses de comprendre le pourquoi et le comment des machines qui les entourent et des équations qu'ils ou elles utilisent

## **Prérequis :**

Notions de base en thermodynamique générale :

- Premier et deuxième principes de la thermodynamique
- Propriétés thermodynamiques des fluides (Gaz parfaits et gaz réels)
- Transferts de chaleur et emplois des combustibles : notions de base.

**VHH : 1h30' cours, 1h30' TD**

## **Contenu de l'enseignement :**

**Chapitre 1 : Rappels sur les principes de la thermodynamique et Applications.**

**Chapitre 2 : Les machines thermiques**

- II-1 Énoncé de Kelvin-Planck
- II-2 Source de chaleur
- II-3 Exergie-Énergie utilisable
- II-4 Machines diathermes diphasiques

**Chapitre 3 : Étude des cycles des moteurs**

- III-1 Conditions générales
- III-2 Cycle de Carnot
- III-3 Cycle d'Otto ou Beau de Rochas
- III-4 Cycle de Stirling
- III-5 Cycle de Diesel
- III-6 Cycle de Rankine
- III-7 Cycle de Joule (ou de Brayton)
- III-8 Cycle d'Ericsson

**Chapitre 4 : Cycles frigorifiques et Pompes à Chaleur**

- IV-1 Introduction
- IV-2 Production frigorifique volumétrique (PFV)
- IV-3 Cycle frigorifique à compression de vapeur
- IV-4 Choix du fluide frigorifique

**Chapitre 5 : Liquide et Vapeur**

- V-1 Changement de phase

V-2 Pression des vapeurs saturantes-Température saturante

V-3 Entropie d'une vapeur saturante

### **Références bibliographiques :**

[1] Gordon Van Wylen, Richard Sonntag. Thermodynamique appliquée. ISBN: 978-2761306621, Diffusion Pearson Education.

[2] André Lallemand. Exercices et problèmes de thermodynamique - Génie énergétique. ISBN : 9782729864934, Ellipses.

[3] José-Philippe Pérez. Thermodynamique : Fondements et applications - Exercices et problèmes résolus. ISBN: 9782100055548, Dunod.

[4] Jean-Noël Foussard, Edmond Julien Stéphane, Mathé Hubert, Debelle fontaine. Les bases de la thermodynamique : cours et exercices corrigés. ISBN: 978-2-10-072131-3, Dunod

## ***Outils mathématiques pour l'ingénieur***

### ***(ELTEE506)***

#### **Objectifs :**

Ce module doit permettre aux élèves ingénieurs d'acquérir des connaissances avancées en mathématiques appliquées pour résoudre les problèmes d'ingénierie en général, et des systèmes linéaires en particulier. Après avoir suivi différentes matières en mathématiques pendant quatre semestres (niveau préparatoire), ce cours s'étend sur un autre semestre et vient ainsi compléter ce parcours.

#### **Prérequis :**

**VHH : 1h30' cours, 1h30' TD**

#### **Contenu de l'enseignement :**

##### **Première partie : Analyse complexe**

1. Nombre complexes
  - a. Définition
  - b. Complexe conjugué et module
  - c. Représentation géométrique : plan complexe
  - d. Puissances et racines
  - e. Fonctions logarithme et exponentielle

2. Fonctions à variable complexe
  - a. Propriétés générales
  - b. Fonctions analytiques
  - c. Intégration dans le plan complexe
  - d. Théorème de Cauchy
  - e. Séries entières
  - f. Théorème des résidus

### **Deuxième partie : Algèbre linéaire**

1. Polynôme caractéristique
  - a. Valeurs propres
  - b. Vecteurs propres
2. Polynômes annulateurs
3. Réduction de Jordan
4. Décomposition de Dunford
5. Calcul de  $A^n$  et  $e^A$

### **Références bibliographiques :**

[1] Initiation à l'analyse complexe, André Giroux, Editions Ellipses, 2014.

[2] Algèbre linéaire, Joseph Grifone, Editions Cepadues, 2015.

[3] Mathematical Methods in Electrical Engineering, Thomas B. A. Senior, Cambridge University Press, 2008.

## ***Réseaux et protocoles***

### ***(ELTEE506)***

#### **Objectifs :**

Le module Réseaux et Protocoles se déroule au premier semestre de la troisième année. L'objectif de ce module est de sensibiliser les étudiants aux réseaux informatiques à la fois sur le plan de l'architecture physique d'un réseau, de l'architecture logicielle (en particulier de la notion de couches) et sur le plan des protocoles standard de communication. Il permet aussi de découvrir les fondamentaux des réseaux locaux industriels. Dans son ensemble le cours vise les objectifs suivants :

- Comprendre le fonctionnement général des réseaux informatiques.
- Savoir concevoir et analyser une architecture de réseau simple.

- Connaissances de base des protocoles de transmission des couches basses (Transport, Réseau, Liaison et Physique) utilisées dans les réseaux d'ordinateurs et les systèmes d'information en général.
- Comprendre le fonctionnement et les caractéristiques des réseaux locaux (la norme Ethernet notamment).
- Présenter les concepts des différents Réseaux locaux industriels (RLI), leurs mécanismes et leurs utilisations.

## **Prérequis :**

Ce module s'appuie sur des connaissances de base en programmation et en architectures des systèmes informatiques (Cours Informatique 1 et 2 des classes préparatoires).

**VHH : 1h30' cours, 1h30' TP**

## **Contenu de l'enseignement :**

### **Partie I : Introduction aux réseaux informatiques**

#### **1 Introduction et généralités**

- 1.1 Historique
- 1.2 Terminologie (Routeur, Switch, HUB)
- 1.3 Type des réseaux (LAN, WLAN, MAN, WAN)
- 1.4 Topologie (étoile, maille, bus, en anneau)

#### **2 Le modèle OSI**

- 2.1 Architecture en couches du modèle OSI
- 2.2 Couche Physique
- 2.3 Couche Liaison de données
  - 2.3.1 Mode de réponse (normal, asynchrone, asynchrone équilibré)
  - 2.3.2 Adresse MAC
  - 2.3.3 Format de la trame
- 2.4 Couche Réseau
  - 2.4.1 Le routage
  - 2.4.2 Adresse IP
  - 2.4.3 Masque de réseau et sous réseau
  - 2.4.4 Table de routage statique/dynamique
  - 2.4.5 Format de paquet IP
- 2.5 Couche Transport
  - 2.5.1 Port source et port destination
  - 2.5.2 Format des segments

#### **3 Modèle TCP/IP**

- 3.1 Relation entre le modèle OSI et modèle TCP/IP
- 3.2 Couche Accès au réseau
- 3.3 Couche Réseau
- 3.4 Couche Transport
- 3.5 Couche Application

### **Partie II : Protocoles**



## **4 Réseaux locaux**

- 4.1 Définitions (Domaines d'application, contraintes)
- 4.2 Différentes topologies
- 4.3 Protocole Ethernet
  - 4.3.1 Trame Ethernet
  - 4.3.2 Commutation
  - 4.3.3 Protocole ARP (Address Resolution Protocol)
  - 4.3.4 Gestion des collisions

## **5 Protocoles**

- 5.1 Protocole TCP (Transmission Control Protocol)
- 5.2 Protocole UDP (User Datagram Protocol)
- 5.3 Protocole PPP
- 5.4 Protocole Telnet et SSH

## **Partie III : Réseaux Locaux Industriels (RLI)**

### **6 Réseaux Locaux Industriels (RLI)**

- 6.1 Caractéristiques d'un RLI
  - 6.1.1 Différentes architectures des RLI
  - 6.1.2 Topologies
  - 6.1.3 Contraintes temporels
  - 6.1.4 Standards
- 6.2 Présentation de quelques RLI
  - 6.2.1 World Fip (Factory Instrumentation Protocol)
  - 6.2.2 CAN (Control Area Network)
  - 6.2.3 Interbus
  - 6.2.4 Profibus
  - 6.2.5 LON Works (Local Operating Network Works)

### **Travaux Pratiques**

- TP1 : Installation et configuration d'un réseau local
- TP2 : Routage
- TP3 : TCP et UDP
- TP4 : Telnet et SSH
- TP4 : Réseaux locaux industriels

### **Références bibliographiques :**

[1] DORDOIGNE, J. (2015). Réseaux informatiques - Notions fondamentales (6ième édition). ENI. ISBN : 9782746093928

[2] LEGRAND, R. (2014). Notions de base sur les réseaux : 1er module de préparation à la certification CCNA 200-120, 18 travaux pratiques et exercices, 90 questions-réponses. ENI. ISBN : 9782746092136

[3] DROMARD, D. (2006). Architecture des réseaux. Pearson. ISBN : 9782744076640

[4] LOHIER S. (2010). Le réseau Internet : des services aux infrastructures : IUT, IUP, licence, master, écoles d'ingénieurs. Dunod. ISBN : 9782100546046

[5] PARET D. (2012). Réseaux multiplexés pour systèmes embarqués : CAN, LIN, FlexRay, Safe by Wire. Dunod. ISBN : 9782100582891

## ***Comptabilité et analyse financière de l'entreprise (ELTEE508)***

### **Objectifs :**

- Acquisition du vocabulaire propre à la comptabilité de l'entreprise
- Fournir les éléments nécessaires à la réalisation d'un plan de financement
- Connaître les paramètres nécessaires à une évaluation financière d'une entreprise
- Identifier les différentes sources de financement
- Préparer l'étudiant à créer sa propre entreprise ou à gérer un projet d'investissement.

### **Prérequis : Aucun**

**VHH : 1h30' cours, 1h30' TD**

### **Contenu de l'enseignement :**

#### **Chapitre 1 : Comptabilité et analyse financière de l'entreprise**

- Les documents comptables obligatoires (Le bilan et Le Tableau des comptes de résultat)
- Le diagnostic financier (Le fonds de roulement, Le besoin en fonds de roulement, La trésorerie)
- Les indicateurs de gestion (Tableau de bord de gestion)
- Lecture financière d'un modèle économique

#### **Chapitre 2 : Gestion de la trésorerie et plan de financement**

- Gestion de la trésorerie
- Plan de financement
- Le choix des investisseurs financiers (Les banques, L'actionnariat, Capital-risque, Business angel)

#### **Chapitre 3 : Notions en comptabilité analytique**

- La relation entre la comptabilité financière et la comptabilité analytique
- Les typologies des charges
- L'incorporation des charges
- Calcul des différents couts

### **Références bibliographiques :**

[1] Joe Knight, Karen Berman, John Case, Michel Le Séac'h, Isabelle Gey-Renard, Comprendre la finance : Pour les non-financiers et les étudiants - Ce que signifient vraiment les chiffres de l'entreprise, 2009

## ***Langue et communication 1***

### ***(ELTEE509)***

#### **Objectifs :**

- Développer les capacités de lecture, de rédaction et de prise de parole en public dans le souci d'informer,
- Prendre conscience des enjeux et des codes de la communication.

#### **Prérequis :**

- Programme des deux années du cycle préparatoire
- Exploitation efficace de la documentation pour la restituer sous forme de résumés, de synthèses de documents, de comptes rendus
- Production de discours écrits et oraux qui porteront la marque de leur individualité.

#### **Compétences visées**

- L'étudiant doit être capable de :
- Rechercher, traiter et restituer l'information (à l'écrit et à l'oral) ;
- Distinguer les différents types d'écrit,
- Acquérir les capacités d'expression orale pour les utiliser dans différents contextes,
- S'initier aux normes de présentation écrite et orale,
- Connaître et savoir utiliser les techniques d'argumentation et de persuasion,
- Présenter des exposés en utilisant la synthèse de documents.

#### **VHH : 1h30' cours**

#### **Contenu de l'enseignement :**

##### **Chapitre 1 : Oser s'exprimer et adapter son expression**

- Langue et registres de langue,
- La présentation orale : le verbal et non verbal (travail de la voix, du corps, des gestes, etc.), émetteur, récepteur, message, canal, ...
- Effets du non verbal sur les interlocuteurs,
- Règles de présentations écrites et orales : typographie, orthographe/syntaxe, gestion des supports,

- Techniques de l'exposé

## **Chapitre 2 : Structurer et organiser son expression**

- Les différentes sources d'information ;
- Décrire un lieu, un objet ou un appareil ;
- Expliquer quelque chose à son interlocuteur et adapter le contenu du message au récepteur ;
- Parler à partir d'un schéma ;
- Prise de notes pour rédiger un rapport ou un compte rendu

## **Chapitre 3 : Discuter et le travailler en groupe :**

- Argumenter et négocier pour convaincre ;
- Apprendre le sens de la nuance ;
- Participer à une réunion pour mettre à pied un projet,
- Savoir écouter et éviter de s'éloigner du sujet de la réunion,
- La réfutation et ses techniques,
- Proposer des solutions alternatives,
- Techniques du débat.

## **Modalités de mise en œuvre**

Exercices de communication écrite et orale : prise de notes, reformulation, courriers, courriel, prise de parole. Exposé oral avec support visuel.

## **Prolongements**

Travaux des autres modules, travaux de groupe.

## **Mots clés**

Communication, culture, écrit et oral, verbal et non verbal, visuels, rédaction, rédaction techniques d'expression.

## **Références bibliographiques :**

- [1] Bellenger Lionel (1998), La force de persuasion, ESF.
- [2] Danblon Emmanuelle (2005), La fonction persuasive, Armand Colin
- [3] Dufour Michel (2008), Argumenter, Armand Colin.
- [4] Faure Didier, (2002), Guide de la communication écrite de l'entreprise, Maxima.
- [5] Kerbrat –Orecchioni .Catherine(1996), La conversation, Paris : Seuil ("Mémo).
- [6] Kerbrat –Orecchioni .Catherine (2001), Les actes de langage dans le discours, Paris : Nathan [rééd. A. Colin, 2008].

[7] Maingueneau Dominique (2000), Analyser les textes de communication, Lettres sup, Nathan Université.

[8] Vanoye Francis (1990) , Expression et communication, Armand Colin.

[9] Ricœur Paul, (2005), Discours et communication, L'Herne.

## **Électronique numérique (ELTEE601)**

### **Objectifs :**

Donner les notions nécessaires pour la réalisation de systèmes électroniques numériques simples, combinatoires et séquentiels. Le module intègre également les bases théoriques et décrit quelques techniques de synthèse de systèmes séquentiels.

### **Prérequis :**

Notions d'électricité de base, mathématique (logique des propositions). Quelques petites notions d'électronique sont un plus (connaître le fonctionnement d'une diode, connaître le comportement d'une capacité, ...).

**VHH : 1h30' cours, 1h30' TD, 1h30' TP**

### **Contenus de l'enseignement :**

#### **Chapitre I. Généralités**

1. Représentation analogique d'une grandeur
2. Représentation numérique d'une grandeur

#### **Chapitre II. Algèbre de Boole (rappel)**

1. Fonctions binaires de base
2. Propriétés de l'algèbre de Boole
3. Fonctions binaires composées
4. Symbolisation des fonctions logiques
5. Mise en équation et réalisation des fonctions logiques

#### **Chapitre III. Circuits combinatoires**

1. Multiplexeurs et démultiplexeurs
2. Décodeurs et encodeurs
3. Additionneurs
4. Compérateurs
5. Unité arithmétique et logique (UAL)

#### **Chapitre IV. Technologie des fonctions logiques**

1. Paramètres technologiques
2. Circuit TTL / CMOS

### **Chapitre V. Fonctions logiques séquentielles**

1. Les bascules
2. Les compteurs
3. Les registres
4. Les mémoires

### **Chapitre VI. Les Convertisseurs (A /N et N/A)**

### **Chapitre VII. Introduction au langage VHDL et aux circuits FPGA**

### **Travaux pratiques :**

**TP N°1** : Initiation aux circuits intégrés numériques

**TP N°2** : Synthèse des circuits combinatoires (Codeurs, décodeurs, multiplexeurs, démultiplexeurs, circuits arithmétiques)

**TP N°3** : Les bascules (JK, RS, D,...)

**TP N°4** : Compteurs, Décompteurs et registres à décalage

**TP N°5** : Convertisseurs Analogique/Numérique et Numérique/Analogique

**TP N°6** : Introduction au langage VHDL

### **Références bibliographiques :**

[1] J. C. Lafont et J. P. Vabre, "Cours et Problèmes d'Électronique Numérique", Éd. Ellipses.

[2] M. Gindre & D. Roux, "Electronique numérique : logique combinatoire et technologie", McGraw-Hill.

[3] M. Gindre & D. Roux, "Electronique numérique : logique séquentielle ", McGraw- Hill

[4] R. J. TOCCI, « Circuits Numériques, Théorie et Applications », Éditions Dunod.

## ***Traitement du signal 2 (ELTEE602)***

### **Objectifs :**

L'objectif de ce module est le traitement des signaux discrets ainsi de maîtriser les techniques du traitement numérique du signal dans le domaine temporel et spectral.

### **Prérequis :**

Mathématiques, Probabilités.

**VHH : 1h30' cours, 1h30' TD, 1h30' TP**

### **Contenu de l'enseignement :**

## **Chapitre 1 : Echantillonnage et Quantification**

- Transformée de Fourier d'un signal échantillonné, propriétés
- Critère d'échantillonnage et reconstitution du signal continu
- Echantillonnage réel
- Echantillonnage de signaux à bande étroite
- Quantification

## **Chapitre 2 : Signaux et Systèmes à temps discret**

- Définition et représentation des signaux discrets
- Définition des systèmes discrets, propriétés : linéarité, invariance, réponse impulsionnelle,
- Causalité, interconnexion de systèmes discrets, stabilité
- Equations aux différences à coefficients constants
- Structures récursives et non récursives
- Entrées élémentaires et réponses élémentaires (réponses impulsionnelles et convolutions, Réponses en fréquences).

## **Chapitre 3 : Transformée de Fourier des Signaux Discrets (TFSD)**

- La TFSD et son inverse
- Propriétés la TFSD
- Théorèmes de la TFSD.

## **Chapitre 4 : Transformée de Fourier Discrète (TFD)**

- Définitions, propriétés de la TFD et son inverse
- Reconstruction d'un signal via l'échantillonnage de la TFSD
- Relation entre la convolution linéaire et circulaire
- Performance de calcul de la TFD
- Transformée de Fourier Rapide (TFR)

## **Références bibliographiques :**

- [1] M. Bellanger, Traitement numérique du signal, Dunod, 1998.  
[2] M. Kunt, Traitement numérique du signal, Dunod, 2004.  
[3] A. V. Oppenheim et al., Discrete Time Signal Processing, Prentice Hall, 2<sup>nd</sup> edition, 1999.  
[4] S. K. Mitra, Digital Signal Processing, a computer based approach, McGraw-Hill, 2<sup>nd</sup> edition, 2001.

# ***Systèmes asservis 2***

## ***(ELTEE603)***

### **Objectifs :**

L'objectif de ce cours est d'introduire la notion de système commandé par ordinateur, de sensibiliser les étudiants aux problèmes liés à la discrétisation. A l'issue du cours les étudiants doivent être

capable de manipuler des fonctions de transfert discrètes, analyser la stabilité d'un système discret et de synthétiser un correcteur pour les systèmes discrets.

**Prérequis :** Systèmes asservis 1

**VHH :** 1h30' cours, 1h30' TD, 1h30' TP

### **Contenu de l'enseignement :**

- 1- Introduction générale aux systèmes échantillonnés
- 2- Transformée en z
  - a. Equations aux différences
  - b. Fonction de transfert discrète
    - i. Schémas bloc et description par variables d'état
    - ii. Réponse impulsionnelle
    - iii. Stabilité et critère de Jury
  - c. Modèles discrets de systèmes échantillonnés
  - d. Réponse dynamique
  - e. Réponse fréquentielle
- 3- Systèmes échantillonnés
  - a. Analyse de l'échantillonneur bloqueur.
  - b. Spectre d'un signal échantillonné et repliement
  - c. Extrapolation des données
  - d. Calculs sur les schémas bloc
- 4- Equivalents discrets des fonctions de transfert continus
- 5- Synthèse des systèmes de contrôle à l'aide des techniques de transformation
- 6- Synthèse dans l'espace des états.
- 7- Choix de la fréquence d'échantillonnage
  - a. Théorème d'échantillonnage.
  - b. Réponse temporelle et lissage.

### **Références bibliographiques :**

[1] Gene F. Franklin, J. David. Powell, Michael L. Workmann, Digital control of dynamic systems, ADDISON-Wesley Publishing Company.

[2] E. Godoy, E. Osterstag, Commande numérique des systèmes, approches polynomiales et fréquentielle, Ellipses 2003.

[3] R. Longchamp, Commande numérique, Presses Rommandes 2006.

## **ÉNERGIE RENOUVELABLE 1 (ELTEE604)**



## **Objectifs :**

Le contenu proposé répond à plusieurs objectifs en matière de formation, de sensibilisation et de modification des comportements. Il fournit une vision globale de la problématique de l'énergie et la compréhension des principaux enjeux. Il présente dans une progression logique toutes les connaissances utiles devant permettre à l'étudiant de bien dominer la matière. Ce module apporte en outre des informations sur les données économiques et techniques, avec notamment un panorama des différentes sources d'énergies, « Eolienne, Photovoltaïque, thermique, biomasse et géothermique », ainsi que des explications sur l'intégration et le stockage de ces énergies dans différents domaines

**Prérequis :** Aucun

**VHH :** 1h30' cours

## **Contenu de l'enseignement :**

### **Chapitre1 : Généralités sur l'énergie**

1. Introduction
  - Evolution des besoins énergétiques
  - Historique des sources d'énergie renouvelables (traditionnelles et nouvelles)
2. Énergies fossiles et renouvelables et changements climatiques
  - Changements climatiques
  - Stratégies contre le changement climatique
3. Caractéristiques des énergies renouvelables
4. Énergies renouvelables et développement durable
5. Énergies renouvelables et sécurité énergétique

### **Chapitre 2 : Les différents types d'énergie et leurs transformations**

1. Types et transformations d'énergie.
  - Énergie rayonnante
  - Énergie thermique
  - Énergie mécanique
  - Énergie électrique
  - Énergie chimique
  - Énergie nucléaire
2. Sources Renouvelables
  - Solaire « Thermique-Thermodynamique et photovoltaïque »
  - Éolien
  - Hydroélectricité
  - Géothermie électrique
  - Biomasse
    - Bois
    - Biogaz
    - Déchets incinérés
  - Marémotrice
    - Vagues
    - Marémotrice
    - Hydrolenne

### **Chapitre 3 : Economies et Efficacité Energétique**

1. Notion d'efficacité énergétique
2. Consommation d'énergie par habitat et par secteur
3. Isolation thermique
4. Rendement énergétique
5. Quelques applications
  - Développement du chauffe-eau solaire, introduction des principales techniques de climatisation solaire)
  - Généralisation de l'utilisation des lampes à basse consommation d'énergie
  - Introduction de la performance énergétique dans l'éclairage public

### **Chapitre 4 : Intégration et Stockage des énergies renouvelables**

1. Généralités
2. Technologie du Solaire thermique et Thermodynamique
3. Technologie du Solaire photovoltaïque
4. Technologie du Géothermie et pompe à chaleur
5. Technologie des Aérogénérateurs
6. Technologie en Bioénergétique

### **Références bibliographiques:**

[1] WIND ENERGY EXPLAINED Theory, Design and Application Second Edition J. F. Manwell and J. G. McGowan, ISBN 978-0-470-01500-1, 2009 John Wiley and Soas Ltd

[2] Energie Renouvelable: Énergie Renouvelable, Agence Internationale de L'énergie Renouvelable, Politique Des Énergies Renouvelables ISBN 1159550786, 9781159550783, General Books LLC, 2010

[3] L'énergie solaire thermique et photovoltaïque Les guides de l'habitat durable , Michel Tissot, ISBN 2212133200, 9782212133202, Eyrolles, 2012

[4] La climatisation solaire: thermique ou photovoltaïque Collection technique & ingénierie, Froid et génie climatique Technique Et Ingénieries Technique et ingénierie. Série Froid et génie climatique, Francis Meunier, Daniel Mugnier, ISBN 2100582062, 9782100582068 ; Dunod, 2013

## ***Mécanique des fluides*** **(ELTEE605)**

### **Objectifs :**

- Donner une vision approfondie de l'hydrodynamique, notamment en ce qui concerne les couches limites et le bilan énergétique
- Dresser un aperçu de l'état de l'art des écoulements compressibles
- Comprendre la physique des transferts d'énergie, à travers le concept de cascade d'énergie en turbulence homogène
- Introduire aux étudiants les applications de la turbulence ainsi que les concepts de sa modélisation

**Prérequis :** Mécanique des fluides

**VHH : 1h30' cours, 1h30' TD, 1h30' TP**

## **Contenu de l'enseignement :**

### **Chapitre 1 : Bilans énergétiques pour les écoulements permanents**

1. Bilan énergétique
  - 1.1. Équation de bilan énergétique
  - 1.2. Cas des fluides incompressibles non visqueux
  - 1.3. Cas des fluides compressibles non visqueux
  - 1.4. Fluides visqueux
2. Equation de bilan énergétique en présence d'une machine hydraulique dans l'écoulement
3. La résultante des forces sur un fluide ; théorème d'Euler

### **Chapitre 2 : Force exercées par un fluide en écoulement**

1. Le principe d'impulsion et la quantité de mouvement
2. Trainée et portance -Coefficient de trainée et coefficient de portance
3. Forces (dynamique) sur un obstacle-Théorie de la plaque plane
3. Théorie de la couche limite (Théorie de Prandtl)
  - 3.1. Couche limite laminaire
  - 3.2. Couche limite turbulente
  - 3.3. Phase de transition
4. Coup de Bélier

### **Chapitre 3 : Ecoulements compressibles**

1. Ecoulement compressible ou incompressible
  - 1.1. Nombre de Mach
  - 1.2. Classification des écoulements
2. Ecoulements isentropiques unidirectionnels compressibles des fluides parfaits
  - 2.1. Equation de Barré de Saint-Venant
  - 2.2. Barré de Saint Venant – Bernoulli
  - 2.3. Théorème d'Hugoniot
3. Notions d'onde de choc
4. Applications : Le tube de Pitot en écoulement compressible (écoulement compressible subsonique, écoulement compressible supersonique), écoulements dans une tuyère, souffleries subsoniques et supersoniques

### **Chapitre 4 : Introduction à la turbulence en mouvement moyen**

1. Exemples d'applications
2. Origine de la turbulence
3. La cascade énergétique
  - 3.1. Equation de l'énergie cinétique turbulente
  - 3.2. Turbulence homogène isotrope
4. Modélisation de la turbulence ; modèles à viscosité turbulente
5. Décollement des couches limites et vorticités

### **Chapitre 5 : Analyse dimensionnelle et lois de similitude**

1. Théorème de Buckingham
2. Similitudes géométrique, cinématique et dynamique

### **Références bibliographiques :**

- [1] Fletcher C.A.J., Computational techniques for fluid dynamics, Vol. 1& 2. Springer Berlin Heidelberg, 1991
- [2] Ferziger J. H, Perić M., Computational methods for fluid dynamics. Springer, 2002
- [3] Guyon, Hulin, Hydrodynamique physique, EDP Sciences 2012.
- [4] Bailly et Comte-Bellot, Turbulence, CNRS Editions

## ***Optimisation (ELTEE606)***

### **Objectifs :**

A la fin de ce cours l'étudiant doit être capable de formuler un problème d'optimisation et de pouvoir choisir la méthode de résolution appropriée. Il est clair que ce cours se veut une introduction aux méthodes d'optimisation et selon le temps imparti le programme sera couvert de manière plus ou moins détaillée.

### **Prérequis :**

Calcul différentiel

**VHH : 1h30' cours, 1h30' TD**

### **Contenu de l'enseignement :**

- 1- Introduction : Exemples de problèmes d'optimisation
- 2- Compléments de mathématiques (fonctions à plusieurs variables, gradient, convexité, ...)
- 3- Concepts fondamentaux
  - a. Notion de solution
  - b. Conditions nécessaires d'optimalité (premier et second ordre)
  - c. Conditions suffisantes d'optimalité (second ordre)
  - d. Vue d'ensemble sur les algorithmes de recherche
  - e. Notion de taux de convergence.
- 4- Optimisation sans contraintes
  - a. Recherche unimodale
  - b. Méthodes du gradient
  - c. méthode de Newton
  - d. Méthodes quasi Newton
  - e. Méthodes des moindres carrés
- 5- Optimisation avec contraintes
  - a. Aspects théoriques

- b. Programmation linéaire (méthode du simplexe)
- c. Programmation quadratique
- d. Méthodes de pénalisation et Lagrangien augmenté

### **Références bibliographiques :**

[1] J. Nocedal, S.J. Wright, Numerical optimization, Springer, 1999.

[2] D.P. Bertsekas, Dynamic programming and optimal control, Athena Scientific

## ***Systemes à microprocesseurs***

### ***(ELTEE607)***

#### **Objectifs :**

Ce cours donne les bases théoriques et pratiques nécessaires à une bonne compréhension et utilisation des microcontrôleurs. De nombreux exemples seront abordés. Les TP proposés concernent la programmation des cartes à microcontrôleurs Arduino et PIC 18F452.

Les compétences visées sont :

- Programmer des systèmes à base de microcontrôleurs en comprenant leur fonctionnement interne.
- Programmer en langage assembleur si nécessaire et programmer efficacement en C.
- Développer des applications sur différentes cibles embarqués (Arduino et PIC 18F452).

#### **Prérequis :**

Ce module s'appuie sur des connaissances de base en architectures des systèmes informatiques et en programmation en langage C (Cours Informatique 1 et 2 des classes préparatoires).

#### **Objectifs pédagogiques :**

Ce cours donne les bases théoriques et pratiques nécessaires à une bonne compréhension et utilisation des microcontrôleurs. De nombreux exemples seront abordés. Les TP proposés concernent la programmation des cartes à microcontrôleurs Arduino et PIC 18F452.

Les compétences visées sont:

- Programmer des systèmes à base de microcontrôleurs en comprenant leur fonctionnement interne.
- Programmer en langage assembleur si nécessaire et programmer efficacement en C.
- Développer des applications sur différentes cibles embarqués (Arduino et PIC 18F452).

**VHH : 1h30' cours, 1h30' TP**

## Contenu de l'enseignement :

### 1 Introduction

- 1.1 Les microcontrôleurs
- 1.2 Qu'est-ce qu'un microcontrôleur ( $\mu\text{c}$ )
- 1.3 Intérêt des microcontrôleurs

### 2 Types d'architecture

- 2.1 Architecture de Von Neumann
- 2.2 Architecture de Harvard

### 3 Processeur

- 3.1 Architecture
- 3.2 Jeux d'instruction

### 4 Type des mémoires

- 4.1 Mémoires volatiles : Ram (dram, sram, dpram, vram, edram, 1t-sram)
- 4.2 Mémoires non volatiles : mémoire de masse, flash, rom, prom, eprom, eeprom, uvprom

### 5 Liaisons processeur-mémoire : les bus

- 5.1 Bus interne (bus local, bus d'extension du pc, bus local PCI)
- 5.2 Bus de périphériques (bus SCSI, bus PCMCIA, I2C)

### 6 Entrées / Sorties

- 6.1 Transmission série/parallèle
- 6.2 Les interfaces E/S séries synchrones/asynchrones
- 6.3 Normes RS-232
- 6.4 USB (Universal Serial Bus)
- 6.5 DB 25

### 7 Les interruptions

- 7.1 Interruption matérielle
- 7.2 Signaux d'interruption
- 7.3 Indicateur
- 7.4 Contrôleur d'interruptions
- 7.5 Déroulement d'une interruption externe masquable

### 8 Microcontrôleur PIC 18F452

- 8.1 Présentation générale du pic 18F452
- 8.2 Architecture du pic 18F452
- 8.3 Brochage et caractéristiques principales
- 8.4 Structure interne
- 8.5 Principe de fonctionnement du pic
- 8.6 La mémoire de programme
- 8.7 La mémoire de données (RAM)
- 8.8 Les registres
- 8.9 Les ports d'entrées/sorties
- 8.10 Déroulement d'un programme
- 8.11 Le timer
- 8.12 Mise en œuvre
- 8.13 Jeu d'instructions du pic 18F452

## Travaux pratiques :

### Programmation de microcontrôleur PIC 18F452

TP1 : Mise en œuvre des fonctions d'un microcontrôleur PIC

TP2 : Gestion des interruptions : commande un allumage d'un LED à l'aide d'un Bouton poussoir

TP3 : Mise en œuvre et utilisation des afficheurs 7 segments, multiplexage à l'affichage, gestion de l'affichage par interruption  
TP4 : Gestion de l'afficheur LCD : affichage d'un compteur  
TP5 : Commande d'un moteur pas à pas par deux boutons poussoirs

#### **Programmation de microcontrôleur Arduino**

TP6 : Afficheur de température  
TP7 : Détecteur de mouvement  
TP8 : Détecteur de distance

### **Références bibliographiques :**

- [1] MARGOLIS, M. (2015). La boîte à outils Arduino : 105 techniques pour réussir vos projets. Dunod. ISBN : 9782100727124
- [2] TAVERNIER, C. (2014). Arduino : maîtrisez sa programmation et ses cartes d'interface(shields). Dunod. ISBN : 9782100710409
- [3] KARVINEN, T. (2014). Les capteurs pour Arduino et Raspberry Pi : Tutoriels et projets. Dunod. ISBN : 9782100717934
- [4] AFFAGARD, B. (2014). Projets créatifs avec Arduino. Paerson. ISBN :9782744026171
- [5] NOERGAARD, T (2005). Embedded Systems Architecture. Elsevier Newnes.

## ***Comptabilité et analyse financière de l'entreprise (ELTEE608)***

### **Objectifs pédagogiques :**

- Acquisition du vocabulaire propre à la comptabilité de l'entreprise
- Fournir les éléments nécessaires à la réalisation d'un plan de financement
- Connaître les paramètres nécessaires à une évaluation financière d'une entreprise
- Identifier les différentes sources de financement
- Préparer l'étudiant à créer sa propre entreprise ou à gérer un projet d'investissement.

**Prérequis :** Comptabilité et analyse financière 1

**VHH :** 1h30' cours, 1h30' TD

### **Contenu de l'enseignement :**

#### **Chapitre 1 :** Comptabilité et analyse financière de l'entreprise

- Les documents comptables obligatoires (Le bilan financier et Le Tableau des comptes de résultat)
- Le diagnostic financier (Le fonds de roulement, Le besoin en fonds de roulement, La trésorerie)

- Les indicateurs de gestion (Tableau de bord de gestion)
- Lecture financière d'un modèle économique

#### **Chapitre 2 : Gestion de la trésorerie et plan de financement**

- Gestion de la trésorerie
- Plan de financement
- Le choix des investisseurs financiers (Les banques, L'actionnariat, Capital-risque, Business angel)

#### **Chapitre 3 : Notions en comptabilité analytique**

- La relation entre la comptabilité financière et la comptabilité analytique
- Les typologies des charges
- L'incorporation des charges
- Calcul des différents couts

### **Références bibliographiques :**

[1] Joe Knight, Karen Berman , John Case, Michel Le Séac'h , Isabelle Gey-Renard, 1) Comprendre la finance : Pour les non-financiers et les étudiants - Ce que signifient vraiment les chiffres de l'entreprise, 2009

[2] Thierry Cuyaubère et Michel Coucoureux « Calcul et analyse des coûts - contrôle de gestion » Collection Nathan Sup Broché septembre 2011

[3] Thierry Cuyaubère ,Budgets, écarts et analyse de la performance - contrôle de gestion - Collection Nathan .

## ***Langue et communication 2*** ***(ELTEE609)***

### **Objectifs :**

- Apprendre à l'étudiant à hiérarchiser l'information, à la sélectionner et à la reformuler,
- Structurer une réflexion, développer l'esprit critique et la culture générale,
- Travailler individuellement et en équipe,
- Sensibiliser l'étudiant aux enjeux des relations interpersonnelles et des difficultés du travail en groupe.

### **Compétences visées :**

L'étudiant doit être capable de :

- Connaître et analyser les médias, grand public et spécialisés,



- Organiser et structurer ses idées,
- Apprendre à concevoir et rédiger l'écrit académique et professionnel,
- Reconnaître le point de vue du locuteur et comprendre le contenu informatif,
- Préparer à la vie active,
- Enrichir sa culture générale,
- Appréhender le code linguistique et iconique.

### **Prérequis :**

Compétences acquises au 1<sup>er</sup> semestre.

### **VHH : 1h30' cours**

### **Contenu de l'enseignement :**

1- Rédiger une synthèse de documents :

- Analyser, synthétiser et confronter des idées,
- Trier des informations,
- Elaborer un plan à partir de différents documents (les différents types de plans),
- Rédiger la synthèse de documents.

2- Rédiger l'écrit académique et professionnel :

- Les caractéristiques communes,
- La note de service,
- La lettre administrative,
- Le C.V,
- La demande d'emploi,
- La lettre de motivation.

3- Analyser et commenter des documents spécialisés

- Types de documents spécialisés : graphes, tableaux, images,
- Méthodologie d'analyse des documents spécialisés (analyse de l'image),
- Rédiger un commentaire.

### **Références bibliographiques :**

[1] Bellenger Lionel (1998), La force de persuasion, ESF.

- [2] Danblon Emmanuelle (2005), La fonction persuasive, Armand Colin  
[3] Dufour Michel (2008), Argumenter, Armand Colin.  
[4] Faure Didier, (2002), Guide de la communication écrite de l'entreprise, Maxima.  
[5] Kerbrat –Orecchioni .Catherine(1996), La conversation, Paris : Seuil ("Mémo).  
[6] Kerbrat –Orecchioni .Catherine (2001), Les actes de langage dans le discours, Paris : Nathan [rééd. A. Colin, 2008].  
[7] Maingueneau Dominique (2000), Analyser les textes de communication, Lettres sup, Nathan Université.  
[8] Vanoye Francis (1990) , Expression et communication, Armand Colin.

# ***Electrotechnique fondamentale 1***

## ***(ELTEE701)***

### **Objectifs de l'enseignement :**

Comprendre le principe de fonctionnement des transformateurs et des machines électriques.

### **Connaissances préalables recommandées**

Mathématiques 1, Mathématiques 2, Electricité générale

**VHH : 1h30' cours, 1h30' TD, 1h30' TP**

### **Contenu de la matière**

#### **Chapitre 1 : Rappels sur les lois fondamentales de l'électricité**

1. Régime continu : dipôle électrique, association de dipôles R, C, L.
2. Régime harmonique : représentation des grandeurs sinusoïdales, valeurs moyennes et efficaces, représentation de Fresnel, notation complexe, impédances, puissances en régime sinusoïdal (instantanée, active, apparente, réactive), Théorème de Boucherot.
3. Régime transitoire : circuit RL, circuit RC, circuit RLC, charge et décharge d'un condensateur.

#### **Chapitre 2 : Systèmes triphasés**

1. Systèmes polyphasés : Sources et récepteurs polyphasés
2. Systèmes triphasés : Equilibré et déséquilibré (composantes symétriques) et puissances électriques.

#### **Chapitre 3 : Circuits magnétiques**

1. Circuits magnétiques en régime alternatif sinusoïdal.
2. Inductances propre et mutuelle.
3. Analogie électrique magnétique.

#### **Chapitre 4 : Transformateurs**

- 1- Généralités
- 2- Principe de fonctionnement du transformateur monophasé
- 3- Le transformateur idéal
- 6- Le transformateur réel
- 7- Schémas électriques équivalents du transformateur
- 9- Bilan énergétique et rendement
- 11- Transformateur triphasé
- 12- Différents types de couplage et indice horaire

### **Chapitre 5 : Machine à courant continu**

1. Principe de fonctionnement – Constitution de la machine à courant continu
2. Calcul de la force électromotrice et du couple
3. Enroulements de la machine à courant continu
4. Les différents modes d'excitation
5. Génératrice et moteur à excitation indépendante
6. Génératrice et moteur à excitation parallèle
7. Génératrice et moteur à excitation composée
8. Bilan de puissance et rendement.
9. Machines à courant continu spéciales

### **Références bibliographiques:**

1. Fouillé, Electrotechnique à l'Usage des Ingénieurs, 10<sup>e</sup> édition, Dunod, 1980.
2. François, Génie électrique, Ellipses, 2004
3. L. Lasne, Electrotechnique, Dunod, 2008
4. J. Edminister, Théorie et applications des circuits électriques, McGraw Hill, 1972
5. Hong, Circuits et mesures électriques, Dunod, 2009
6. M. Kostenko, Machines Electriques - Tome 1, Tome 2, Editions MIR, Moscou, 1979.
7. M. Jufer, Electromécanique, Presses polytechniques et universitaires romandes-Lausanne, 2004.
8. Fitzgerald, Electric Machinery, McGraw-Hill Higher Education, 2003.
9. J. Lesenne, Introduction à l'électrotechnique approfondie. Technique et Documentation, 1981.
10. P. MAYE, Moteurs électriques industriels, Dunod, 2005.
11. S. Nassar, Circuits électriques, Maxi Schaum.

## ***Electronique de puissance 1 (ELTEE702)***

**Objectifs :** Comprendre les principes de bases et les fonctionnements des systèmes incluant des montages d'électronique de puissance.

**Pré-requis**

- Connaissances en électrocinétique et théorie des circuits linéaires,
- Electronique analogique,
- Notions de base de la théorie des semi-conducteurs.

**VHH : 1h30' cours, 1h30' TD, 1h30' TP**

**Contenu de la matière**

**Chapitre 1 : Eléments sur les semi-conducteurs de puissance**

- 1.1 Introduction à l'électronique de puissance,
- 1.2 Différents types de conversion d'énergie électrique,
- 1.3 Différents types de semi-conducteurs de puissance (caractéristiques de fonctionnement statique) : Diodes, thyristors, triac, transistor bipolaire, Mosfet, IGBT, GTO. etc.

**Chapitre 2 : Conversion d'énergie électrique Continue-Continue (Hacheur)**

- 2.1. Introduction aux hacheurs
- 2.2. Hacheur série
- 2.3. Hacheur à fonctionnement dans deux quadrants : Réversible en courant
- 2.4. Hacheur à fonctionnement dans deux quadrants: Réversible en tension
- 2.5. Hacheur à fonctionnement dans quatre quadrants
- 2.6. Hacheur parallèle
- 2.7. Hacheur à accumulation inductive
- 2.8. Introduction à l'hacheur à modulation de largeur d'impulsion

**Chapitre 3 : Conversion d'énergie électrique Alternative-Continue (Redresseur)**

- 3.1 Introduction aux Redresseurs
- 3.2 Redresseurs monophasés non commandés à simple alternance
- 3.3 Redresseurs monophasés non commandés à double alternance
- 3.4 Redresseurs monophasés commandés à simple alternance
- 3.5 Redresseurs monophasés commandés à double alternance
- 3.6 Redresseurs triphasés non commandés à simple alternance
- 3.7 Redresseurs triphasés non commandés à double alternance
- 3.8 Redresseurs triphasés commandés à simple alternance
- 3.9 Redresseurs triphasés commandés à double alternance
- 2.9. Introduction au redresseur à modulation de largeur d'impulsion

**Références bibliographiques:**

- H. FOCH et al., *Electronique de puissance - Principes fondamentaux - Éléments constitutifs et synthèse des convertisseurs statiques*, Techniques de l'Ingénieur, 1989.
- H. FOCH et al., *Electronique de puissance - Introduction générale*, Techniques de l'Ingénieur, 1989.
- H. BUHLER, *Volume XV : Electronique de Puissance*, Presse Polytechniques et Universitaires Romandes, 1993.
- G. SEGUIER, *L'électronique de puissance : les fonctions de base et leurs applications - Cours et exercices résolus*, DUNOD, 7eme édition, 1998, 424 pages.

## **Automate programmable industriel (ELTEE703)**

### **Objectifs**

*Choisir un automate programmable industriel à partir d'un cahier des charges.*

*Mettre en œuvre un automate programmable industriel dans un contexte industriel.*

### **Pré-requis**

- *Codage numérique de l'information*
- *Lecture des schémas électriques aux normes*
- *Lecture des schémas de câblage aux normes*

### **Savoirs associés**

- *Lire décoder et utiliser des notices constructeurs automate programmable industriel.*
- *Etablissement d'un schéma de mise en œuvre d'un automate programmable industriel.*

**VHH : 1h30' cours, 1h30' TD, 1h30' TP**

### **Contenu de la matière**

#### **Introduction aux systèmes automatisés**

1. Fonction globale d'un système
2. Système de production
3. Automatisation
4. Structure d'un système automatisé
5. GRAFCET ou SFC (Sequential Function Chart)

#### **I. Choix d'un automate programmable industriel**

1. Situation de l'unité de traitement
2. Structure de l'unité de traitement
3. Choix de l'unité de traitement
4. Choix d'un automate programmable industriel

#### **II. Mise en œuvre d'un automate programmable industriel**

1. Raccordement de l'alimentation de l'unité de traitement
2. Raccordement des entrées logiques de l'unité de traitement

3. Raccordement des entrées analogiques de l'unité de traitement
4. Raccordement des entrées spécialisées à l'unité de traitement
5. Raccordement des sorties logiques de l'unité de traitement
6. Raccordement des sorties analogiques de l'unité de traitement
7. Communication avec un automate programmable industriel
8. Exemple de mise en œuvre de quelques automates télémécanique gamme TSX

### **III. Programmation**

1. les langages littéraux
2. Les langages graphiques

### **IV. Sécurité de l'API**

#### **Références bibliographiques:**

1. William Bolton, Les automates programmables industriels, Dunod 2010.
2. J.C. Humblot, Automates programmables industriels, Hermes Science Publications 1993.
3. Simon Moreno, Edmond Peulot, Le GRAFCET : conception, implantation dans les automates programmables industriels, Delagrave 2009.
4. Kevin Collins, La programmation des automates programmable [sic] industriels, Meadow Books 2007.
5. G. Michel, Les A.P. I : architecture et applications des automates programmables industriels, Dunod 1988.

# ***ENERGIES RENOUVELABLES 2 : SOLAIRE PHOTOVOLTAIQUE ET THERMIQUE (ELTEE704)***

## **OBJECTIFS DE L'ENSEIGNEMENT**

- Contribuer à la lutte contre l'effet de serre,
- Agir pour réduire la consommation des énergies dites "non renouvelables",
- Optimiser les ressources énergétiques locales.

## **CONNAISSANCES PREALABLES RECOMMANDEES**

- Notions générales sur les calculs thermiques.
- Avoir de bonnes connaissances sur l'énergie solaire (aspects géométriques et énergétiques).
- Notions fondamentales sur l'évaluation du gisement solaire.
- Bonnes connaissances en thermodynamique et transfert de masse.

**VHH : 1h30' cours, 1h30' TD, 1h30' TP**

## **SOMMAIRE**

### **PARTIE 1 : ENERGIE SOLAIRE PHOTOVOLTAIQUE**

#### **1. LA CELLULE PHOTOVOLTAIQUE**

## 1.1. HISTORIQUE

## 1.2. LES DIFFERENTES TECHNOLOGIES

- 1.2.1. Les modules photovoltaïques au silicium
- 1.2.2. Les autres modules photovoltaïques composites et organiques
- 1.2.3. Comparatif des différentes technologies
- 1.2.4. Les modules PV double face.

## 1.3. PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT

## 1.4. ASSOCIATION DE CELLULES : LE PANNEAU SOLAIRE

## 1.5. CARACTERISTIQUES ELECTRIQUES D'UN PANNEAU PHOTOVOLTAÏQUE

- 1.5.1. Caractéristiques  $I=f(U)$
- 1.5.2. Caractéristiques  $P=f(U)$

## 2. LES DIFFERENTS TYPES D'UTILISATION DE GENERATEURS PHOTOVOLTAIQUES

### 2.1. ALIMENTATIONS ELECTRIQUES FAIBLES PUISSANCES

### 2.2. INSTALLATIONS ELECTRIQUES PHOTOVOLTAÏQUES AUTONOMES

### 2.3. INSTALLATIONS ELECTRIQUES PHOTOVOLTAÏQUES RACCORDEES AU RESEAU

- 2.3.1. Installation PV raccordée au réseau sans injection (« auto-consommation »)
- 2.3.2. Installation PV raccordée au réseau avec injection des excédents de production
- 2.3.3. Tarif de rachat de l'électricité photovoltaïque
- 2.3.4. Installation PV raccordée au réseau avec injection totale de l'énergie produite

## 3. PRINCIPE DE DIMENSIONNEMENT D'UNE CENTRALE PHOTOVOLTAIQUE EN SITE ISOLE.

- Exemple de dimensionnement d'une installation domestique (Logement, usine...) avec calcul d'amortissement de l'installation PV au prix du kWh actuel de SONEGAS.

## PARTIE 2 : ENERGIE SOLAIRE THERMIQUE

### 1. LES CAPTEURS SOLAIRES PLANS

#### 1.1. Principe.

#### 1.2. Bilan thermique global.

#### 1.3. Bilans thermiques des différents constituants.

- 1.3.1. Capteur solaire couvert de type 1.
- 1.3.2. Capteur solaire couvert de type 2.
- 1.3.3. Capteur solaire non-couvert de type 3.
- 1.3.4. Capteur solaire non-couvert de type 4.

#### 1.4 Relations flux cédé au fluide / températures.

- 1.4.1. Capteurs de type 1 et 3.
- 1.4.2. Capteurs de type 2 et 4.

#### 1.5. Autres grandeurs caractéristiques.

#### 1.6. Méthode de calcul d'un capteur solaire.

- 1.6.1. Simulation d'un capteur solaire.
- 1.6.2. Simulation d'un capteur solaire couplé à un stockage.
- 1.6.3. Dimensionnement.
- 1.6.4. Calcul approché.

### 2. UTILISATIONS DE L'ENERGIE SOLAIRE

#### 2.1. Production d'eau chaude.

- 2.1.1. Chauffe-eau solaire capteur-stockeur.
- 2.1.2. Chauffe-eau solaire monobloc.
- 2.1.3. Chauffe-eau solaire à éléments séparés.
- 2.1.4. Eléments de dimensionnement.

#### 2.2. Froid et climatisation.

- 2.2.1. Réfrigération.

- 2.2.2 Climatisation.
- 2.3 Distillation.
  - 2.3.1 A un étage.
  - 2.3.2 A plusieurs étages.
- 2.4 Cuisson.

### 3. LE SECHAGE SOLAIRE

- 3.1. Généralités sur le séchage et définitions.
- 3.2. Principe et description du séchage.
  - 3.2.1. Principe.
  - 3.2.2. Température de séchage.
  - 3.2.3. Vitesse de séchage.
  - 3.2.4. Rendements relatifs au séchage.
  - 3.2.5. Pouvoir évaporatoire d'un séchoir.
- 4.3. Les différents types de séchoirs solaires.
  - 4.3.1. Séchoirs solaires à convection naturelle.
  - 4.3.2. Séchoirs solaires à convection forcée.
- 4.4. Méthodes simplifiées de dimensionnement.
  - 4.4.1. Séchoirs solaires à convection naturelle.
  - 4.4.2. A convection forcée.
- 5. Exemple de calcul d'une installation de séchage solaire des produits agroalimentaires

### 4. SOLAIRE THERMODYNAMIQUE

- 4.1. Principe de fonctionnement
- 4.2. Comment ça marche le solaire thermodynamique ?
- 4.3. Types de filières
  - 4.3.1. Centrale à tour
  - 4.3.2. Centrales à collecteur cylindro-parabolique
  - 4.3.3. Centrales Dish Stirling paraboliques
  - 4.3.4. Centrale solaire à miroirs de Fresnel
- 4.4. Système solaire thermodynamique pour production d'eau chaude sanitaire (ECS)
- 4.5. Pré-dimensionnement d'une microcentrale **solaire thermodynamique** avec une étude de sensibilité.

#### Travaux pratiques proposés :

TP 1 : Mesures électriques sur un système photovoltaïque

TP 2 : Caractérisation de panneaux photovoltaïques

a) TP 3 : Dimensionnement du système photovoltaïque

b) TP 4 : Logiciel d'analyse de projets d'énergies propres RETScreen

#### REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

1. Czepirski L., Komorowska-Czepirska E., Szymonska J., *Fitting of different models for water vapour sorption on potato starch granules*, Applied Surface Science, Vol.196, pp.150-153, 2002.
2. AFEDES, Memosol, *mémento d'héliotechnique*, Editions Européennes Thermique et Industrie, Paris, 1979.
3. Sfeir A.A., Guarracino G., *Ingénierie des systèmes solaires*, Technique et Documentation, Paris, 1980.
4. <http://www.pedagogie.ac-nantes.fr/servlet/com.jsbsoft.jtf.core.SG> : un ensemble de ressources pédagogiques sur l'énergie solaire et ses applications dont un programme de calcul de l'ensoleillement solaire.



# ***Mesure et instrumentation (ELTEE705)***

## **Objectifs**

- Etre capable de mettre en œuvre des capteurs industriels.
- Etre capable de rapidement estimer les ordres de grandeurs des diverses quantités rencontrées lors d'une telle mise en œuvre.
- Connaître les principes physiques utilisés pour transformer un phénomène physique en un signal électrique et être capable de choisir le plus adapté à une situation particulière.
- Etre capable de relier un capteur à un circuit électronique en préservant au mieux l'intégrité du signal.
- Savoir mettre en œuvre les circuits électroniques les plus adaptés aux capteurs passifs afin de minimiser les grandeurs d'influence.

**Prérequis :** Notions d'électronique générale, mesures physiques

**VHH : 1h30' cours, 1h30' TP**

## **Contenu**

- 1. Introduction :**
  1. Définition du capteur
  2. Importance économique des capteurs
  3. La mesure
  4. Bibliographie
- 2. Caractéristiques générales :**
  1. Réponse d'un capteur
  2. Définitions
  3. Caractéristiques statiques
  4. Erreurs d'un capteur
  5. Etalonnage d'un capteur
  6. Caractéristiques dynamiques

7. Conditionnement des signaux
8. Transmission des signaux
9. Bruit dans la chaîne de mesure

**3. Capteurs de température et de flux :**

1. Échelles de température
2. Réponse d'un capteur
3. Résistances variables
4. Thermocouples
5. Diodes et circuits intégrés
6. Quartz vibrants
7. Pyromètres optiques
8. Détecteurs de flux

**4. Capteurs de position et de déplacements :**

1. Capteurs potentiométriques
2. Capteurs inductifs
3. Capteurs capacitifs
4. Codeurs optiques
5. Capteurs à triangulation
6. Capteurs optiques
7. Capteurs à propagation d'ondes
8. Mesure du déplacement grâce au champ magnétique
9. Capteurs inertiels : accéléromètre et gyroscopes

**5. Capteurs diverses :**

1. Capteurs à effet Hall
2. Jauges de contraintes
3. Capteurs de pression et de vide
4. Capteurs d'humidité
5. Capteurs de débit

**Références bibliographiques:**

- Asch, G. et al. "Les capteurs en instrumentation industrielle", 7<sup>ème</sup> édition, Dunod, 2010.
- Sabrie Soloman, "Sensors handbook", 2<sup>ème</sup> Edition, McGraw-Hill. 2010.
- John Goodwin Webster, "The measurement, instrumentation and sensors handbook", CRC Press.

# ***Systèmes embarqués***

## ***(ELTEE706)***

### **Objectifs pédagogiques**

Ce module donne les bases théoriques et pratiques nécessaires à une bonne compréhension et pratique des systèmes embarqués dotés d'un système d'exploitation (linux embarqué).

La partie pratique de ce module vise la plate-forme Raspberry Pi comme un environnement d'application.

Les compétences visées sont :

- Installer et configurer un système d'exploitation sur une plate-forme embarquée,
- Développer des applications multi-tâches pour gérer un ensemble de capteurs,
- Concevoir des systèmes de contrôle et/ou de commande en temps réel,

### **Pré-requis**

Ce module s'appuie sur des connaissances de base en architectures des systèmes embarqués (cours Systèmes microprocesseurs 3ème année) , les réseaux informatiques et industriels et en programmation en langage C.

**VHH : 1h30' cours, 1h30' TP**

### **Contenu de l'enseignement**

- I. Système d'exploitation embarqué temps réel (Linux embarqué / raspberry Pi)
  - 1- Notions sur les systèmes d'exploitation
    - a) Présentation
    - b) Historique
    - c) Architecture
  - 2- Caractéristiques
  - 3- Tâches
  - 4- Programmation Concurrente
  - 5- Ordonnancement
  - 6- Synchronisation et communication inter-tâches
- II. Les Systèmes temps réel embarqué
  - 1- Présentation
  - 2- Domaines d'applications
  - 3- Caractéristiques
  - 4- Intégration de la technologie (Plate-formes, SE, langages de programmation)
  - 5- Contraintes temporelles et modélisation (Gantt)

- 6- Criticité
    - a) Hard real-time
    - b) Soft real-time
    - c) Firm real-time
  - 7- Schéma générale
  - 8- Les différentes vues d'un système temps réel embarqué
    - a) Vue métier
    - b) Vue de l'automaticien
    - c) Vue de l'informaticien
  - 9- Les acteurs d'une application temps réel (action, donné, événement)
- III. Construction d'une application en fonction des ressources matérielles

### **Travaux pratiques**

**TP N° 1** : Installation et test d'une distribution raspbian sur Raspberry Pi

**TP N° 2** : Configuration optimal du système (réseaux et services)

**TP N° 3** : Manipulation des Entrées sorties

**TP N° 4** : Ajout des drivers supplémentaire

**TP N°5** : Programmation Concurrente sous Raspbian

**TP N°6** : Synchronisation et communication inter-tâches

**TP N°7** : Présentation des mini Projets.

### **Références bibliographiques**

Pierre Ficheux (2004) : **Linux embarqué** - 3ème édition

Eyrolles : ISBN10 : 221212452X - ISBN13 : 9782212124521

Francis Cottet, et Al (2014) : **Systèmes temps réel embarqués**, Spécification, conception, implémentation et validation temporelle

Dunod :EAN13 : 9782100713318

François MOCQ (2014) : **Raspberry Pi** ,Exploitez tout le potentiel de votre nano-ordinateur

ENI : ISBN10 : 2746087774 - ISBN13 : 9782746087774

Eben Upton, Gareth Halfacree (2013) : **Raspberry Pi**, Le guide de l'utilisateur, Premiers projets

Pearson Education :ISBN10 : 2744025798 - ISBN13 : 9782744025792

## ***Régulation (ELTEE707)***

**Objectifs du cours.**

L'objectif est de présenter les éléments fondamentaux de la régulation industrielle, de comprendre, de choisir et de mettre en œuvre les méthodes de base classiques et avancées, utilisées dans l'industrie pour la commande des processus industriels.

**Connaissances préalables recommandées :**

Systèmes asservis, théorie de signal, capteurs.

**VHH : 1h30' cours.**

**Contenu de la matière :**

- **Généralités sur la régulation industrielle** : notions de base (boucle de régulation, Constitutions élémentaires : capteur, régulateur, actionneur, ...)
- **Méthode d'identification.**
- **Critères de performance d'une régulation** : stabilité - précision - amortissement - rapidité.
- **Configurations de régulations** : cascade, réaction, mixte.
- **Les régulateurs standards P, PI, PD, PID.**
- **Synthèse des régulateurs PID: (marge de phase,...), méthodes de Ziegler et Nichols,...**
- **Réglage des correcteurs, approche fréquentielle** (fonction de transfert ou modèle non disponible).
- **Boucle de régulation numérique.**
- **Régulation pneumatique** (analogie électrique-pneumatique).
- **Notions de supervision industrielle.**

**Travaux pratiques :**

- Quelques TP sous Matlab (simulation).
- TP sur maquettes : Régulation de vitesse et de position, régulation de niveau et de débit, régulation de température, régulation électrique et pneumatique de pression dans une enceinte.(selon la disponibilité).

**Références bibliographiques:**

1. E. Dieulesaint, D. Royer, Automatique appliquée, 2001.
2. P. De Larminat, Automatique : Commande des systèmes linéaires. Hermes 1993.
3. K. J. Astrom, T.Hagglund, PID Controllers: Theory, Design and Tuning, Instrument Society of America, Research Triangle Park, NC, 1995.
4. A. Datta, M. T. Ho,S. P.Bhattacharyya, Structure and Synthesis of PID Controllers, SpringerVerlag, London 2000.

## ***Gestion et pilotage de projets 1***

# **(ELTEE708)**

## **Objectifs pédagogiques :**

- Acquisition du vocabulaire propre à la gestion de projet
- Motiver les élèves ingénieurs dans les nouveaux défis du mode projet
- Fournir les éléments nécessaires au pilotage de projet
- Identifier les différents éléments nécessaires à la gestion du projet
- Préparer les futurs ingénieurs à gérer une équipe au tour d'un projet.

## **Méthodes pédagogiques :**

Apports théoriques, études de cas et simulations (cours et TD) et stage pratique en entreprise

**VHH : 1h30' cours, 1h30' TD**

## **Contenu :**

### **Chapitre 1 : définition de management de projet**

- Définition de projet
- Gestion de projet : pourquoi ?
- Analyse des besoins
- Cahier des charges fonctionnel
- Découpage d'un projet
- Pré-étude (étude préliminaire)

### **Chapitre 2 : gestion de projet, évaluation financière et rentabilité**

- Le principe d'actualisation
- La valeur actuelle nette
- Les méthodes alternatives d'évaluation des investissements

### **Chapitre 3 : éléments et outils de Planification des projets**

- Estimation du coût et de la durée du projet
- Suivi de l'avancement de projet
- Diagramme de GANTT
- Méthode PERT
- Suivi des délais et coûts avec MS project

### **Chapitre 4 : pilotage d'équipe de projet**

- Être chef de projet
- Faire preuve de leadership
- Animer une équipe
- Gérer le changement

### **Chapitre 5 : gestion des risques**

- 1- Identifier le risque : préciser les attendus
  - Menaces sur les 4 types de ressources
  - Démarches d'identification des risques
- 2- Prioriser
  - gravité et fréquences d'un risque
  - Estimation de criticité
  - La loi de Pareto
- 3- Prévenir
  - Stratégie de prévention
  - Analyser un risque
  - Model et contre-exemple
  - Détection du problème

#### **Bibliographie :**

- 1) Jean-Yves Moine. « Manuel de gestion de projet », ed. AFNOR 2008.
- 2) Gidel T., Zonghero W., Management de projets volumes 1, 2 et 3, Hermes Science/Lavoisier 2006 :
  - 1- Management de projet, vol.1 Introduction et fondamentaux
  - 2- Management de projet, vol.2, Approfondissements,
  - 3- Management de projet, vol.3, Etudes de cas et supports de formation,
- 3)

#### **Webographie :**

[www.techniques-ingenieur.fr](http://www.techniques-ingenieur.fr)

Base documentaire et article d'actualité pour les ingénieurs - articles scientifiques et documentation technique et fiches pratiques.

[www.gestiondeprojet.pm/](http://www.gestiondeprojet.pm/)

Un site qui propose des formations, des cours disponibles en vidéos, pdf et pptx.

## ***Langue et communication 3 (ELTEE709)***

#### **Objectives:**

- To develop interest and positive, informed values and attitudes towards science and technology
- To develop knowledge, understanding of and skills in applying the processes of Working Scientifically
- To write meaningful sentences
- To write coherent paragraphs

-To listen to English native speakers through audio/video projection

-To communicate by using scientific knowledge/vocabulary

-To synthesize topics/texts

## **VHH : 1h30' cours.**

### ***Summary:***

#### **Unit One: Energy and temperature**

##### **Discovering language**

(language exercises)

###### **1- Grammar**

- Comparison and contrast
- Superlatives

###### **2- Vocabulary**

- Identifying specific vocabulary used in energy
- Introducing scientific terms of temperature
- Making the students look for synonyms/ opposites of words or expressions

#### **Unit Two: Electricity**

##### **Discovering language**

(language exercises)

###### **1- Grammar**

- Expressing measurement

(adjectives/nouns/verbs)

- Modal verbs (can/could/will/would)

###### **2- Vocabulary**

- Identifying specific vocabulary used in electricity and its use
- Finding the right definition of some words proposed in the classroom
- Matching between suitable ideas and extracts

#### **Unit Three: Renewable Energy**

##### **Discovering language ( language exercises)**



### 1- Grammar

- Phrasal verbs (get up/ break down/fill in)
- Hypothesis (if/unless/otherwise)

### 2- Vocabulary

- Vocabulary related to renewable energy
- Introducing scientific definitions

## **Unit Four: Environment and global warming**

### **Discovering language ( language exercises)**

#### 1- Grammar

- Cause and consequence (because of/ due to/ thanks to/ consequently/therefore/hence/as a result)
- Suffixes verbs and nouns( ation/sion/ise)

#### 2- Vocabulary

- Developing knowledge about global warming and environment
- Using agreement/disagreement expressions to express opinions
- Asking for clarification by introducing some scientific definitions

### **Références bibliographiques:**

- -Professional English in use engineering with answers: technical English for professional, Mark Ibbotson, Cambridge University Press, 2009.
- -Minimum Competence in scientific English, Sue Blattes, Veronique Jans, Jonathan Up John, EDP Sciences.
- -Cambridge-Hewings Advanced grammar in use, 2005
- -English in focus: English in physical science, J.P.B.Allen, H.G Widdowson, Oxford university press, 1974.
- -English grammar in use, Raymond Murphy, Cambridge university press, 2003
- -English for engineering, Mark Ibbotson, Cambridge university press, series editor, Jeremy DAY
- -Flash on English for mechanics, electronics and technical assistance, Sabrina Soprasi, 2012
- -English for materials sciences and engineering, I. Eisenbach, 2011

## ***Electrotechnique Fondamentale 2 : Transformateurs et machines électriques***

# **(ELTEE801)**

- **Objectifs de l'enseignement :**

L'objectif de ce module est de maîtriser le calcul des puissances en monophasé et en triphasé, les modes de couplage ainsi que les machines électriques.

- **Connaissances préalables recommandées :**

Mathématiques 1, Mathématiques 2, Electricité générale

**VHH : 1h30' cours, 1h30' TD, 1h30' TP**

- **Contenu de la matière :**

## **Chapitre I : Principes généraux sur les machines à courant alternatif**

1. Principe de fonctionnement de machines à courant alternatif
2. Force électromotrice produite par un champ tournant
3. Champ tournant produit par des courants alternatifs
4. Systèmes multipolaires
5. Enroulement des machines à courant alternatif

## **Chapitre II : Machines synchrones**

1. Organisation de la machine synchrone
2. Types d'excitations des machines synchrones
3. Réaction Magnétique d'induit
4. Essais sur la machine synchrone
5. Circuit électrique équivalent de la machine synchrone
6. Diagrammes de la machine synchrone
  - Diagramme de BEHN-ESCHENBURG
  - Diagramme de POTIER
  - Diagramme de KAPP
  - Diagramme de BLONDEL
7. Caractéristiques de l'alternateur
8. Caractéristiques du moteur synchrone
9. Couplage des alternateurs
10. Couplage du moteur synchrone au réseau
11. Bilan des puissances de machines synchrones couplées au réseau
12. Machines synchrones spéciales

## **Chapitre III : Machines asynchrones**

1. Constitution de la machine asynchrone
2. Principe de fonctionnement du moteur asynchrone
3. Schéma Equivalent Monophasé

4. Bilan de courants, puissances, couples et rendement du moteur asynchrone
5. Caractéristique mécanique du moteur asynchrone
6. Construction Diagramme de cercle
7. Caractéristiques du moteur asynchrone
8. Modifications des caractéristiques du moteur asynchrone
9. Essais sur le moteur asynchrone
10. Bilan de puissance
11. Démarrage des moteurs asynchrones
12. Freinage des moteurs asynchrones
13. Moteur asynchrone monophasé

### Référence bibliographique

1. Jacques LESENNE, Francis NOTELET et Guy SEGUIER : Introduction à l'électrotechnique approfondie. Technique et Documentation, 1981.
2. Pierre MAYÈ : Moteurs électriques industriels. Dunod, 2005.
3. R. Annequin et J. Boutigny. Cours de sciences physiques, électricité 3. Paris, Vuibert.
4. M. Kouznetsov. Fondement de l'électrotechnique.
5. H. Lumbroso. Problèmes résolus sur les circuits électriques. Dunod.
6. J.P Perez, R. Carles et R. Fleekinger, Electromagnétisme Fondements et Applications, 3eme Edition, 1997.
7. A. Fouillé, Electrotechnique à l'Usage des Ingénieurs, Dunold, 1963
8. M. Kostenko L. Piotrovski, Machines Electriques - Tome 1, Tome 2, Editions MIR, Moscow, 1979.
9. MARCEL Jufer, Electromécanique, Presses polytechniques et universitaires romandes-Lausanne, 2004.
10. A. E. Fitzgerald, Charle, s Kingsley, Jr, Stephen D. Umans, Electric Machinery, McGraw-Hill Higher Education, 2003.
11. Edminster. Théorie et applications des circuits électriques. Mc.Graw.Hill.

## ***Electronique de puissance : convertisseurs électriques*** ***(ELTEE802)***

**Objectifs** : A l'issue de cette unité d'enseignement, l'étudiant-e sera capable de :

- analyser et dimensionner les convertisseurs statiques ;
- choisir le convertisseur statique adéquat pour une application donnée ;
- évaluer l'impact d'un convertisseur statique sur son environnement ;
- faire la synthèse d'un convertisseur statique.

#### **Pré-requis**

- Connaissances en électrocinétique et théorie des circuits linéaires,
- Electronique analogique,
- Notions de base de la théorie des semi-conducteurs.

**VHH : 1h30' cours, 1h30' TD, 1h30' TP**

### **Chapitre 1 : Conversion d'énergie électrique Continue-Alternative (Onduleur)**

- 1.1 Introduction aux onduleurs
- 1.2 Onduleurs monophasés à un bras (deux interrupteurs)
- 1.3 Onduleurs monophasés à deux bras (quatre interrupteurs)
  - 1.3.1 Onduleurs à commande symétrique
  - 1.3.2 Onduleurs à commande décalée
- 1.4 Onduleurs triphasé autonome et non autonome?
- 1.5 Onduleurs triphasé de tension
  - 1.5.1 Commande 120°
  - 1.5.2 Commande 180°
  - 1.5.3 Commande à modulation de largeur d'impulsion

### **Chapitre 2: Conversion d'énergie électrique Alternative-Alternative (Gradateur)**

- 2.1 Introduction aux gradateurs
- 2.2 Gradateurs monophasés
- 2.3 Gradateurs triphasés
- 2.4 Cyclo-convertisseurs
- 2.5 Cascade Redresseur-Onduleur

### **Chapitre 3: Etude de la commutation**

- 3.1 Diode en commutation
- 3.2 Thyristor en commutation
- 3.3 Transistor bipolaire en commutation
- 3.4 Transistor à effet de champ en commutation
- 3.5 GTO en commutation
- 3.6 IGBT en commutation
- 3.7 Pertes par commutations

## **Chapitre 4: Synthèse des convertisseurs statiques**

### 4.1 Alimentations à découpage

#### 4.1.1 Alimentation à découpage à stockage inductif

#### 4.1.2 Alimentation à découpage à conduction directe (FORWARD)

#### 4.1.3 Alimentation à découpage symétrique, montage PUSH PULL.

### 4.2 Présentation des stratégies de commandes à MLI

### 4.3 Introduction aux convertisseurs statique multi-niveaux

#### **Référence bibliographique**

- G. Segulier, P. Delarue, C. Rombault, : les convertisseurs de l'électronique de puissance , Dunod
- JP Ferrieux, F. Forest : Alimentations à découpage, convertisseurs à résonance, Tec et Doc
- N. Mohan, TM Undeland, W.P. Robbins : Power Electronics, converters, applications and design , John Wiley
- H. BUHLER, *Convertisseurs statiques*, Presse Polytechniques et Universitaires Romandes, 1991.

## ***Energie renouvelable 3 (Eoliennes et bioénergies)*** ***(ELTEE803)***

### **Partie 1 :Energie éolienne**

#### **Objectifs :**

Depuis quelques années, la production électrique éolienne est en plein développement industriel. Elle présente en effet de nombreux atouts : c'est tout d'abord une énergie renouvelable non polluante qui contribue à une meilleure qualité de l'air et à la lutte contre l'effet de serre. C'est aussi une énergie qui utilise les ressources nationales et concourt donc à l'indépendance énergétique et à la sécurité des approvisionnements. Enfin, le démantèlement des installations et la gestion des déchets générés pourront se faire sans difficultés majeures et les sites d'implantation pourront être réutilisés pour d'autres usages

#### **Pré-requis :**

Mécanique des fluides et transfert de chaleur

**VHH : 1h30' cours, 1h30' TD, 1h30' TP**

### **Chapitre 1 : Introduction: aux énergies éoliennes et ses origines**

- Aperçu général

- Définitions des éléments des couches atmosphériques.
- Histoire de l'énergie éolienne
- Avantages et inconvénient

### **Chapitre 2 : Ressources et Caractéristiques du vent**

- Généralités sur les ressources du vent
- La physique des couches atmosphériques
- Estimation et analyses les données du vent
- Estimation de la production de l'énergie éolienne.
- Gisement éolien
- Instruments de mesure du vent

### **Chapitre 3 : Aérodynamique des éoliennes**

- Théorie de la limite de Betz
- Notion d'aérodynamique

### **Chapitre 4 : Aspects électriques des éoliennes**

- Production, et Transformation des puissances électrique....

### **Chapitre 5 : Matériaux et composants d'éoliennes**

- Fabrication, et caractéristiques des matériaux

### **Chapitre 6 : Système de Conception et d'intégration des fermes éoliennes**

### **Chapitre 7 : Applications des Énergies éoliennes-**

### **Chapitre 8 : Etude technico-Economie des Systèmes éoliens**

## ***Partie 2 : BIOENERGIES***

### **Chapitre 1 : Biomasse**

### **Chapitre 2 : Traitement des déchets**

### **Chapitre 3 : les conversions biochimiques de la biomasse**

- **3.1** fermentation méthanique : bio-méthanisation
- **3.2** Fermentation alcoolique

### **Chapitre 4 : les conversions thermochimiques de la biomasse**

- **4.1** Combustion
- **4.2** Pyrolyse
- **4.3** gazéification

### **Chapitre 5 : Technologies et dimensionnement**

### **Chapitre 6 : Biogaz**

### **Chapitre 7 : Bio-hydrogène**

### **Chapitre 8 : Aspects économique et financier**

## Référence bibliographique

- WIND ENERGY EXPLAINED “**Theory, Design and Application**” second edition  
J. F. MANWELL AND J. G. MCGOWAN. **This edition first published 2009**
  - 20% Wind Energy by 2030 Increasing Wind Energy’s Contribution to U.S. Electricity Supply  
DOE/GO-102008-2567 • July 2008
- ÉNELTEETIQUE EOLIENNE: **Applications pratiques, chauffage éolien, production d’électricité, pompage.** Jean Hladik, Edition Masson, 1984
- ÉNERGIE EOLIENNE - 2e éd.: Du petit éolien à l'éolien off shore .**Marc Rapin, Jean-Marc Noël**  
Edition Dunod, 5 févr. 2014

# **Matériaux**

## **(ELTEE804)**

### Objectifs:

Le module a pour objectifs :

- 1- Permettre aux étudiants de faire le lien entre la structure microscopique de la matière et les propriétés physiques (mécanique, électrique, thermique et optique) des matériaux pour comprendre les phénomènes physiques associés.
- 2- Reconnaissance les différents types de matériaux utilisés dans les domaines du génie électrique tels que les métaux, les polymères, les céramiques, les semi-conducteurs les matériaux composites.
- 3- Apporter une connaissance sur les matériaux (matériaux diélectriques et magnétiques) utilisés en génie électrique et en énergies renouvelables et leurs domaines d'utilisation dans les différents dispositifs électromagnétiques et électriques.
- 4- Pouvoir choisir le matériau approprié par rapport aux conditions de son fonctionnement et de son environnement et justifier les dispositions constructives retenues dans les différents constituants et composants électriques.
- 5- Reconnaître l'influence des paramètres extérieurs sur les propriétés des matériaux et les limites de leur utilisation.

**Prérequis:** Eléments de mathématiques, Eléments de cristallographie, Eléments de la structure de la matière, Eléments de la résistance des matériaux.

**VHH : 1h30' cours, 1h30' TD, 1h30' TP**

### Programme

## **Chapitre I : Introduction**

- 1.1 Problème d'énergie dans le monde
- 1.2 Conversion d'énergies solaire et mécanique
- 1.3 Energie du vent
- 1.4 Energie solaire

## **Chapitre II : Généralités sur les matériaux**

- 2.1- Généralités sur les matériaux
- 2.2- Structure des matériaux solides
- 2.3- Propriétés physiques
- 2.4- Métaux et alliages
- 2.5 - Matériaux organiques
- 2.6- Matériaux minéraux
- 2.7- Matériaux composites

## **Chapitre III : Propriétés mécaniques des matériaux pour éoliennes et critères de sélection**

- 3.1- Propriétés mécaniques
- 3.2- Dégradation
- 3.3- Impact environnemental
- 3.4- Critères de choix des matériaux pour éolienne

## **Chapitre IV : Semi-conducteurs pour cellules solaires**

- 4.1- Définition phénoménologique du matériau semi-conducteur
- 4.2 Structure de bandes et porteurs de charge
- 4.3- Statistiques des porteurs de charge

## **Chapitre V : Matériaux pour cellules photovoltaïques et techniques de fabrication**

- 5.1- Propriétés des matériaux pour cellules photovoltaïques
- 5.2- Silicium cristallin
- 5.3- Silicium amorphe
- 5.4- Arséniure de gallium et autres composants III-V
- 5.5- Tellure de Cadmium et autres composants II-VI
- 5.6- Di-séléniure de cuivre et d'Indium et autres composants I-III-VI
- 5.7- Autres composants pour cellules photovoltaïques

## **Chapitre VI : Conversion d'énergie**

- 6.1- Propriétés physiques de la lumière
- 6.2- Conversion du rayonnement thermique en énergie chimique



### 6.3- Conversion de l'énergie chimique en énergie électrique

#### **Chapitre VII : Structure de base d'une cellule solaire**

7.1- Mécanismes de base dans une cellule solaire

7.2- Cellule solaire à colorant (dye solar cell)

7.3- La jonction pn à l'équilibre et sous tension

7.4- La jonction pn avec impuretés

#### **Chapitre VIII : Matériaux pour l'électrotechnique**

8.1 Matériaux conducteurs

8.2 Matériaux magnétiques

8.3 Matériaux diélectriques

8.4 Matériaux Supraconducteurs

#### **Travaux pratiques proposés pour le module :**

- 1- Effet Hall dans le germanium dopé (n ou p) avec Teslamètre ou Cobra
- 2- TP sous les logiciels PC1D, SCAPS et SILVACO.
- 3- TAG Solar Cell Model

#### **Références bibliographiques**

- 1- Introduction to Solid State Physics, Charles Kittel, Wiley (1953).
- 2- Solid State Physics, N. W. Ashcroft, N. D. Mermin, Harcourt. Inc (1976).
- 3- Materials Science and Engineering , an Introduction, 8<sup>th</sup> edition , W.D. Callister, D.G. Rethwisch, Wiley (1940)
- 4- Engineering Materials, M.F. Ashby, D.R.H. Jones, Pergamon (1986).
- 5- Introduction à a science des matériaux, J.P. Mercier, G. Zambelli, W. Kurz, 3<sup>ème</sup> édition, Presses polytechniques et universitaires romandes (2002).
- 6- An Introduction to Engineering Materials and Science, B. S. Mitchell, Wiley-Interscience (2004).
- 7- Solid State Physics, H. Ibach, H. Luth, 2<sup>nd</sup> edition, Springer (1995).
- 8- A History of Metalurgy, R.F. Tylecote, 2<sup>nd</sup> edition, Maney for the institute of materials (1992).
- 9- The Oxford Solid State Basics, S.H. Simon, Oxford university press (2013).
- 10- Handbook of Photovoltaic Science and Engineering, edited by A. Luque and S. Hegedus, Wiley (2003)
- 11- Experimental Mechanics of Solids, C.A and F.M. Sciammarella, Wiley (2012).
- 12- Materials Science and Engineering Handbook, 3<sup>rd</sup> edition, J.F. Shackelford, W. Alexander, CRC Press (2001).
- 13- Photovoltaic Materials, R. H. Bube, Imperial College Press (1998).
- 14- Wind Energy Explained, 2<sup>nd</sup> edition, J. F. Manwell, J.G. McGowan, A.L. Rogers, Wiley (2009).
- 15- Mechanics of Composite Materials, 2<sup>nd</sup> edition, R. M. Jones, Taylor & Francis (1999).
- 16- Physique des Semiconducteurs et des composants électroniques, 6<sup>ème</sup> édition, H. Mathieu, H. Fanet, Dunod (2009).

- 17- Magnétisme et matériaux magnétiques pour l'électrotechnique , P. Brissonneau, , Hermès (1997).
- 18- Physics of Magnetism and Magnetic Materials, K. H. J. Buschow, F. R. de Boer, Kluwer Academic Publishers (2004)

## ***Supervision et sûreté de fonctionnement***

### ***(ELTEE805)***

#### **Objectifs de l'enseignement :**

La sûreté des fonctionnements (SdF) a pour objectif le maintien de la qualité d'un produit ou d'un système dans le temps. Elle représente, la conception d'un système pour contribuer à optimiser le couple ' performance –coût' et son exploitation système afin d'identifier, d'évaluer et de maîtriser les risques susceptibles d'engendrer. Ces risques pouvant entraîner l'échec de la mission (problème de fiabilité), des pertes de production (problème de disponibilité et/ou de maintenabilité) ou des pertes humaines et des atteintes à l'environnement (problème de sécurité).

Pour la télégestion, les solutions numériques présentent un avantage financier important à l'égard des solutions classiques analogiques à base de liaisons louées. La maîtrise de la Télémétrie et des Commandes à Distance aide à optimiser la gestion de ressources ainsi que de relever les paramètres des capteurs et agir à distance.

**VHH : 1h30' cours.**

#### **Contenu de la matière :**

- I- Contexte et définitions de la SdF
  - Analyse des systèmes à composants indépendants (Modélisation de la logique de disfonctionnement par arbres de défaillance, Exploitation qualitative et quantitative booléen, Limites de la méthode)
  
  - Analyse des systèmes avec prise en compte de certaines dépendances (Modélisation des systèmes, Chaînes de Markov par graphes des états, Exploitation quantitative du modèle, Limite de la méthode)
  
- II- Analyse des systèmes avec prise en compte généralisé des dépendances
  - Modélisation par les réseaux de pétrie (RdP)
  - Exploitation quantitative du modèle RdP : stochastique)
  
- III- Application des méthodologies de sûreté de fonctionnement (- fiabilité, -maintenabilité, - Disponibilité,- sécurité)

- IV- Méthodologie de prévision de fiabilité (-Calcul prévisionnels la fiabilité, -Analyse des modes de défaillance, -techniques de diagnostic de panne et de maintenance)
- V- Management de Solutions : Solutions de Vidéoprotection , Supervision Vidéo, Analyse de l'Image et Hypervision, le Cloud Computing
- VI- Domotique : Télémétrie et Mesures, Commandes à Distance, Exploitation et Normes
- VII- Écodurabilité : Net Building, Télésurveillance de Sites Sensibles, Télésurveillance des flux de Circulation.
- VIII- Organisation des Visites dans des entreprises.

#### **Références bibliographiques**

- LAPRIE (J.C.) (LAAS/CNRS) - Dependable Computing and Fault Tolerance : Concepts and Terminology - . Proc. 15th I.E.E.E. Juin 85 (FTCS 15).
- ARSENAULT (J.E.), ROBERTS (J.A.) - Reliability and Maintainability of Electronic Systems - . Pitman 1980

## ***Gestion et pilotage de projets 2 (ELTEE807)***

**VHH : 1h30' cours, 1h30' TD.**

Stage pratique en entreprise et réalisation de mini-projets.

## ***Réseaux et transport d'électricité (ELTEE901)***

#### **Objectifs :**

L'objectif de ce module est de permettre à l'étudiant d'avoir des connaissances de base sur le comportement des réseaux électriques de transport et de distribution de la production à la

consommation et d'apprendre le calcul de l'écoulement de puissance et la stabilité dans un réseau électrique.

**VHH : 1h30' cours, 1h30' TD.**

**Programme du cours :**

1. Calcul des Caractéristiques « R-L-C » d'une Jonction Triphasée : Méthode Générale de calcul, Etude des caractéristiques longitudinales, Caractéristiques transversales.
2. La Constitution du Réseau : La structure du réseau d'énergie électrique, Les postes, les lignes aériennes et câbles souterrains.
3. Comportement d'un réseau électrique : Classification des phénomènes sur un réseau électrique. Phénomènes transitoires des éléments constituant le réseau.
4. Le Système « Per Unit » : Schéma unifilaire, Puissance, tension, courant et impédance de base, Modélisation des lignes, Modélisation des transformateurs, Modélisation des machines synchrones.
5. Calcul de l'écoulement de puissance (Load Flow) : Constitution d'un réseau, Bilans de puissances et balancier, La matrice d'admittance, Programme de Load Flow, Méthodes numériques du calcul de l'écoulement de puissance.
6. Court-Circuit et Stabilité : Calcul des courants de court-circuit, La stabilité statique.
7. Contrôle de fréquence et contrôle de tension.

**Références bibliographiques :**

1. John J. Grainger and William D. Stevenson, Jr. "POWER SYSTEM ANALYSIS" McGraw-Hill Series in Electrical and Computer Engineering, 1994.
2. S Krishna "An Introduction to Modelling of Power System Components" Springer 2014
3. ABDELHAY A. SALLAM and OM P. MALIK "Electric distribution systems" IEEE press, 2011.
4. H. Saadat "Power system analysis" McGraw-Hill, 1999
5. Roger C. Dugan, Mark F. F. Mcgranaghan, Surya Santoso and H. Wayne Beaty "Electrical Power Systems Quality", Second Edition, McGraw-Hill, 2002

# ***Réseaux électriques intelligents (Smart Grids)*** **(ELTEE902)**

## **Objectifs :**

L'objectif de ce cours est de permettre à l'étudiant de comprendre l'évolution des réseaux électriques, avec une introduction sur les fondements des réseaux électriques intelligents et les terminologies importantes utilisées. Ensuite, il acquerra des connaissances sur la technologie des micro-réseaux et l'intégration des énergies renouvelables et du stockage de l'énergie. Pour terminer, l'étudiant acquerra des connaissances liées aux compteurs intelligents et l'avenir de la technologie des réseaux intelligents.

**VHH : 1h30' cours, 1h30' TP.**

## **Programme du cours :**

1. Description et évolution des réseaux électriques HT, MT et BT.
2. Introduction au réseau électrique intelligent.
3. L'intérêt du réseau électrique intelligent.
4. Description des technologies des micro-réseaux, l'intégration des énergies renouvelables et du stockage de l'énergie.
5. Technologie des compteurs intelligents et gestion active des bâtiments.
6. Gestion de charges dynamiques telles que les véhicules électriques.
7. Introduction aux systèmes de communication, et traitement et protection des données pour les réseaux électriques intelligents.
8. Pilotage intelligent des réseaux électrique et micro-réseaux électriques.
9. Norme et réglementation.

## **Références bibliographiques :**

1. B. M. Shawkat Ali 'Smart Grids Opportunities, Developments, and Trends' Springer-Verlag, 2013.
2. K. S. K. Weranga • Sisil Kumarawadu D. P. Chandima 'Smart Metering Design and Applications' Springer-Verlag, 2014.
3. Janaka Ekanayake, Kithsiri Liyanage, Jianzhong Wu, Akihiko Yokoyama, Nick Jenkins' smart grid technology and applications' John Wiley & Sons, 2012.
4. S. Chowdhury, S.P. Chowdhury and P. Crossley' Microgrids and Active Distribution Networks' The Institution of Engineering and Technology, 2009.
5. James Momoh 'SMART GRID Fundamentals of Design and Analysis' IEEE press, 2012.

# ***Energies renouvelables 4 : STOCKAGE D'ENERGIE (ELTEE903)***

## **OBJECTIFS :**

**ACQUERIR :** Les connaissances de base sur le stockage de l'énergie électrique à partir des énergies renouvelables.

## **Pré-requis :**

Connaissances de base en électrotechnique, électronique et thermodynamique.

**VHH : 1h30' cours, 1h30' TD, 1h30' TP.**

## **I. STOCKAGE MECANIQUE**

### **I.1. STATIONS DE POMPAGES**

I.1.1. Stations de pompage d'apports

I.1.2. Station de Transfert d'Energie par Pompage (STEP)

### **I.2. STOCKAGE PAR AIR COMPRIME CLASSIQUE**

### **I.3. STOCKAGE INERTIEL**

## **II. MODE DE STOCKAGE ELECTROCHIMIQUE ET ELECTROSTATIQUE**

### **II.1. BATTERIES A FLUX**

II.1.1. Batteries Zn-Br

II.1.2. Batteries Vanadium-Redox Flow (VBR)

### **II.2. BATTERIES SODIUM POUR STOCKAGE STATIONNAIRE**

II.2.1. Batteries sodium/soufre (NaS)

III.2.2. Batteries sodium/chlorure de nickel (Zebra)

### **II.3. BATTERIES LITHIUM-ION "AVANCEES"**

## **III. MODE DE STOCKAGE THERMIQUE**

### **III.1. Chaleur sensible**

### **III.2. Chaleur latente**

## **IV. MODE DE STOCKAGE THERMOCHIMIQUE**

## **V. MODE DE STOCKAGE CHIMIQUE : L'HYDROGENE**

## **VI. MODE DE STOCKAGE ELECTROMAGNETIQUE**

VI. 1. BOBINES SUPRACONDUCTRICES

VI.2. SUPERCAPACITES

## **VII. TECHNOLOGIES ALTERNATIVES NOUVELLES DE STOCKAGE D'ELECTRICITE SOUS FORME DE CHALEUR**

### VII.1. Thermo-Electrical Energy Storage (TEES)

### VII.2. Pumped Heat (ou Thermal) Electricity Storage (PHES ou PTES)

VI.2.1. La technologie PHES

VI.2.2. La technologie PTES

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

1. F. ABOU CHACRA, P. BASTARD, G.FLEURY, R. CLAVREUL, « *Optimisation MultiObjectifs du Stockage d'Énergie dans un Poste Source HTB-HTA* », Electrotechnique du Futur 2003, Gif Sur Yvette, déc. 2003.
2. RUDELLE, « *Storage and Fuel Cells* », EPSRC SupELTEEn Workshop: Future Technologies for a Sustainable Electricity System, Univ. of Cambridge, 7 nov. 2003
3. B. MULTON, J. RUER, « *Stocker l'électricité : oui, c'est indispensable et c'est possible. Pourquoi, où, comment ?* », Publication ECRIN en contribution au débat national sur l'énergie, avril 2003, téléchargeable : <http://www.ecrin.asso.fr/energies/>

## **EFFICACITE ENERGETIQUE (ELTEE904)**

### OBJECTIFS :

- Etre capables de faire une conception et un dimensionnement de l'enveloppe et des équipements des constructions à haute efficacité énergétique.
- Mise en œuvre, dès la conception, de technologies utilisant de manière directe ou indirecte les énergies renouvelables.

### Pré-requis :

Connaissances de base en transferts thermiques, mécanique des fluides et régulation.

**VHH : 1h30' cours.**

## **I. PHYSIQUE DU BATIMENT ET CARACTERISATION DE LA QUALITE DES AMBIANCES INTERIEURES**

### I.1. INTERACTIONS BATIMENT-ENVIRONNEMENT

I.1.1. Problématique des interactions bâtiment-environnement.

I.1.2. Éléments constitutifs du confort.

### I.2. ENELTEETIQUE DU BATIMENT

I.2.1. Comportement thermique d'un bâtiment.

I.2.2. Intégration et approche multi-critère (études de cas).

### I.3. QUALITE DE L'AIR INTERIEUR

I.3.1. Bases physiques de la circulation de l'air dans les constructions multizones.

I.3.2. Caractérisation des polluants et transfert.

## II. CONCEPTION ET CARACTERISATION DES SYSTEMES ENERGETIQUES

### II.1. CARACTERISATION DES SYSTEMES

II.1.1. Approche fonctionnelle des systèmes.

II.1.2. Normes internationales et réglementation énergétique.

### II.2. CONCEPTION DES SYSTEMES

II.2.1. Conception architecturale de l'enveloppe du bâtiment et intégration des systèmes passifs de chauffage et de rafraîchissement.

II.2.2. Conception de systèmes actifs à haute efficacité.

### II.3. CONTROLE DES SYSTEMES

II.3.1. Régulation des systèmes de génie climatique, G.T.B, outils de l'audit énergétique.

II.3.2. Eclairagisme et impact énergétique des techniques innovantes d'éclairage intérieur.

## III. MODELISATION AERO-THERMIQUE DES BATIMENTS ET EVALUATION DES CONSTRUCTIONS ET DES SYSTEMES PASSIFS

### III.1. BASES DE LA MODELISATION

III.1.1. Bases de la modélisation des transferts couplés de chaleur dans les bâtiments.

### III.2. MODELISATION DU COMPORTEMENT THERMIQUE DES BATIMENTS

### III.3. MISE EN ŒUVRE DES SYSTEMES

III.3.1. Modélisation des systèmes passifs de traitement d'ambiance et couplage avec la modélisation du bâtiment.

III.3.2. Introduction aux modèles C.F.D.

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

1. Sergio García Beltrán, Lucie Kochova, Giuseppe Pugliese, Petr Sopoliga, *Les bâtiments efficacité énergétique et énergies renouvelables*, Manuel de l'élève, FR 1.2 - novembre 2010.
2. Greg Pahl, *Natural Home Heating: The Complete Guide to Renewable Energy Options*, Chelsea Green Publishing, 2003.
3. [http://www.diydoctor.org.uk/projects/domestic\\_hot\\_water\\_systems.htm](http://www.diydoctor.org.uk/projects/domestic_hot_water_systems.htm), Hot Water Systems - A DIY Guide to Different Domestic Heating and Hot Water Systems with Common Faults and How to Cure them.
4. Fethers, John L.: *The Handbook of Lighting Surveys & Audits*, CRC Press, 1997.
5. VV. AA.: *Guía práctica de la energía. Consumo Eficiente y Responsable (Practical Guide for Energy. Efficient and Responsible Consumption)*, Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE), 2007.

# **Modélisation et Commande des actionneurs électriques (ELTEE905)**



**Objectif :**

L'objectif de ce cours est d'acquérir et de maîtriser les méthodes permettant de développer des modèles mathématiques décrivant le comportement des actionneurs électriques. Ainsi qu'apprendre quelques techniques de commande en vitesse et en position de ces actionneurs.

**VHH : 1h30' cours, 1h30' TD, 1h30' TP.**

**Programme du cours :**

1. Modélisation des systèmes électriques et électromécaniques (Modélisation des circuits électriques de base, les circuits couplés magnétiquement et la conversion électromécanique de l'énergie).
2. Outils de modélisation : Bond graph (BG) ou Graphe informationnel causales (GIC) (Application aux circuits électriques de base).
3. Généralités sur l'identification, méthodes d'identification graphiques (Méthode de Strejc, méthode de Broïda...) et méthodes d'identification numériques (Méthodes récursives, méthode non récursives).
4. Modélisation des machines électriques (machines à courant continu, machine synchrone et machine asynchrone...)
5. Modélisation des associations Convertisseur-Machines électriques (Hacheur-MCC, Redresseur-MCC, Onduleur-MS, Onduleur MAS)
6. Commandes Linéaires de la MCC (Réglage de vitesse et de position du MCC par des régulateurs à action PI, et PID...)
7. Commandes scalaires de la MS (Commande à flux constant et autopilotage)
8. Commandes scalaires de la MAS (variation de la résistance rotorique, commande à flux constant et autopilotage)
9. Commandes vectorielles de la MS et la MAS
10. Introduction aux commandes modernes des actionneurs électriques

**Références bibliographiques**

1. R. ABDESSEMED, « Electrotechnique - Modélisation et simulation des machines électriques », Ellipses 2011.
2. H. BOURLES, « Systèmes linéaires - De la modélisation à la commande », Publisher: Hermès-Science, 2006.
3. G. GRELLET, G. CLERC, « Actionneurs Electriques », edition Eyrolles
4. H. BUHLER, « Electronique de réglage et de Commande », Presses polytechniques et universitaires romandes.
5. J. CHATELAIN, «Machines électriques», vol. 2, édition Dunod,
6. JP. LOUIS, c. BERGMANN, « Commande numérique : convertisseurs - moteurs à CC», D3641: Tech de l'Ingénieur,

7. H. BUHLER, « Réglage de systèmes d'électronique de puissance », Presse polytechniques et universitaires de romandes.

## **Modélisation techno-économique des systèmes énergétiques (ELTEE906)**

### **Objectifs :**

A la fin du cours, l'étudiant doit être en mesure de :

1. décrire les enjeux dans les prises de décision au sein d'un système énergétique ;
2. utiliser les outils de modélisation et d'optimisation mathématique,
3. appliquer le processus de modélisation intégrée d'un système énergétique avec l'approche techno-économique ;
4. déployer et tirer parti des outils disponibles pour l'utilisation des modèles techno-économiques ;
5. appliquer la modélisation techno-économique pour informer la prise de décision pour des problèmes énergétiques.

**VHH : 1h30' cours, 1h30' TD.**

### **Structure du cours :**

Le cours est composé de plusieurs volets complémentaires :

1. notions de base sur les unités de mesure utilisées et la conversion entre elles ;
2. connaissance d'un système énergétique donné ;
3. concepts économiques et statistiques fondamentaux (actualisation, fonction de demande, fonction d'offre, compétition parfaite, notion d'équilibre partiel et général, élasticité, moyenne, écart-type, corrélation) ;
4. notions de modélisation et d'optimisation mathématique (ensemble réalisable, ensemble solution, analyse de la sensibilité, courbe de Pareto) ;
5. utilisation du solveur d'Excel, d'un logiciel de modélisation (LEAP), d'un langage de programmation algébrique et d'un logiciel d'optimisation (GLPK) et d'un modèle mathématique d'un système énergétique (OSeMOSYS) ;
6. création et analyse d'un scénario de référence et de scénarios alternatifs ;
7. analyse et interprétation des résultats, prise de décision.

### **Références bibliographiques**

[1] <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/wene.62/full>

[2] <http://iea-etsap.org/>

[3] <https://www.energycommunity.org/>

[4] <https://www.gnu.org/software/glpk/>

[5] [www.osemosys.org](http://www.osemosys.org)

# ***Propriété intellectuelle***

## ***(ELTEE907)***

### **Objectifs :**

Permettre aux élèves ingénieurs d’embrasser la problématique de la propriété industrielle et intellectuelle :

**Prérequis :** aucun

**VHH : 1h30’ cours.**

### **Plan du cours**

#### **1. Fondamentaux de la propriété intellectuelle**

##### **1.1 Entrée en matière**

- 1.1.0 Introduction
- 1.1.1 Protection et idées
- 1.1.2 Protection et savoir-faire
- 1.1.3 Protection des "idées" - exemple
- 1.1.4 Protection et secret

##### **1.2 Catégories de droits**

- 1.2.0 Introduction
- 1.2.1 Droit d'auteur
- 1.2.2 Marque
- 1.2.3 Brevet
- 1.2.4 Autres droits

##### **1.3 Violation des droits**

- 1.3.1 Sanction - exemple
- 1.3.2 Action en contrefaçon
- 1.3.3 Action en concurrence déloyale

##### **1.4 Le contrat - outil juridique complémentaire**

- 1.4.1 Contrat de travail
- 1.4.2 Accord de confidentialité
- 1.4.3 Accord de consortium

#### **2. Droit d'auteur**

##### **2.1 Principes généraux**

- 2.1.0 Introduction
- 2.1.1 Oeuvres protégeables - conditions
- 2.1.2 Oeuvres plurales - 3 catégories
- 2.1.3 Exploitation des droits patrimoniaux
  
- 2.2 Droit d'auteur et logiciels
  - 2.2.1 Éléments protégeables et conditions de protection
  - 2.2.2 Titularité des droits
  
- 2.3 Droit d'auteur et bases de données
  - 2.3.1 Bases de données - définitions
  - 2.3.2 Conditions et durée de protection
  - 2.3.3 Limites du droit du producteur et exceptions
  
- 3. Brevet
  - 3.1 Introduction
    - 3.1.1 Brevet - un titre de propriété industrielle
    - 3.1.2 Brevet et publication scientifique
    - 3.1.3 Brevet et créateur d'entreprise
    - 3.1.4 Brevet - une protection territoriale
  
  - 3.2 Conditions de brevetabilité
    - 3.2.1 Activités exclues de la brevetabilité
    - 3.2.2 Nouveauté de l'invention
    - 3.2.3 Activité inventive
    - 3.2.4 Application industrielle potentielle
  
  - 3.3 Processus de dépôt d'une demande de brevet
    - 3.3.0 Introduction
    - 3.3.1 Détection - déclaration d'invention
    - 3.3.2 Dépôt prioritaire
    - 3.3.3 Phases nationales
  
  - 3.4 Titularité des droits
    - 3.4.1 Principes généraux
    - 3.4.2 L'inventeur
    - 3.4.3 Cas particuliers
  
  - 3.5 Brevet - un outil de veille documentaire
    - 3.5.1 Structure du brevet - informations disponibles
    - 3.5.2 Bases de données brevets - enjeux et exemples
  
- 4. Autres droits de propriété industrielle
  - 4.0 Entrée en matière
  - 4.1 Marques
    - 4.1.1 Définition et rôle
    - 4.1.2 Conditions de protection
    - 4.1.3 Acquisition du droit de marque
    - 4.1.4 Effets de l'acquisition de la marque
    - 4.1.5 Perte des droits sur la marque
    - 4.1.6 Focus - marques et noms de domaines

- 4.2 Dessins et modèles
  - 4.2.1 Définition et rôle
  - 4.2.2 Conditions de protection
  - 4.2.3 Intérêt de la protection par le dessin et modèle

## 5. Eléments de stratégie de propriété intellectuelle

- 5.0 Entrée en matière
- 5.1 Points de vigilance
  - 5.1.1 Démarche de protection
  - 5.1.2 Violation des droits de propriété intellectuelle
  - 5.1.3 Quel outil pour un logiciel ?
  
- 5.2 Valorisation économique de la propriété intellectuelle
  - 5.2.1 Evaluation de la valeur
  - 5.2.2 Contrats de cession et de licence
  - 5.2.3 Brevet - un outil stratégique ?

### **Référence bibliographique**

Greaves, T. 1994. *Intellectual Property Rights for Indigenous People, A Source Book*. Society for Applied Anthropology, Oklahoma City OK, USA.

Kimbrell, A. 1997. *Breaking the Law of Life: Raiding the Future, Patent Truth or Patent Lies?* Vol. 2, GAIA Foundation.