

Information générale

Objectifs	
Responsable(s)	EUDES PHILIPPE
Mention(s) incluant ce parcours	licence Physique
Lieu d'enseignement	Faculté des Sciences, Université de Nantes
Langues / mobilité internationale	Français (1 UE en Anglais)
Stage / alternance	Stage obligatoire
Poursuite d'études /débouchés	Master de Physique Fondamentale et Applications et Master Sciences de la Matière ou tout masters équivalents Ecole d'Ingenieurs
Autres renseignements	
Conditions d'obtention de l'année	Voir le document sur Madoc : "Règles particulières de contrôle des connaissances et des aptitudes de l'Université de Nantes - Licence de l'UFR des Sciences et des Techniques"

Programme

1 ^{er} SEMESTRE	Code	ECTS	CM	CM (P)	CM (DS)	CM (DA)	CI	CI (P)	CI (DS)	CI (DA)	TD	TD (P)	TD (DS)	TD (DA)	TP	TP (P)	TP (DS)	TP (DA)	Distanciel	Total
Groupe d'UE : UEF Physique (30 ECTS)																				
Anglais pour la communication scientifique (Phys)	X31A040	3	0	0	0	0	0	0	0	0	16	16	0	0	0	0	0	0	1.6	17.6
Outils Mathématiques 3	X31P010	5	24	0	0	0	0	0	0	0	24	0	0	0	0	0	0	0	4.8	52.8
Outils mathématiques 3a	X31P011		9	0	0	0	0	0	0	0	9	0	0	0	0	0	0	0	1.8	19.8
Outils Mathématiques 3b	X31P012		15	0	0	0	0	0	0	0	15	0	0	0	0	0	0	0	3	33
Mécanique Quantique	X31P020	5	24	0	0	0	0	0	0	0	24	0	0	0	0	0	0	0	4.8	52.8
Electromagnétisme 3	X31P030	3	10	0	0	0	0	0	0	0	14	0	0	0	0	0	0	0	2.4	26.4
Physique Moderne 2	X31P040	4	20	0	0	0	0	0	0	0	20	0	0	0	0	0	0	0	4	44
Physique subatomique	X31P050	4	16	0	0	0	0	0	0	0	16	0	0	0	8	0	0	0	4	44
Physique Subatomique 1	X31P051		8	0	0	0	0	0	0	0	8	0	0	0	0	0	0	0	1.6	17.6
Physique Subatomique 2	X31P052		8	0	0	0	0	0	0	0	8	0	0	0	8	0	0	0	2.4	26.4
Mécanique analytique	X31P060	2	8	0	0	0	0	0	0	0	10	0	0	0	0	0	0	0	1.8	19.8
Ouverture professionnelle - Physique	X31T040	2	0	0	0	0	0	0	0	0	16	0	0	0	0	0	0	0	1.6	17.6
Physique des Matériaux	X31P090	2	8	0	0	0	0	0	0	0	13.33	0	0	0	0	0	0	0	2.67	24
Groupe d'UE : UEL (0 ECTS)																				
Stage libre	XLG5TU200	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Total	30																	27.67	299.00

2 ^{ème} SEMESTRE	Code	ECTS	CM	CM (P)	CM (DS)	CM (DA)	CI	CI (P)	CI (DS)	CI (DA)	TD	TD (P)	TD (DS)	TD (DA)	TP	TP (P)	TP (DS)	TP (DA)	Distanciel	Total
Groupe d'UE : UEF Physique (30 ECTS)																				
Anglais Professionnel Physique	X32A040	2	0	0	0	0	0	0	0	0	16	16	0	0	0	0	0	0	0	16
Thermodynamique 3	X32P010	6	20	0	0	0	0	0	0	0	22	0	0	0	0	0	0	0	4.2	46.2
Thermodynamique des systèmes physiques et approche statistique	X32P011		16	0	0	0	0	0	0	0	16	0	0	0	0	0	0	0	3.2	35.2
Thermodynamique: Compléments de Physique Statistique	X32P012		4	0	0	0	0	0	0	0	6	0	0	0	0	0	0	0	1	11
Ondes mécaniques, acoustiques et électromagnétiques	X32P030	6	20	0	0	0	0	0	0	0	28	0	0	0	0	0	0	0	4.8	52.8
Modélisation pour la Physique 3	X32P040	3	14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	14	0	0	0	2.8	30.8
Analyse numérique	X32P041		14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.4	15.4
TP analyse numérique physique	X32P042		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	14	0	0	0	1.4	15.4
Physique Expérimentale 3	X32P050	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	42	0	0	0	4.2	46.2
Projet expérimental	X32P051		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	30	0	0	0	3	33
Travaux Pratiques de Thermodynamique	X32P052		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	12	0	0	0	1.2	13.2
Physique du Solide 1	X32P090	3	10	0	0	0	0	0	0	0	10.67	0	0	0	0	0	0	0	1.33	22
Stage	X32T040	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Groupe d'UE : UEL (0 ECTS)																				
Stage libre	XLG6TU200	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Total	30																	17.33	214.00

Modalités d'évaluation

Mention Licence 3ème année

Parcours : L3 Physique : Physique

Année universitaire

Responsable(s) : EUDES PHILIPPE

REGIME ORDINAIRE

				PREMIERE SESSION								DEUXIEME SESSION								TOTAL	
				Contrôle continu			Examen					Contrôle continu			Examen					Coeff.	ECTS
CODE UE	INTITULE	UE non dipl.		écrit	prat.	oral	écrit	prat.	oral	durée	ecrit	prat.	oral	écrit	prat.	oral	durée				
Groupe d'UE : UEF Physique																					
5	X31A040	Anglais pour la communication scientifique (Phys)	N	obligatoire	1.5		1.5							3				3	3		
5	X31P010	Outils Mathématiques 3	N	obligatoire															5		
5	X31P011	outils mathématiques 3a			2									2				2			
5	X31P012	Outils Mathématiques 3b			3									3				3			
5	X31P020	Mécanique Quantique	N	obligatoire	5									5				5	5		
5	X31P030	Electromagnétisme 3	N	obligatoire	1.2		1.8				0.6			2.4				3	3		
5	X31P040	Physique Moderne 2	N	obligatoire	4									4				4	4		
5	X31P050	Physique subatomique	N	obligatoire															4		
5	X31P051	Physique Subatomique 1			1.6									1.6				1.6			
5	X31P052	Physique Subatomique 2			1.68	0.72						0.72		1.68				2.4			
5	X31P060	Mécanique analytique	N	obligatoire	2						0.5			1.5				2	2		
5	X31T040	Ouverture professionnelle - Physique	N	obligatoire	0.8		1.2				0.8		1.2					2	2		
5	X31P090	Physique des Matériaux	N	obligatoire	0.4	0.4		1.2						2				2	2		
Groupe d'UE : UEL																					
5	XLG5TU200	Stage libre	O	optionnelle														0	0		
Groupe d'UE : UEF Physique																					
6	X32A040	Anglais Professionnel Physique	N	obligatoire	1.2		0.8									2		2	2		
6	X32P010	Thermodynamique 3	N	obligatoire															6		
6	X32P011	Thermodynamique des systèmes physiques et approche statistique			4.5									4.5				4.5			
6	X32P012	Thermodynamique: Compléments de Physique Statistique			1.5									1.5				1.5			
6	X32P030	Ondes mécaniques, acoustiques et électromagnétiques	N	obligatoire	6									6				6	6		
6	X32P040	Modélisation pour la Physique 3	N	obligatoire															3		
6	X32P041	Analyse numérique			1.5									1.5				1.5			
6	X32P042	TP analyse numérique physique				1.5								1.5				1.5			
6	X32P050	Physique Expérimentale 3	N	obligatoire															6		
6	X32P051	Projet expérimental				4.2									4.2			4.2			
6	X32P052	Travaux Pratiques de Thermodynamique				1.8									1.8			1.8			
6	X32P090	Physique du Solide 1	N	obligatoire	3									3				3	3		

6	X32T040	Stage	N	obligatoire	2		2					2		2				4	4
Groupe d'UE : UEL																			
6	XLG6TU200	Stage libre	O	optionnelle														0	0
																	TOTAL	60	60

A la seconde session, les notes de contrôle continu correspondent à un report des notes de CC de la première session.

DISPENSE D'ASSIDUITE

					PREMIERE SESSION						DEUXIEME SESSION						TOTAL			
					Contrôle continu			Examen			Contrôle continu			Examen			Coeff.	ECTS		
CODE UE	INTITULE	UE non dipl.			écrit	prat.	oral	écrit	prat.	oral	durée	écrit	prat.	oral	écrit	prat.			oral	durée
Groupe d'UE : UEF Physique																				
5	X31A040	Anglais pour la communication scientifique (Phys)	N	obligatoire				1.5		1.5					3				3	3
5	X31P010	Outils Mathématiques 3	N	obligatoire																5
5	X31P011	outils mathématiques 3a						2							2					2
5	X31P012	Outils Mathématiques 3b						3							3					3
5	X31P020	Mécanique Quantique	N	obligatoire				5							5					5
5	X31P030	Electromagnétisme 3	N	obligatoire				3							3					3
5	X31P040	Physique Moderne 2	N	obligatoire				4							4					4
5	X31P050	Physique subatomique	N	obligatoire																4
5	X31P051	Physique Subatomique 1						1.6							1.6					1.6
5	X31P052	Physique Subatomique 2				0.72		1.68					0.72		1.68					2.4
5	X31P060	Mécanique analytique	N	obligatoire				2							2					2
5	X31T040	Ouverture professionnelle - Physique	N	obligatoire	0.8		1.2					0.8		1.2						2
5	X31P090	Physique des Matériaux	N	obligatoire				2							2					2
Groupe d'UE : UEL																				
5	XLG5TU200	Stage libre	O	optionnelle																0
Groupe d'UE : UEF Physique																				
6	X32A040	Anglais Professionnel Physique	N	obligatoire				1		1							2			2
6	X32P010	Thermodynamique 3	N	obligatoire																6
6	X32P011	Thermodynamique des systèmes physiques et approche statistique						4.5							4.5					4.5
6	X32P012	Thermodynamique: Compléments de Physique Statistique						1.5							1.5					1.5
6	X32P030	Ondes mécaniques, acoustiques et électromagnétiques	N	obligatoire				6							6					6
6	X32P040	Modélisation pour la Physique 3	N	obligatoire																3
6	X32P041	Analyse numérique						1.5							1.5					1.5
6	X32P042	TP analyse numérique physique						1.5							1.5					1.5
6	X32P050	Physique Expérimentale 3	N	obligatoire																6
6	X32P051	Projet expérimental								4.2						4.2				4.2
6	X32P052	Travaux Pratiques de Thermodynamique								1.8						1.8				1.8
6	X32P090	Physique du Solide 1	N	obligatoire				3							3					3
6	X32T040	Stage	N	obligatoire	2		2					2		2						4
Groupe d'UE : UEL																				
6	XLG6TU200	Stage libre	O	optionnelle																0
																		TOTAL	60	60

A la seconde session, les notes de contrôle continu correspondent à un report des notes de CC de la première session.

Description des UE

X31A040	Anglais pour la communication scientifique (Phys)
Lieu d'enseignement	UFR Sciences
Niveau	Licence
Semestre	5
Responsable de l'UE	
Volume horaire total	TOTAL : 17.6h Répartition : CM : 0h TD : 16h CI : 0h TP : 0h EAD : 1.6h
Place de l'enseignement	
UE pré-requise(s)	Anglais 3 et 4, ou équivalent.
Parcours d'études comprenant l'UE	L3 Physique : Physique, L3 Physique : Mécanique, L3 Physique : Physique - CMI Ingé. Nuclé. et Appli. _ CMI-INA, L3 Physique : Physique / mineure Enseigner à l'Ecole Primaire _ EEP, L3 Physique : Physique LAS3, L3 Physique : Mécanique - CMI Ingé. Calcul Méca. _ CMI-ICM, 2025 L3 Physique - CMI INA, 2025 L3 Mécanique - CMI ICM, 2025 L3 Physique, 2025 L3 Mécanique, 2025 L3 Physique OPTION SANTE
Evaluation	
Pondération pour chaque matière	Anglais pour la communication scientifique (Phys) 100%
Obtention de l'UE	The module will be assessed through continuous assessment (100%). You will be assessed <i>indirectly</i> on everything you do in class, and <i>directly</i> on <ul style="list-style-type: none"> • an in-class test • your project work
Programme	
Objectifs (résultats d'apprentissage)	À l'issue de cet enseignement, l'étudiant-e sera capable de : <ol style="list-style-type: none"> 1. répondre à des questions de compréhension sur un texte rédigé en anglais universitaire, que ce soit dans son domaine de spécialité ou dans un autre domaine, dans un esprit similaire à ce qui est proposé à l'épreuve de compréhension écrite de la certification IELTS Academic English. 2. présenter à l'oral un texte issu de la presse scientifique générale dans son domaine de spécialité, replacer l'article dans son contexte et expliquer les enjeux de la recherche ou de la thématique abordée dans cet article. 3. présenter son travail dans un anglais clair et phonologiquement approprié, en utilisant des outils de présentation adaptés et en communiquant avec un degré d'aisance et de spontanéité qui rende possible une interaction normale avec un locuteur natif, sans recours excessif aux notes.
Contenu	<ol style="list-style-type: none"> 1. Développement du vocabulaire scientifique général 2. Développement du vocabulaire scientifique de spécialité 3. Analyse de textes scientifiques 4. Développement de la capacité à adapter son discours à différentes situations de communication scientifique 4. Analyse de documents audio ou vidéo 5. Pratique de l'oral en contexte 6. Sensibilisation au système phonologique de l'anglais pour améliorer la prise de parole des étudiant-e-s
Méthodes d'enseignement	Mixte
Langue d'enseignement	Anglais
Bibliographie	Aucun ouvrage obligatoire

X31P010	Outils Mathématiques 3
Lieu d'enseignement	UFR des Sciences et des Techniques
Niveau	Licence
Semestre	5
Responsable de l'UE	ROYER GUY

Volume horaire total	TOTAL : 52.8h Répartition : CM : 24h TD : 24h CI : 0h TP : 0h EAD : 4.8h
Place de l'enseignement	
UE pré-requis(s)	
Parcours d'études comprenant l'UE	L3 Physique : Physique, L3 Physique : Mécanique, L3 Physique : Physique - CMI Ingé. Nuclé. et Appli. _ CMI-INA, L3 Physique : Physique / mineure Enseigner à l'Ecole Primaire _ EEP, L3 Physique : Physique-Chimie DOUBLE DIPLOME, L3 Physique : Physique LAS3, L3 Physique : Mécanique - CMI Ingé. Calcul Méca. _ CMI-ICM
Evaluation	
Pondération pour chaque matière	outils mathématiques 3a 40% Outils Mathématiques 3b 60%
Obtention de l'UE	L'évaluation se fait par 3 contrôles Continus. Il n'y a pas d'examen en 1ère session. Pour les D. A. il y a un examen.
Programme	
Liste des matières	- outils mathématiques 3a (X31P011) - Outils Mathématiques 3b (X31P012)

X31P011	outils mathématiques 3a
Langue d'enseignement	Français
Lieu d'enseignement	UFR des Sciences et des Techniques
Responsable de la matière	
Volume horaire total	TOTAL : 19.8h Répartition : CM : 9h TD : 9h CI : 0h TP : 0h EAD : 1.8h
Objectifs (résultats d'apprentissage)	A l'issue de cet enseignement l'étudiant sera capable de : <ul style="list-style-type: none"> • Utiliser l'analyse tensorielle pour l'appliquer en physique des solides, en relativité, en physique nucléaire, en mécanique quantique • Simuler un signal par une série de Fourier ou une transformée de Fourier • Déterminer des transformées de Laplace pour, en particulier, résoudre des équations différentielles pour des systèmes physiques causaux
Contenu	Tenseurs Séries de Fourier, Transformées de Fourier, Transformées de Laplace et équations différentielles
Méthodes d'enseignement	Cours + TD
Bibliographie	

X31P012	Outils Mathématiques 3b
Langue d'enseignement	Français
Lieu d'enseignement	UFR des Sciences et des Techniques
Responsable de la matière	
Volume horaire total	TOTAL : 33h Répartition : CM : 15h TD : 15h CI : 0h TP : 0h EAD : 3h
Objectifs (résultats d'apprentissage)	Au terme de cet élément constitutif l'étudiant saura : <ul style="list-style-type: none"> • Effectuer une convolution de deux fonctions à l'aide d'une distribution de Dirac • Effectuer des calculs avec des fonctions de variables complexes et calculer des résidus • Résoudre les équations différentielles et notamment celles du type de Fuchs • Reconnaître et utiliser les caractéristiques de certains opérateurs utilisés en physique.

Contenu	Fonctions d'une variable complexe : Dérivation et Intégration d'une fonction d'une variable complexe, Séries de fonctions, Théorème des résidus et calculs d'intégrales Distribution de Dirac, Convolution Distanciel : Equations différentielles du second ordre et résolution par des développements en séries, équations aux dérivées partielles Rappels sur les Espaces vectoriels, opérateurs unitaires et hermitiens
Méthodes d'enseignement	CM + TD
Bibliographie	

X31P020	Mécanique Quantique
Lieu d'enseignement	
Niveau	Licence
Semestre	5
Responsable de l'UE	WERNER KLAUS
Volume horaire total	TOTAL : 52.8h Répartition : CM : 24h TD : 24h CI : 0h TP : 0h EAD : 4.8h
Place de l'enseignement	
UE pré-requis(s)	MECANIQUE DU POINT ONDES
Parcours d'études comprenant l'UE	L3 Physique : Physique, L3 Physique : Physique - CMI Ingé. Nuclé. et Appli. _ CMI-INA, L3 Physique : Physique / mineure Enseigner à l'Ecole Primaire _ EEP, L3 Physique : Physique LAS3
Evaluation	
Pondération pour chaque matière	Mécanique Quantique 100%
Obtention de l'UE	
Programme	

Objectifs (résultats d'apprentissage)

- A l'issue de cet enseignement, l'étudiant sera capable de :
- L'état d'un système physique
 - Connaître la définition d'un espace de Hilbert
 - Connaître la définition d'un vecteur dual
 - Connaître les propriétés d'un produit scalaire
 - Connaître la définition de la relation de fermeture et comprendre sa signification
 - Savoir faire de calcul basé sur des systèmes de vecteurs orthonormés (polynômes, séries de Fourier)
 - Connaître la définition de la distribution de delta de Dirac et comprendre ses propriétés
 - Grandeurs physiques et observables
 - Connaître les définitions d'un opérateur, de l'opérateur adjoint d'un opérateur, d'un opérateur hermitien
 - Connaître la définition du commutateur de deux opérateurs
 - Savoir faire la démonstration des règles de calcul pour les opérateurs adjoints et savoir les appliquer
 - Savoir trouver les propriétés fondamentales d'opérateurs hermitiens (valeurs moyennes, valeurs propres réels)
 - Savoir faire de calcul utilisant la notation de bras et de kets de Dirac pour les vecteurs et les opérateurs
 - Connaître la définition d'une représentation d'un vecteur et d'un opérateur
 - Savoir faire de calcul basé sur les représentations pour les espaces de Hilbert à 2 et 3 D (par exemple trouver les solutions d'équations aux valeurs propres)
 - Connaître le deuxième postulat de la physique quantique et comprendre l'importance de vecteurs et de valeurs propres d'un opérateur en physique quantique
 - Évolution dans le temps
 - Connaître le troisième postulat de la physique quantique
 - Connaître la définition d'un système conservatif
 - Savoir d'exprimer la solution générale d'une équation de Schroedinger en fonction de vecteurs propres et de valeurs propres de l'hamiltonien, pour un système conservatif
 - Savoir trouver les solutions de l'équation de Schroedinger pour des exemples simples (espace 2D), utilisant les représentations
 - Position et impulsion
 - Connaître la définition de $|x\rangle$
 - Connaître la définition de la représentation d'un vecteur $|\psi\rangle$ "en représentation $|x\rangle$ "
 - Connaître la définition de $|p\rangle$
 - Connaître la définition de la représentation d'un vecteur $|\psi\rangle$ "en représentation $|p\rangle$ "
 - Connaître la définition de l'opérateur x
 - Connaître la définition de l'opérateur p
 - Connaître les propriétés élémentaires de x et p et savoir les trouver
 - Comprendre la démonstration $[x,p] = i\hbar$
 - Particule dans un potentiel à une dimension
 - Comprendre la démonstration du théorème d'Ehrenfest
 - Savoir trouver l'équation de Schroedinger en représentation $|x\rangle$ à partir de l'équation de Schroedinger exprimée en fonction des opérateurs x et p .
 - Savoir trouver la solution de l'équation de Schroedinger à une dimension pour une particule libre ($V=0$) et discuter les résultats
 - Savoir trouver la solution de l'équation de Schroedinger à une dimension pour une particule dans un puits carré infini et discuter les résultats
 - Savoir trouver la solution de l'équation de Schroedinger à une dimension pour une particule dans un puits carré fini et discuter les résultats
 - Savoir discuter la solution de l'équation de Schroedinger à une dimension pour une particule diffusée par une barrière (effet tunnel)
 - Théorie générale des moments cinétiques
 - Connaître la définition du produit tensoriel de deux espaces de Hilbert et du produit scalaire dans cet espace
 - Connaître la définition de l'opérateur du moment cinétique orbital
 - Savoir démontrer les règles de commutation des composantes du moment cinétique orbital entre eux et avec le carré du moment cinétique
 - Connaître la définition du moment cinétique généralisé
 - Connaître les définitions des opérateurs J_+ et J_- et comprendre leur importance
 - Comprendre les propriétés générales des valeurs propres communes de J^2 et de J_z , particulièrement la possibilité d'un spin demi-entier
 - Savoir trouver les matrices 2×2 qui représentent les opérateurs J_i pour le cas d'un spin $1/2$ (matrices de Pauli)
 - Comprendre l'expression "addition de moments cinétiques" et la stratégie générale permettant de trouver les vecteurs propres $|j,m\rangle$ pour la somme de deux opérateurs de moment cinétique
 - Connaître la définition des coefficients de Clebsch-Gordan
 - Savoir faire de calcul basé sur la somme de deux moments cinétiques pour le cas de deux spins $1/2$ et pour le cas de la somme d'un moment cinétique orbital et un spin $1/2$
 - Connaître la définition de "triplet" et "singulet" dans le contexte de la somme de deux spins $1/2$ et comprendre la relation avec la symétrie du vecteur d'état (par l'échange des deux particules)
 - Comprendre la discussion de ortho-hélium et para-hélium comme application de la somme de deux spin $1/2$
 - L'oscillateur harmonique
 - Connaître la définition de l'hamiltonien H de l'oscillateur harmonique
 - Connaître le formalisme utilisant les opérateurs de création et d'annihilation et comprendre leur importance pour la généralisation de la physique quantique
 - Savoir faire de calcul élémentaire avec les opérateurs de création et d'annihilation (relations de commutation, valeurs propres de H)
 - Comprendre la signification de l'énergie non-nulle de l'état fondamental (énergie du point zéro)

Contenu	<ul style="list-style-type: none"> • L'état d'un système physique <ul style="list-style-type: none"> L'espace de Hilbert Systèmes orthonormés Les systèmes du type $\exp(ikx)$ Le premier postulat de la physique quantique • Grandeurs physiques et observables <ul style="list-style-type: none"> Opérateurs Spectres Le deuxième postulat de la physique quantique Valeur moyenne et écart quadratique moyen Commutateurs Relation d'incertitude Représentations • Évolution dans le temps <ul style="list-style-type: none"> Équation de Schrödinger Conservation de la probabilité Évolution de valeurs moyennes Résolution de l'équation de Schrödinger pour un système conservatif . • Position et impulsion <ul style="list-style-type: none"> Les représentations $x\rangle$ et $p\rangle$ Les opérateurs x et p Hermiticité des opérateurs x et p Commutateur $[x,p]$ Relation d'incertitude pour x et p Exemples • Particule dans un potentiel à une dimension <ul style="list-style-type: none"> Hamiltonien Théorème d'Ehrenfest Particule libre Puits carré infini Puits carré fini Barrière de potentiel • Théorie générale des moments cinétiques <ul style="list-style-type: none"> Produit tensoriel Moment cinétique orbitale Moment cinétique généralisé Le cas $j = 1/2$ Addition des moments cinétiques Exemple : Deux particules de spins $1/2$ Particules identiques Application: Hélium Règle de sélection du triangle • L'oscillateur harmonique <ul style="list-style-type: none"> Introduction, méthode habituelle Opérateurs de création et d'annihilation Discussion, applications
Méthodes d'enseignement	TD sous forme de travail en groupe
Langue d'enseignement	Français
Bibliographie	Physique quantique, Ngo et Ngo Mécanique quantique, Cohen Tannoudji

X31P030	Electromagnétisme 3
Lieu d'enseignement	
Niveau	Licence
Semestre	5
Responsable de l'UE	BERTONCINI PATRICIA
Volume horaire total	TOTAL : 26.4h Répartition : CM : 10h TD : 14h CI : 0h TP : 0h EAD : 2.4h
Place de l'enseignement	
UE pré-requis(s)	
Parcours d'études comprenant l'UE	L3 Physique : Physique, L3 Physique : Physique - CMI Ingé. Nuclé. et Appli. _ CMI-INA, L3 Physique : Physique / mineure Enseigner à l'Ecole Primaire _ EEP, L3 Physique : Physique-Chimie DOUBLE DIPLOME, L3 Physique : Physique LAS3
Evaluation	
Pondération pour chaque matière	Electromagnétisme 3 100%
Obtention de l'UE	

Programme	
Objectifs (résultats d'apprentissage)	<p>Équation locale du théorème de Gauss. Utiliser pour calculer un champ (notion de conditions aux limites)</p> <p>Relations de discontinuité du champ à connaître au S4 et savoir démontrer au S5</p> <p>Utiliser les relations de continuité/discontinuité du champ à la traversée d'une surface chargée</p> <p>Équation de Poisson</p> <p>Distribution multipolaire.</p> <p>Action d'un champ extérieur sur un dipôle</p> <p>Raisonnement avec ligne de champ dans le cas des conducteurs en influence</p> <p>Equation locale de conservation de la charge. Conséquence en régime stationnaire et ARQS</p> <p>Modèle macroscopique. Conductivité complexe</p> <p>Relations passages du champ + courant superficiel</p> <p>Jauge de Coulomb ou Lorentz</p> <p>Dipôle magnétique. Champ magnétique créé</p> <p>Intro sur micro - Expérience de Faraday</p> <p>Etude macroscopique. Polarisation, charges de polarisation (valeur et sens physique), champ et potentiel créés à l'intérieur et à l'extérieur du diélectrique</p> <p>Equations locales de l'électrostatique en présence de diélectrique. Vecteur déplacement électrique.</p> <p>Milieux LHI. Susceptibilité Permittivité du milieu.</p> <p>Condensateur avec diélectrique</p> <p>Diélectrique en régime variable. Courant de polarisation. Permittivité complexe.</p> <p>Puissance dissipée $p=j\mathbf{p}\cdot\mathbf{E}$</p> <p>Etude microscopique. Polarisabilité et mécanismes de polarisation.</p> <p>Modèle de Thomson (polarisabilité) et modèle de l'électron élastiquement lié.</p> <p>champ local de Lorentz - Relation de Clausius Mossotti</p> <p>Dipôles magnétiques. Potentiel vecteur magnétique A et champ magnétique créée. Actions subies par un dipole magnétique</p> <p>Etude macroscopique. Aimantation, courants équivalents, champ et potentiel-vecteur créés</p> <p>Equation locale de la magnétostatique en présence de milieux magnétiques. Vecteur excitation magnétique.</p> <p>Conditions de passage en présence de matière magnétique</p> <p>Milieux diamagnétiques, paramagnétiques et ferromagnétiques. Susceptibilité et perméabilité.</p> <p>Introduction aspects microscopiques des milieux magnétiques.</p> <p>Circuits magnétiques</p> <p>Equations de Maxwell dans le cas général des milieux matériels</p>
Contenu	<p>Cette unité d'enseignement traite de l'électromagnétisme des milieux conducteurs, diélectriques et magnétiques. L'étude détaillée des processus mis en jeu permet d'établir les équations de Maxwell dans le cas général d'un milieu matériel.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Milieux conducteurs • Milieux diélectriques (étude macroscopique et microscopique de la polarisation en régime statique, polarisation en régime variable) • Milieux magnétiques (étude macroscopique des milieux aimantés en régime statique, les divers types de milieux magnétiques) • Equations de Maxwell et aspects énergétiques dans les milieux matériels
Méthodes d'enseignement	
Langue d'enseignement	Français
Bibliographie	<p><i>Le cours de physique de Feynman, Électromagnétisme 1 et 2, R. Feynman, Hors collection, Dunod, 2013</i></p> <p><i>Electricité et magnétisme - Cours de Physique de Berkeley, volume 2, E. Purcell, Armand Colin, Paris, 1973</i></p> <p><i>Electrodynamique classique, J.D. Jackson, 3ème édition, Dunod, Paris, 2001</i></p> <p><i>Électromagnétisme, fondements et applications, J.P. Pérez, R. Carles, R. Fleckinger, Masson Sciences Dunod, 3ème édition, 1997</i></p> <p><i>Magnétisme I. Fondements et Magnétisme II. Matériaux et applications, Collection Grenoble Sciences, Presses universitaires de Grenoble, 1999</i></p>

X31P040	Physique Moderne 2
Lieu d'enseignement	Faculté des Sciences
Niveau	Licence
Semestre	5
Responsable de l'UE	GOUSSET THIERRY
Volume horaire total	TOTAL : 44h Répartition : CM : 20h TD : 20h CI : 0h TP : 0h EAD : 4h
Place de l'enseignement	

UE pré-requise(s)	
Parcours d'études comprenant l'UE	L3 Physique : Physique,L3 Physique : Physique - CMI Ingé. Nuclé. et Appli. _ CMI-INA,L3 Physique : Physique LAS3
Evaluation	
Pondération pour chaque matière	Physique Moderne 2 100%
Obtention de l'UE	
Programme	

<p>Objectifs (résultats d'apprentissage)</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Connaître le montage de l'expérience de Stern-Gerlach et expliquer son importance - Comprendre le fait que les opérateurs de moment cinétique pour $j=1/2$ (spin $1/2$) et leur représentation (matrices de Pauli) sont les opérateurs associés aux observations de l'expérience de Stern-Gerlach - Comprendre le fait que l'appareil de Stern-Gerlach peut servir de polariseur et d'analyseur - Comprendre les applications simples des appareils de Stern-Gerlach comme polariseur et analyseur - Comprendre le raisonnement qui permet de trouver la représentation de l'hamiltonien pour un moment magnétique dans un champ magnétique constant, et dans un champ magnétique tournant - Savoir trouver la solution générale de l'équation de Schroedinger pour un système à deux niveaux - Comprendre le calcul qui permet de trouver la formule de Rabi (cas général d'un système à deux niveaux) - Comprendre le calcul qui permet de trouver la solution de l'équation de Schroedinger pour un moment magnétique dans un champ magnétique tournant et le traitement particulier d'un système non-conservatif - Comprendre la signification et l'importance de la formule de Rabi - Comprendre le principe de fonctionnement de la spectroscopie RMN - Savoir trouver la solution de l'équation de Schroedinger pour un puits carré double, en tant que modèle de la molécule d'ammoniac, pour les deux niveaux les plus bas - Comprendre le raisonnement qui permet d'utiliser une matrice 2×2 comme représentation de l'hamiltonien pour la molécule d'ammoniac - Comprendre le raisonnement qui permet de déterminer la matrice 2×2 qui représente la molécule d'ammoniac (dipole électrique) dans un champ électrique - Savoir expliquer (sans équations) le principe de fonctionnement du MASER - Maîtriser le calcul formel et analytique avec des quadri-vecteurs - Savoir transformer les 4-vecteurs d'un repère à l'autre (transformation de Lorentz) - Savoir obtenir mathématiquement les formules pour la dilatation du temps, la contraction de longueur à partir d'une transformation de Lorentz - Savoir déduire la transformation de Lorentz de la condition que le produit scalaire des 4-vecteurs est conservé - Savoir identifier le centre de masse d'une collision de 2 particules - Savoir calculer la vitesse et le facteur de Lorentz du centre de masse dans un autre référentiel - Savoir calculer l'énergie dans le centre de masse selon les conditions de l'expérience de collision - Savoir calculer la cinématique de la collision de 2 particules dans le système du laboratoire et le système du centre de masse - Savoir identifier le seuil d'une réaction - Savoir calculer la quantité de mouvement et l'énergie des particules après une collision - Savoir calculer la quantité de mouvement et l'énergie des particules suite à la désintégration d'une particule - Savoir décrire certaines expériences mettant en évidence les phénomènes de quantification de l'énergie - Savoir mettre en évidence les limites de la physique classique à décrire les phénomènes microscopiques - Comprendre la démarche mathématique de Planck introduisant les quanta d'énergie - Connaître le dispositif expérimental et les mesures pertinentes mettant en évidence l'effet photoélectrique - Savoir interpréter les observations expérimentales à partir de l'équation d'Einstein - Connaître les notions de sensibilité et de rendement quantique - Définir les objectifs et comprendre le dispositif expérimental de Franck et Hertz - Savoir interpréter les observations expérimentales en termes de quantification de l'énergie - Connaître les conséquences de l'expérience de Franck et Hertz (potentiels critiques) pour mettre en évidence les états excités de l'atome - Savoir mettre en évidence de la pression de radiation - Savoir exprimer la pression de radiation d'une onde dans le cas d'un rayonnement isotrope - Savoir déduire la quantité de mouvement du rayonnement à partir de la pression de radiation - Savoir traiter la collision élastique photon-électron libre à partir des lois de conservation - Connaître la collision élastique photon-électron lié (diffusion Thomson) - Comprendre l'effet Compton - Comprendre l'effet Mossbauer - Connaître le principe de base de la spectroscopie Mossbauer - Distinguer les différents types de spectres, spectres continus, spectres de raies - Comprendre les élargissements spectraux, Doppler, naturel, collisions, etc. - Savoir décrire une expérience de résonance optique - Connaître la notion de section efficace et sa mesure expérimentale pour le cas d'un faisceau de lumière - Savoir exprimer le coefficient d'absorption linéaire - Savoir exprimer la probabilité de transition par unité de temps pour l'absorption - Connaître le coefficient d'Einstein pour l'absorption - Savoir exprimer la probabilité de transition spontanée et son coefficient d'Einstein - Savoir décrire les expériences de mesure de durée de vie d'un état excité - Connaître l'approche d'Einstein pour l'émission induite - Connaître la relation entre absorption et émission induite - Savoir écrire un bilan des trois types de transitions radiatives - Savoir faire la différence entre équilibre dynamique et équilibre thermique - Savoir retrouver les relations entre les coefficients d'Einstein à partir de la loi de Planck - Comprendre les principes physiques du fonctionnement d'un LASER - Connaître les principaux processus de pompage susceptibles de réaliser une inversion de population - Comprendre le fonctionnement des systèmes à 3 niveaux, à 4 niveaux et à transfert résonant d'énergie - Savoir décrire une cavité optique
--	---

Contenu	<ul style="list-style-type: none"> • Mécanique quantique : Systèmes à deux niveaux Expérience de Stern-Gerlach L'observable "spin 1/2" Polariseur et analyseur Spin dans un champ magnétique L'hamiltonien pour un spin dans un champ magnétique Le cas général d'un système à deux niveaux Oscillations entre états non-perturbés, encore pour le cas général Résonance magnétique Application : La molécule d'ammoniac • Relativité Cadre mathématique : quadri-vecteurs, produit scalaires, quadri-tenseurs Conséquences du fait que c est constant Dédution de la transformation de Lorentz Collisions entre particules (cinématique) Désintégration de particules Invariants relativistes Tenseur du champ électromagnétique • Physique atomique Mise en évidence des phénomènes de quantification de l'énergie (expériences et théories) • Corps noir, Loi de Planck • Effet photoélectrique • Collisions électron-atome, expérience de Franck et Hertz Quantité de mouvement du rayonnement, collisions photons-atomes • Introduction de la quantité de mouvement du rayonnement • Collision élastique de photons, effet Compton, diffusion Thomson • Collisions inélastiques de photons, effet Mossbauer
Méthodes d'enseignement	Travail en groupe en TD
Langue d'enseignement	Français
Bibliographie	

X31P050	Physique subatomique
Lieu d'enseignement	Faculté des Sciences et Techniques
Niveau	Licence
Semestre	5
Responsable de l'UE	EUDES PHILIPPE
Volume horaire total	TOTAL : 44h Répartition : CM : 16h TD : 16h CI : 0h TP : 8h EAD : 4h
Place de l'enseignement	
UE pré-requis(s)	UE de Physique Moderne UE d'Electromagnétisme 1
Parcours d'études comprenant l'UE	L3 Physique : Physique, L3 Physique : Physique - CMI Ingé. Nuclé. et Appli. _ CMI-INA, L3 Physique : Physique LAS3
Evaluation	
Pondération pour chaque matière	Physique Subatomique 1 40% Physique Subatomique 2 60%
Obtention de l'UE	
Programme	
Liste des matières	- Physique Subatomique 1 (X31P051) - Physique Subatomique 2 (X31P052)

X31P051	Physique Subatomique 1
Langue d'enseignement	Français
Lieu d'enseignement	Faculté des Sciences et Techniques

Responsable de la matière	EUDES PHILIPPE
Volume horaire total	TOTAL : 17.6h Répartition : CM : 8h TD : 8h CI : 0h TP : 0h EAD : 1.6h
Objectifs (résultats d'apprentissage)	<p>A l'issu de cet enseignement, l'étudiant sera capable :</p> <ul style="list-style-type: none"> ● D'utiliser la terminologie ainsi que les unités propres associées à la physique subatomique ● De déterminer si le cadre de calculs cinématiques est classique ou relativiste ● D'expliquer la masse et l'énergie de liaison d'un nucléide ● D'expliquer le rôle des différentes interactions fondamentales sur les limites d'existence des nucléides ● De décrire les caractéristiques de la carte N-Z des nucléides ● De discuter des hypothèses du modèle de la goutte liquide et de justifier les différents termes présents dans la formule de Bethe-Weizsäcker qui permet de déterminer l'énergie de liaison des noyaux en fonction de leur nombre de masse. ● D'utiliser la formule de Bethe-Weizsäcker pour interpréter les aspects essentiels du processus de fission ainsi que ceux des transformations isobariques. ● De mettre en œuvre, dans le cadre d'un exercice, les lois de la radioactivité dans les cas d'une décroissance radioactive simple ainsi que d'une filiation à 2 corps ● D'interpréter un schéma de niveaux simplifié d'un nucléide quelconque (type de désintégrations, période et constante radioactive, rapport d'embranchement, données énergétiques) ● De décrire le processus, l'énergétique, le schéma de désintégration ainsi que le type de spectre en énergie des particules émises pour les 4 modes de désintégrations radioactives bêta+, bêta-, capture électronique et émission alpha
Contenu	<p>0 - Introduction : Les dessous de la Matière...</p> <p>I - Quelques aspects préliminaires de la physique nucléaire</p> <p>1 - Nomenclature associée aux nucléides</p> <p>2 - Constantes et unités de la physique subatomique</p> <p>3 - Masse et rayon approximatifs du noyau</p> <p>4 - Description classique ou relativiste d'une désintégration/réaction nucléaire ?</p> <p>II - Propriétés générales du noyau et modèle de la goutte liquide</p> <p>1 - Les 4 interactions fondamentales et leur rôle en physique subatomique</p> <p>2 - Instabilité/Stabilité des noyaux</p> <p>3 - Masse des noyaux, énergie de liaison et énergie de séparation</p> <p>4 - Les états excités du noyau</p> <p>5 - La grandeur Q d'une désintégration nucléaire</p> <p>6 - Q d'une réaction nucléaire</p> <p>7 - Modèle de la goutte liquide et formule de Bethe-Weizsäcker</p> <ul style="list-style-type: none"> • Hypothèses de base du modèle de la goutte liquide • Energie de liaison, formule de Bethe-Weizsäcker • Détermination des coefficients <p>7 - Applications</p> <ul style="list-style-type: none"> • Détermination de l'isobare le plus stable • Fission (TD) <p>III - Loi de la radioactivité</p> <p>1 - Rapide historique</p> <p>2 - Décroissance radioactive simple</p> <ul style="list-style-type: none"> • Constante radioactive • Loi de désintégration • Période et durée de vie moyenne - Mesures associées • Activité <p>3 - Décroissance radioactive associée à plusieurs modes de désintégration</p> <ul style="list-style-type: none"> • Constante radioactive partielle • Rapport d'embranchement <p>4 - Filiation radioactive</p> <ul style="list-style-type: none"> • Cas général des filiations à 2 corps (seul le noyau parent est présent à $t=0$) • Cas particuliers (équilibre de régime, équilibre séculaire) • Les familles radioactives naturelles <p>IV - Les principaux modes de désintégration radioactive</p> <p>1 - Mode de désintégration et interactions fondamentales</p> <p>Processus, énergétique, schéma de désintégration, spectre en énergie des particules émises dans le cas de :</p> <p>2 - La radioactivité bêta moins</p> <p>3 - La radioactivité bêta plus</p> <p>4 - La capture électronique CE</p> <p>5 - La désintégration alpha - Loi de Geiger-Nuttal</p>
Méthodes d'enseignement	<ul style="list-style-type: none"> • 8 Heures de Cours Magistral classique • 8 H de TD pour des mises en application des contenus du cours
Bibliographie	

X31P052	Physique Subatomique 2
Langue d'enseignement	Français

Lieu d'enseignement	
Responsable de la matière	
Volume horaire total	TOTAL : 26.4h Répartition : CM : 8h TD : 8h CI : 0h TP : 8h EAD : 2.4h
Objectifs (résultats d'apprentissage)	<p>A l'issu de cet enseignement, l'étudiant sera capable :</p> <ul style="list-style-type: none"> ● De discuter du pouvoir de résolution d'un projectile selon sa nature et son énergie ● De calculer, dans le cadre d'un exercice faisant intervenir la collision entre un projectile et une cible, les caractéristiques cinématiques d'un choc élastique ou inélastique à deux corps en voie de sortie en adoptant un formalisme classique, dans le référentiel du laboratoire. ● De calculer, dans le cadre d'un exercice, les sections efficaces totale, partielle et/ou différentielle lors de collisions nucléaires faisant intervenir une cible mince ou une cible épaisse ● D'expliquer le dispositif expérimental et le principe de l'expérience de Rutherford ● De schématiser la trajectoire d'une particule type alpha sur un noyau lourd en identifiant tous les paramètres caractéristiques sur cette trajectoire de diffusion coulombienne (coordonnées polaires, paramètre d'impact, plus petite distance d'approche, angle de diffusion) ● D'établir l'expression de la section efficace différentielle de Rutherford ● Expliquer comment varie la section efficace différentielle de Rutherford en fonction de l'angle de diffusion, de l'énergie incidente, de la taille de la cible ● De discuter, pour un couple projectile-cible donné et une énergie fixée, de la possibilité d'observer des réactions nucléaires ou de la diffusion purement coulombienne. ● D'appliquer les résultats de la diffusion de Rutherford traitée en termes de trajectoires classiques pour déduire une valeur approximative du rayon du noyau cible ● D'expliquer comment, avec l'analogie optique, on peut interpréter une expérience de diffusion sur une cible pour des projectiles différents (neutrons, alphas, protons et électrons) et déduire une valeur du rayon du noyau cible. ● De décrire la forme de la distribution de charge des noyaux déduite des expériences de diffusion d'électrons ainsi que les paramètres qui la caractérisent ● De traiter différentes réactions nucléaires, notamment, celles visant à produire des radioéléments (activation d'un matériau)

Contenu	<p>Physique Subatomique 2</p> <p>0 - Introduction</p> <ol style="list-style-type: none"> 1 - Nécessité des collisions 2 - Pouvoir de résolution des projectiles - Longueur d'onde associée <p>I - Théorie de la radioactivité α</p> <ol style="list-style-type: none"> 1 - Pourquoi émettre un α 2 - Systématique des émetteurs α 3 - Modèle quantique de l'émission α <ol style="list-style-type: none"> 3.1 Contexte général 3.2 Effet tunnel en MQ : cas d'une barrière rectangulaire 3.3 Effet tunnel en MQ : cas d'une barrière quelconque 3.4 Estimation de la période de désintégration <p>II - Cinématique classique des collisions dans le Laboratoire</p> <ol style="list-style-type: none"> 1 - Nomenclature des différents types de réaction 2 - Les lois de conservation(1) 3 - Cas général d'une réaction à n corps en voie de sortie 4 - Cas des réactions à deux corps en voie de sortie : mise en équation du problème 5 - Application aux chocs élastiques (particules différentes et particules identiques) et inélastiques 6 - Notion d'énergie cinétique seuil <p>III - Probabilité d'interaction et section efficace</p> <ol style="list-style-type: none"> 1 - Surface effective d'interaction - Unités 2 - Portée de l'interaction et section efficace associée : approche qualitative Modèle des sphères dures et interaction forte (neutrons rapides) Diffusion coulombienne et interaction EM (alphas) 3 - Mesure d'une section efficace Cas d'une cible mince Cas d'une cible épaisse 4 - Section efficace totale et partielle 5 - Mesure d'une section efficace différentielle <p>IV - Diffusion de Rutherford : expérience historique, résultats et analyse</p> <ol style="list-style-type: none"> 1 - Description de l'expérience 2 - Hypothèses et résultats 3 - Equation de la trajectoire et paramètres de la diffusion Angle de diffusion Paramètre d'impact Distance minimum d'approche 4 - Plus petite distance minimum d'approche 5 - Formule de la section efficace différentielle de Rutherford 6 - Analyse de cette formule (lien avec le TP de L3) Dépendance en angle Dépendance en énergie Dépendance en masse de cible 7 - Quand la diffusion cesse d'être purement coulombienne... 8 - Limites de cette approche : aspects ondulatoires O + Ca <p>V - Dimension des noyaux et densité nucléaire</p> <ol style="list-style-type: none"> 1 - Détermination grossière du rayon du noyau avec Rutherford 2 - La sonde et sa longueur d'onde : aspects ondulatoires Analogie optique Diffusion n + Noyau Diffusion p + Noyau Diffusion électron + Noyau 3 - Densité nucléaire 4 - Forme des noyaux
Méthodes d'enseignement	<ul style="list-style-type: none"> • 8 Heures de Cours Magistral classique • 8 H de TD avec mise en application des contenus du cours • 8 H de TP
Bibliographie	

X31P060	Mécanique analytique
Lieu d'enseignement	
Niveau	Licence
Semestre	5
Responsable de l'UE	SAMI TAKLIT
Volume horaire total	TOTAL : 19.8h Répartition : CM : 8h TD : 10h CI : 0h TP : 0h EAD : 1.8h
Place de l'enseignement	
UE pré-requis(s)	

Parcours d'études comprenant l'UE	L3 Physique : Physique, L3 Physique : Physique - CMI Ingé. Nuclé. et Appli. _ CMI-INA, L3 Physique : Physique LAS3
Evaluation	
Pondération pour chaque matière	Mécanique analytique 100%
Obtention de l'UE	
Programme	
Objectifs (résultats d'apprentissage)	<ul style="list-style-type: none"> • Avoir bien compris le sens des contraintes, et savoir ce que sont les degrés de liberté et les coordonnées généralisées. Avoir bien saisi le sens des variations et la différence avec les différentielles... • Bien comprendre le sens du principe de moindre action et la démonstration pour arriver aux équations de Lagrange. En particulier, l'importance d'avoir des coordonnées généralisées. Comprendre le sens des moments généralisés associés aux coordonnées généralisées. Bien saisir le lien entre les coordonnées cycliques et les conservations des moments associés • Bien comprendre le lien entre les symétries de l'espace temps et les lois de conservation de l'énergie, du moment linéaire et du moment angulaire. Savoir refaire les démonstrations. Bien saisir et savoir déterminer si nécessaire le lien entre les symétries particulières d'un système physique et les grandeurs associées qui sont conservées • Savoir ce qu'est l'espace des phases. Savoir déterminer le Hamiltonien. Comprendre l'importance du formalisme Hamiltonien et sa puissance... Connaître les Crochets de Poisson et le lien avec le Hamiltonien • Illustration de l'importance de l'indétermination du Lagrangien en utilisant les champs... Bien comprendre aussi que le Lagrangien ou le Hamiltonien peuvent également utiliser des champs comme variables • Comprendre l'importance de l'utilisation des symétries d'un problème pour simplifier sa résolution • Bien comprendre le sens des multiplicateurs de Lagrange. Bien comprendre les raisons de ce type de calculs. Savoir déterminer les équations de Lagrange sous contraintes avec introduction des multiplicateurs de Lagrange, en saisissant la différence avec le cas où ce sont des coordonnées généralisées. • Comprendre la procédure de quantification et mise en lumière de l'importance du formalisme Hamiltonien. Lien entre le formalisme classique et le formalisme quantique

Contenu	<p>Bases de la Mécanique Analytique (Physique Lagrangienne et Hamiltonienne)</p> <p>I) Introduction : Brefs « rappels » d'ingrédients mathématiques incontournables : - Dérivées partielles, dérivée totale par rapport au temps, différentielles, variations ... - Variables, Contraintes : contraintes holonomes et non holonomes, degrés de liberté et coordonnées généralisées, espace de configuration</p> <p>II) Action et principe de moindre action et équations de Lagrange - Définitions, (fonction Lagrangien, Fonctionnelle d'action), énoncé du principe de moindre action, illustration du principe, liens et différences entre la mécanique classique et la mécanique quantique - Détermination des équations de Lagrange à partir du principe de moindre action. - Propriétés des équations de Lagrange (linéarité, « indétermination » du Lagrangien...) - Moments généralisés, variables cycliques et conséquences (constantes du mouvement liées aux variables cycliques)</p> <p>III) Symétries et lois de conservation Dans cette partie, on part des symétries du temps et de l'espace et on déduit les lois de conservation associées : - Homogénéité du temps et conservation de l'énergie - Homogénéité de l'espace et conservation du moment linéaire - Isotropie de l'espace et conservation du moment angulaire - Symétries particulières d'un système physique et lois de conservation associées Comme applications et exercices, la recherche des contraintes, puis des coordonnées généralisées les plus pertinentes. Identifier les constantes du mouvement quand il y en a...</p> <p>IV) Formalisme Hamiltonien et applications - Espace des phases, détermination de l'Hamiltonien - Détermination des équations de Hamilton - Crochets de Poisson : Définition, propriétés (linéarité, antisymétrie...), liens avec H, importance dans l'espace des phases... Comme applications et exercices, la recherche des contraintes, puis des coordonnées généralisées les plus pertinentes. Identifier les constantes du mouvement quand il y en a... Ecriture du Hamiltonien, simplification du traitement dans certains cas, etc... Calcul de certains crochets de Poisson caractéristiques, liens avec les commutateurs quantiques des opérateurs pour les mêmes grandeurs physiques (par exemple les composantes du moment angulaire etc...) Exos et applications permettant de regrouper les traitements en Lagrangien puis Hamiltonien et permettant de comparer les 2 formalismes</p> <p>V) Application à une particule chargée dans un champ électromagnétique - Détermination du Lagrangien d'une particule dans un champ électromagnétique, en fonction des champs scalaire et vecteur. Dans cette partie, utilisation de l'invariance du lagrangien (ou indétermination du Lagrangien déterminée auparavant... jauge). - Détermination du Hamiltonien</p> <p>VI) Application du formalisme Hamiltonien au problème à potentiel central - Traitement général du pb à potentiel central sans contrainte. Détermination du Lagrangien, utilisation des symétries du pb. Constantes du mouvement. Ecriture du Hamiltonien et réduction à un degré de liberté, potentiel effectif (application de l'utilisation d'une symétrie particulière..)</p> <p>VII) Quantification de l'OH à une dimension - Lagrangien, Hamiltonien, crochets de Poisson de fonctions déterminées... - Procédure de quantification, écriture en seconde quantification de H, passage du crochet au commutateur - Détermination de l'effet des opérateurs de création et d'annihilation (d'un quanta d'énergie), sens physique...</p> <p>VIII) Calcul sous contraintes non holonomes, multiplicateurs de Lagrange - Principe de moindre action et détermination des équations dans le cas de coordonnées non généralisées, introduction et définition des multiplicateurs de Lagrange. - Equations de Lagrange généralisées (sous contraintes) - Application qui sert à se familiariser avec le calcul et à déterminer le sens physique des multiplicateurs dans certains cas</p>
Méthodes d'enseignement	
Langue d'enseignement	Français
Bibliographie	

X31T040	Ouverture professionnelle - Physique
Lieu d'enseignement	
Niveau	Licence
Semestre	5
Responsable de l'UE	PERCEVAUX MARIE-CHRISTINE
Volume horaire total	TOTAL : 17.6h Répartition : CM : 0h TD : 16h CI : 0h TP : 0h EAD : 1.6h

Place de l'enseignement	
UE pré-requis(s)	L'UE 'Découverte et connaissance du monde du travail - Communication professionnelle' est en continuité de l'UE 'Projet Professionnel de l'Etudiant', en permettant à l'étudiant de mettre à jour ses compétences et de poursuivre sa réflexion sur son projet professionnel, initiées en Licence 2. Les étudiants arrivant d'autres facultés et n'ayant pas bénéficié d'un enseignement en lien avec la construction de leur projet professionnel auront un accompagnement spécifique pour avoir tous les éléments nécessaires à la réflexion.
Parcours d'études comprenant l'UE	L3 Physique : Physique, L3 Physique : Mécanique, L3 Physique : Physique - CMI Ingé. Nuclé. et Appli. _ CMI-INA, L3 Physique : Physique LAS3, L3 Physique : Mécanique - CMI Ingé. Calcul Méca. _ CMI-ICM
Evaluation	
Pondération pour chaque matière	Ouverture professionnelle - Physique 100%
Obtention de l'UE	
Programme	
Objectifs (résultats d'apprentissage)	<p>Projet Professionnel : recherche de stage et poursuite d'études</p> <p>A l'issue de cette UE, l'étudiant saura :</p> <ul style="list-style-type: none"> - optimiser sa méthodologie de recherche de stage - décrypter une offre de stage - réactualiser ses compétences et remettre son CV à jour - le fonctionnement des réseaux sociaux professionnels et créer son profil - utiliser les services de l'université pour ses recherches de stage ou d'emploi. <p>Découverte et connaissance du monde du travail</p> <p>A l'issue de cette UE, l'étudiant aura :</p> <ul style="list-style-type: none"> - travaillé en équipe sur les différentes structures et organisations possibles rencontrées dans le monde du travail (statut juridique, services, organigramme, taille, valeurs, partenaires..) - étudié une structure en particulier, en lien avec son projet professionnel - par le biais d'un jeu de rôle, pris conscience du rôle des différents services (RH, marketing, commercial,...) d'une structure dans le développement et le déploiement d'un projet - connaissance de ses droits et devoirs en tant que stagiaire et aura travaillé sur sa manière de s'intégrer et de s'adapter dans un nouveau milieu professionnel - connaissance de ce qu'est l'entrepreneuriat et des dispositifs en lien à l'université <p>Communication</p> <p>Au terme de l'UE 'Ouverture Professionnelle', l'étudiant connaîtra :</p> <ul style="list-style-type: none"> - les principes fondamentaux de la communication systémique et interpersonnelle, utiles pour communiquer en milieu professionnel - la manière d'exprimer un message clair, précis, bienveillant, à la reformulation et à l'expression d'un feedback
Contenu	<p>L'enseignement de cette UE est réparti comme suit :</p> <p>1. Des séances de TD permettant de travailler en mode projet sur la recherche de stage et la communication orale : méthodologie, CV, lettre de motivation, utilisation du réseau professionnel LinkedIn, de l'outil CareerCenter et certains réseaux pour les scientifiques tels que Researchgate.</p> <p>2. Des séances de TD permettant de vivre et de comprendre le fonctionnement d'une structure professionnelle. Ces séances permettront également à l'étudiant de réfléchir à son positionnement en tant que stagiaire dans un environnement professionnel.</p> <p>2h40 : TD 1 : Méthodologie de recherche de stage : réflexion sur les objectifs pour ce stage, construction des différentes étapes de la recherche, décryptage d'une offre, mise à jour des compétences, du CV et personnalisation de la lettre de motivation.</p> <p>1h20 : TD 2 : Outils de recherche de stage : CareerCenter, LinkedIn : présentation et temps pour remplir son profil.</p> <p>2h40 : TD 3 : Communication orale : les fondamentaux de la communication, le non verbal, comment construire une présentation professionnelle pour se présenter à un recruteur (pitch), adopter une posture professionnelle.</p> <p>4h00 : TD 4 : Simulations d'entretiens en sous-groupes autonomes et présentation du pitch (évaluation).</p> <p>4h00 : TD 5 : Les différentes structures et organisations possibles dans le monde du travail / Droits et devoirs du stagiaire.</p> <p>1h20 : TD 6 : L'après licence : en sous-groupes, argumentation de ses perspectives post-licence.</p> <p>Enseignement en distanciel</p> <p>Avant certaines séances de TD (TD1, TD2, TD3, TD5), un enseignement en distanciel sera proposé aux étudiants :</p> <p>Outils de mise en réflexion sur les objectifs du stage recherchés ;</p> <p>Documents à lire de façon à pouvoir les mettre en œuvre autour de la méthodologie de recherche de stage ;</p> <p>Power points à visionner sur les outils Career Center et LinkedIn ;</p> <p>Vidéos à visionner sur les différentes organisations et types de métiers exercés dans une organisation ;</p> <p>Quizz à réaliser sur les droits et devoirs du stagiaire.</p>

Méthodes d'enseignement	<ul style="list-style-type: none"> • Travaux en groupe de TD et en sous-groupe (par 3 ou par 6). • Mise à disposition d'outils de réflexion personnelle et de sources d'information. • Pédagogie inversée : réflexion individuelle à partir de supports. de réflexion et restitution en groupe, présentations orales faites par les étudiants. Autoévaluation et prise de conscience des apprentissages réalisés.
Langue d'enseignement	Français
Bibliographie	Site CareerCenter : http://univ-nantes.jobteaser.com/fr/backend Lien LinkedIn : https://fr.linkedin.com/ Lien ResearchGate : https://www.researchgate.net/

X31P090	Physique des Matériaux
Lieu d'enseignement	Nantes
Niveau	Licence
Semestre	5
Responsable de l'UE	BAYLE MAXIME
Volume horaire total	TOTAL : 24h Répartition : CM : 8h TD : 13.33h CI : 0h TP : 0h EAD : 2.67h
Place de l'enseignement	
UE pré-requise(s)	
Parcours d'études comprenant l'UE	L3 Physique : Physique, L3 Physique : Physique - CMI Ingé. Nuclé. et Appli. _ CMI-INA, L3 Physique : Physique / mineure Enseigner à l'Ecole Primaire _ EEP, L3 Physique : Physique LAS3
Evaluation	
Pondération pour chaque matière	Physique des Matériaux 100%
Obtention de l'UE	Contrôle continu et examen écrits
Programme	
Objectifs (résultats d'apprentissage)	A l'issue de cet UE, l'étudiant sera capable de : <ul style="list-style-type: none"> • distinguer les différentes familles de matériaux et connaître leurs principales propriétés • appréhender certaines propriétés macroscopiques selon la nature des liaisons • décrire l'organisation des atomes dans un solide à l'aide de la géométrie • connaître la microstructure de matériaux simples via les diagrammes de phases • déterminer certaines propriétés mécaniques, électriques et optiques d'un matériau.
Contenu	Le contenu de cet enseignement est le suivant : Introduction Chapitre 1. Les familles de matériaux <ul style="list-style-type: none"> • Les liaisons (covalente, ionique, métallique, faibles) ; lien avec l'atomistique • Potentiel de Lennhard-Jones • Principales caractéristiques physiques et physico-chimiques des familles de matériaux (métaux, céramiques, polymères, composites, matériaux naturels) Chapitre 2. Structure des matériaux solides <ul style="list-style-type: none"> • Structure cristalline (espace direct) • Les réseaux de Bravais à 2D et 3D Chapitre 3. Phases et diagrammes de phases <ul style="list-style-type: none"> • Rappel et exploitation des notions vues sur les diagrammes d'équilibre en L2 • Exemples d'applications à des matériaux d'intérêt Chapitre 4. Propriétés mécaniques : quelques notions <ul style="list-style-type: none"> • Module d'Young, module de cisaillement, notion d'élasticité et de plasticité • Comparaison des modules d'élasticité par famille de matériaux, ordre de grandeur... Chapitre 5. Propriétés électriques, thermiques et optiques : une première approche. <ul style="list-style-type: none"> • Modèle de l'électron libre classique (modèle de Drude, ses succès, ses limites/échecs) Chapitre 6. Choix des matériaux pour une application donnée <ul style="list-style-type: none"> • Introduction au choix des matériaux - Cahier des charges • TP (utilisation du logiciel Granta (CES Edupack)) : (i) prise en main du logiciel - application à un système « simple » (matériau de structure) (ii) application à un système avec fonctionnalité électrique/optique. Conclusion
Méthodes d'enseignement	
Langue d'enseignement	Français

Bibliographie	Matériaux. Tome 1, Propriétés, applications et conception et Tome 2, Microstructures, mise en œuvre et conception, 4ème édition, DUNOD 2014, de Michael F. Ashby et David R.H. Jones. Traité des Matériaux, volume 1: Introduction à la Science des Matériaux, J.P. Mercier, G. Zambelli, W. Kurz, Presses polytechniques et universitaires romandes 3ème édition, 2002 Traité des Matériaux, volume 20: Sélection des matériaux et des procédés de mise en œuvre, M. Ashby, Y. Bréchet, L. Salvo, Presses polytechniques et universitaires romandes 1ère édition, 2001 Des Matériaux, 3ème édition, J.P. Bailon, J.M. Dorlot, Presses internationales Polytechnique Matière et Matériaux (de quoi est fait le monde ?), Bibliothèque scientifique, Edition Belin, 2010
---------------	---

XLG5TU200	Stage libre
Lieu d'enseignement	
Niveau	Licence
Semestre	5
Responsable de l'UE	
Volume horaire total	TOTAL : 0h Répartition : CM : 0h TD : 0h CI : 0h TP : 0h EAD : 0h
Place de l'enseignement	
UE pré-requis(s)	
Parcours d'études comprenant l'UE	L3 Chimie : Chimie / mineure Chimie Avancée, L3 Chimie : Chimie Biologie, L3 Chimie : Chimie-Physique DOUBLE DIPLOME, L3 Chimie : Chimie /mineure Enseigner à l'Ecole Primaire EEP, L3 Physique : Mécanique - CMI Ingé. Calcul Méca. _ CMI-ICM, L3 Physique : Physique - CMI Ingé. Nuclé. et Appli. _ CMI-INA, L3 Maths : Maths / mineure CMI Ingénierie Statistique _ CMI-IS, L3 Info : Maths Info / mineure CMI OPTIM, L3 SPI : Electronique, Energie Electrique, Automatique _ EEA, 2025 L3 SPI Génie Civil, L3 Info : Informatique / mineure Informatique, L3 Maths : Maths Economie, L3 Info : Maths Info / mineure Maths Info, L3 Maths : Maths / mineure Maths, L3 Info : MIAGE - CLASSIQUE, L3 Physique : Physique, L3 Physique : Physique / mineure Enseigner à l'Ecole Primaire _ EEP, L3 Physique : Physique-Chimie DOUBLE DIPLOME, L3 Physique : Mécanique, L3 SV : Advanced Biology Training ABT, L3 SV : Biologie Cellulaire et Moléculaire BCM, L3 SV : Biologie Cellulaire et Physiologie Animale BCPA, L3 SV : Sciences du Végétal et de l'Aliment SVA / mineure SVA, L3 SV : Sciences du Végétal et de l'Aliment SVA / mineure Enseigner à l'Ecole Primaire EEP, L3 SV : Biologie Cellulaire Véro Agro BCVA, L3 SVT : Biologie Écologie _ BE, L3 SVT : Biologie, Géologie, Environnement BGE / mineure Enseigner à l'Ecole Primaire _ EEP, L3 SVT : Biologie, Géologie, Environnement BGE / mineure Enseigner les SVT, L3 SVT : Biologie, Géologie, Environnement BGE / mineure Environnement, L3 SVT : Sciences de la Terre et de l'Univiers STU, L3 SV : Sciences du Végétal et de l'Aliment LAS3, L3 SVT : Biologie Écologie _ BE LAS3, L3 Chimie : Chimie / mineure Chimie Avancée LAS3, L3 Physique : Physique LAS3, L3 Maths : Maths / mineure Maths LAS3, L3 Info : Informatique / mineure Informatique LAS3, 2025 L3 SPI EEA, 2025 L3 SVT Biologie Ecologie, 2025 L3 SVT Enseigner les SVT, 2025 L3 SVT Géosciences, 2025 L3 SVT LAS 3 Biologie Ecologie, 2025 L3 SVT Sciences de l'environnement, 2025 L3 INFO Informatique, 2025 L3 INFO Informatique mathématiques, 2025 L3 INFO option santé (L.AS 3), 2025 L3SV : Biologie Cellulaire et Physiologie Animale, 2025 L3SV : Sciences du Végétal et de l'Aliment, 2025 L3SV : Biologie Vétérinaire Agronomie, 2025 L3SV : Biologie Cellulaire et Moléculaire, 2025 L3SV : Advanced Biology Training, 2025 L3SV : Licence SV Accès Santé - LAS3 - , 2025 L3 INFO CMI OPT/IM, 2025 L3SV ABT S5 100% Anglais, 2025 L3 MIASHS - parcours economie, 2025 L3 Mathématiques, 2025 L3 Maths L.AS Maths, 2025 L3 MATHS CMI IS, 2025 L3 Physique Chimie, 2025 L3 Chimie, 2025 L3 Chimie option Santé, 2025 L3 Chimie-Biologie, 2025 L3 Physique - CMI INA, 2025 L3 Physique, 2025 L3 Mécanique - CMI ICM, 2025 L3 Mécanique, 2025 L3 Physique OPTION SANTE, L3 SPI Génie Civil, L3 SPI Génie Civil option SANTE, 2025 L3 SPI Génie Civil option SANTE, 2025 L3 SPI EEA option Santé
Evaluation	
Pondération pour chaque matière	Stage libre 100%
Obtention de l'UE	
Programme	
Objectifs (résultats d'apprentissage)	
Contenu	
Méthodes d'enseignement	
Langue d'enseignement	Français
Bibliographie	

X32A040	Anglais Professionnel Physique
Lieu d'enseignement	UFR Sciences
Niveau	Licence
Semestre	6
Responsable de l'UE	
Volume horaire total	TOTAL : 16h Répartition : CM : 0h TD : 16h CI : 0h TP : 0h EAD : 0h
Place de l'enseignement	
UE pré-requis(s)	Anglais 3 et 4, ou équivalent.
Parcours d'études comprenant l'UE	L3 Physique : Physique, L3 Physique : Mécanique, L3 Physique : Physique - CMI Ingé. Nuclé. et Appli. _ CMI-INA, L3 Physique : Physique / mineure Enseigner à l'École Primaire _ EEP, L3 Physique : Physique LAS3, L3 Physique : Mécanique - CMI Ingé. Calcul Méca. _ CMI-ICM, 2025 L3 Physique - CMI INA, 2025 L3 Mécanique - CMI ICM, 2025 L3 Physique, 2025 L3 Mécanique, 2025 L3 Physique OPTION SANTE
Evaluation	
Pondération pour chaque matière	Anglais Professionnel Physique 100%
Obtention de l'UE	The module will be assessed through <ul style="list-style-type: none"> • an in-class test (listening comprehension) • your project work
Programme	
Objectifs (résultats d'apprentissage)	À l'issue de cet enseignement, l'étudiant-e sera capable de : <ol style="list-style-type: none"> 1. réaliser un rapport dans le cadre d'un projet de groupe impliquant une mise en situation dans un contexte professionnel simulé 2. rédiger un texte dans un anglais clair et grammaticalement approprié au contexte, dans le cadre d'un projet de groupe 3. faire une présentation orale s'appuyant sur le travail de groupe préparé dans le rapport écrit, en s'exprimant dans un anglais clair et phonologiquement approprié et en communiquant avec un degré d'aisance et de spontanéité qui rende possible une interaction normale avec un locuteur natif, sans recours excessif aux notes 4. utiliser des outils de présentation adaptés à la situation de communication 5. répondre à des questions de compréhension sur des documents audio authentiques
Contenu	<ol style="list-style-type: none"> 1. Développement du vocabulaire utilisé en anglais professionnel (vocabulaire susceptible d'être utilisé dans les tests TOEIC) 2. Discussion des spécificités des CV aux États-Unis et en Grande-Bretagne 3. Contenu d'une lettre de motivation 4. Déroulement d'un entretien d'embauche 5. Vocabulaire utilisé lors des communications téléphoniques 6. Pratique de l'oral en contexte 7. Sensibilisation au système phonologique de l'anglais pour améliorer la prise de parole des étudiant-e-s
Méthodes d'enseignement	Mixte
Langue d'enseignement	Anglais
Bibliographie	Aucun ouvrage obligatoire

X32P010	Thermodynamique 3
Lieu d'enseignement	
Niveau	Licence
Semestre	6
Responsable de l'UE	RENOUD RAPHAEL
Volume horaire total	TOTAL : 46.2h Répartition : CM : 20h TD : 22h CI : 0h TP : 0h EAD : 4.2h

Place de l'enseignement	
UE pré-requise(s)	s2-phy- Thermodynamique 1 s3-phy- Thermodynamique 2
Parcours d'études comprenant l'UE	L3 Physique : Physique, L3 Physique : Physique - CMI Ingé. Nuclé. et Appli. _ CMI-INA, L3 Physique : Physique / mineure Enseigner à l'Ecole Primaire _ EEP, L3 Physique : Physique-Chimie DOUBLE DIPLOME, L3 Physique : Physique LAS3
Evaluation	
Pondération pour chaque matière	Thermodynamique des systèmes physiques et approche statistique 75% Thermodynamique: Compléments de Physique Statistique 25%
Obtention de l'UE	
Programme	
Liste des matières	- Thermodynamique des systèmes physiques et approche statistique (X32P011) - Thermodynamique: Compléments de Physique Statistique (X32P012)

X32P011	Thermodynamique des systèmes physiques et approche statistique
Langue d'enseignement	Français
Lieu d'enseignement	
Responsable de la matière	
Volume horaire total	TOTAL : 35.2h Répartition : CM : 16h TD : 16h CI : 0h TP : 0h EAD : 3.2h

Objectifs (résultats d'apprentissage)

1. Les différentes formes d'énergie - L'entropie

- Connaître les différentes formes d'énergies mécaniques d'un système.
- Connaître les différentes contributions à l'énergie interne.
- Connaître le travail de polarisation d'un diélectrique et celui d'aimantation d'un milieu magnétique.
- Connaître les différents modes de transmission de l'énergie (travail, chaleur, écoulement).
- Savoir réaliser un bilan d'énergie (premier principe de la thermodynamique).
- Comprendre ce que représente un rendement énergétique.
- Comprendre la source des irréversibilités.
- Connaître l'inégalité de Clausius.
- Connaître le second principe de la thermodynamique.
- Savoir réaliser un bilan entropique.

2. Les transferts de chaleur

- Savoir ce que représente un flux de chaleur.
- Savoir réaliser un bilan d'énergie thermique.
- Connaître les trois processus physique permettant les transferts de chaleur.
- Connaître la loi de Fourier pour la conduction thermique.
- Connaître la loi de Newton pour la convection thermique.
- Connaître la loi de Stefan pour le rayonnement thermique.
- Savoir établir l'équation de la chaleur à partir d'un bilan d'énergie thermique dans le cas d'un système stationnaire.
- Savoir appliquer l'équation de la chaleur en régime stationnaire dans le cas d'un mur, d'un cylindre, d'une ailette.
- Comprendre la notion de résistance thermique.

3. Le formalisme de la thermodynamique macroscopique

- Comprendre le rôle joué par les variables d'état, les fonctions d'état et l'équation d'état dans un problème de thermodynamique.
- Savoir ce que représente la variance d'un système thermodynamique.
- Comprendre le lien entre différentielle totale et variable d'état.
- Connaître le critère de Cauchy concernant les formes différentielles totales.
- Savoir mettre en pratique ce critère.
- Savoir exprimer une équation d'état en utilisant les dérivées partielles des fonctions d'états.
- Connaître la relation de réciprocité et la relation cyclique dans le cas d'un système divariant.
- Savoir sous quelle forme différentielle s'exprime les variables d'échange.
- Savoir exprimer l'énergie interne et l'entropie sous forme différentielle.
- Savoir ce que sont des variables conjuguées.
- Savoir ce qu'est une transformation de Legendre.
- Connaître l'expression sous forme différentielle des fonctions thermodynamiques généralisées (enthalpie, énergie libre, enthalpie libre).
- Comprendre l'intérêt d'utiliser les fonctions thermodynamiques.
- Connaître ou savoir retrouver les relations de Maxwell.
- Connaître les relations d'Helmholtz et de Gibbs.
- Connaître ou savoir retrouver les expressions des coefficients calorimétriques et la relation de Mayer.
- Comprendre la nécessité de disposer d'éléments externes au formalisme de la thermodynamique macroscopique.

4. Les potentiels thermodynamiques

- Comprendre ce que représente un potentiel thermodynamique.
- Connaître le potentiel thermodynamique d'un système isolé, en contact monotherme, ou en évolution monobare.
- Comprendre le rôle de l'enthalpie libre généralisée comme potentiel thermodynamique.
- Savoir déterminer le travail utile que peut fournir ou recevoir un système thermodynamique.
- Comprendre le comportement d'un système thermodynamique au voisinage de l'équilibre et les conséquences entraînées sur les grandeurs thermodynamiques.
- Savoir ce que représente l'exergie.
- Comprendre ce que représente l'état de point mort.
- Comprendre ce que représentent les exergies fournies, récupérées et détruites.
- Savoir réaliser un bilan exergétique.

5. Cinétique des gaz - Statistiques classique et quantique.

- Comprendre ce que représente la vitesse quadratique moyenne.
- Savoir déterminer la pression cinétique d'un gaz parfait.
- Savoir relier l'énergie interne d'un gaz parfait à l'énergie thermique.
- Etre capable de suivre le calcul de la distribution des vitesses de Maxwell.
- Connaître la loi de distribution des vitesses de Maxwell.
- Comprendre ce que représente la notion statistique de complexions.
- Etre capable de suivre le calcul de la loi de probabilité de Boltzmann dans le cas d'un ensemble micro-canonique.
- Comprendre ce que représente la fonction de partition.
- Comprendre le lien entre l'entropie et la probabilité de réaliser un état macroscopique.
- Connaître et savoir utiliser la loi de probabilité de Boltzmann.
- Etre capable de suivre le calcul des lois de probabilité quantiques de Bose-Einstein et de Fermi-Dirac.
- Connaître et savoir utiliser les lois de probabilité de Bose-Einstein et de Fermi-Dirac.
- Connaître les propriétés d'un gaz de photons.

6. Les propriétés thermodynamiques des solides

- Connaître quelques équations d'état s'appliquant aux solides.
- Connaître la loi de Dulong-Petit.
- Comprendre l'origine de la capacité thermique des solides.
- Connaître les fonctions thermodynamiques d'un milieu diélectrique.
- Connaître la définition de la permittivité diélectrique.
- Comprendre ce que représente l'énergie propre d'un diélectrique.
- Connaître les fonctions thermodynamiques d'un milieu magnétique.
- Connaître la définition de la susceptibilité magnétique.
- Comprendre ce que représente l'énergie propre d'un milieu magnétique.
- Savoir exprimer les fonctions thermodynamiques d'un solide présentant des couplages entre les propriétés thermiques et/ou diélectriques et/ou magnétiques et/ou élastiques.
- Savoir exprimer les coefficients de couplage.

Contenu	1. Les différentes formes d'énergie - L'entropie 2. Les transferts de chaleur 3. Le formalisme de la thermodynamique macroscopique 4. Les potentiels thermodynamiques 5. Cinétique des gaz - Statistiques classique et quantique. 6. Les propriétés thermodynamiques des solides
Méthodes d'enseignement	Cours magistral - Travaux dirigés
Bibliographie	J.-P. Pérez "Thermodynamique : Fondements et applications" Dunod (3ème édition 2001) ISBN-13: 978-2100055548 B. Diu, C. Guthmann, D. Lederer, B. Roulet "Thermodynamique" (2007) ISBN-13: 978-2705666866

X32P012	Thermodynamique: Compléments de Physique Statistique
Langue d'enseignement	Français
Lieu d'enseignement	
Responsable de la matière	
Volume horaire total	TOTAL : 11h Répartition : CM : 4h TD : 6h CI : 0h TP : 0h EAD : 1h
Objectifs (résultats d'apprentissage)	<ul style="list-style-type: none"> - Utiliser la loi de Fick. - Citer l'ordre de grandeur d'un coefficient de diffusion dans un gaz dans les conditions usuelles. - Établir l'équation de conservation du nombre de particules sous forme locale. - Établir l'équation de la diffusion particulaire. - Analyser une équation de diffusion en ordre de grandeur pour relier des échelles caractéristiques spatiale et temporelle. - Décrire le mouvement brownien. - Mettre en place un modèle probabiliste de la diffusion (marche au hasard). - Evaluer le coefficient de diffusion associé en fonction du libre parcours moyen et de la vitesse quadratique moyenne. - Etablir la relation entre coefficient de diffusion et mobilité. - Utiliser la loi de Fourier. - Citer quelques ordres de grandeur de conductivité thermique dans les conditions usuelles : air, eau, béton, acier. - Établir l'équation de conservation de l'énergie interne sous forme locale. - Établir l'équation de la diffusion thermique. - Analyser une équation de diffusion en ordre de grandeur pour relier des échelles caractéristiques spatiale et temporelle.
Contenu	
Méthodes d'enseignement	
Bibliographie	

X32P030	Ondes mécaniques, acoustiques et électromagnétiques
Lieu d'enseignement	
Niveau	Licence
Semestre	6
Responsable de l'UE	SAMI TAKLIT FERNANDEZ MARIE CLAUDE
Volume horaire total	TOTAL : 52.8h Répartition : CM : 20h TD : 28h CI : 0h TP : 0h EAD : 4.8h
Place de l'enseignement	
UE pré-requise(s)	
Parcours d'études comprenant l'UE	L3 Physique : Physique, L3 Physique : Physique - CMI Ingé. Nuclé. et Appli. _ CMI-INA, L3 Physique : Physique / mineure Enseigner à l'Ecole Primaire _ EEP, L3 Physique : Physique-Chimie DOUBLE DIPLOME, L3 Physique : Physique LAS3
Evaluation	

Pondération pour chaque matière	Ondes mécaniques, acoustiques et électromagnétiques 100%
Obtention de l'UE	
Programme	
Objectifs (résultats d'apprentissage)	<p>A l'issue de cette UE, l'étudiant sera en mesure, dans le cadre d'exercices guidés, de :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Avoir compris les analogies entre des phénomènes physiques dans des domaines très différents mais qui sont régis par les mêmes équations. • Ecrire une onde en point quelconque, connaissant la perturbation initiale (dans le temps et dans l'espace) • Déterminer l'équation de propagation d'une onde dans un milieu et en déduire la vitesse de phase • Etudier la réflexion et la transmission à l'interface entre deux milieux différents et établir les coefficients de réflexion et de transmission • Faire le lien entre adaptation d'impédance et l'écriture de l'onde • Savoir trouver les modes propres adéquats et comprendre leurs applications • Déterminer la vitesse de phase dans un fluide et l'impédance acoustique • Savoir passer d'une onde pression à une onde déplacement et inversement. • Savoir traiter des cas de tuyaux sonores (flutes, orgues...) et interpréter leurs fonctionnements à partir des caractéristiques des ondes « pression » et « déplacement ». • Etablir l'équation de propagation du champ électromagnétique et l'équation de dispersion d'une onde plane progressive harmonique (OPPH) dans le vide et dans les milieux • Déterminer les grandeurs caractéristiques de la propagation de la puissance. • Ecrire l'expression du champ électromagnétique en prenant en compte les propriétés des OPPH et la polarisation de l'onde. • Exprimer le champ électromagnétique d'un dipôle oscillant et en étudier les caractéristiques. • Déterminer la puissance rayonnée par un dipôle. • Caractériser, à partir de l'équation de dispersion, la propagation, dispersion et absorption de l'onde et déterminer les grandeurs associées (vitesses, indice...). • Associer la nature de la propagation de l'onde avec les propriétés des milieux. • Etablir les caractéristiques des ondes réfléchies et transmises à l'interface entre deux milieux semi-infinis ainsi que les lois de Descartes. • Calculer les coefficients de réflexion et de transmission en amplitude et en puissance à l'interface de deux milieux. • Etablir l'expression de l'onde résultante après réflexion sur un conducteur parfait • Etudier la réflexion et la transmission entre deux diélectriques non absorbants en incidence oblique, en particulier les phénomènes de Brewster et de réflexion totale.

Contenu	<p>Généralités sur les ondes : Lien entre la définition d'une onde qui se propage et la forme de la fonction qui la décrit, puis l'équation caractéristique de propagation (équation de d'Alembert) et toutes les définitions : vitesse de phase, vitesse de groupe, milieu dispersif, ondes transversales, longitudinales, front d'onde...</p> <p>Cordes vibrantes : Équation de propagation, vitesse de phase, impédance caractéristique, puissance moyenne propagée Réflexion et transmission : Coefficients, cas particuliers (extrémité libre, fixée et adaptation parfaite d'impédance), ondes stationnaires, Nœuds et ventres Corde de longueur finie et modes propres: Fréquences propres, quantification des fréquences, modes propres, mode fondamental et harmoniques</p> <p>Chaîne d'atomes : équations du mouvement, résolution, équation de dispersion, passage au continu Ligne électrique avec analogie électromécanique</p> <p>Ondes dans les fluides : Equation de propagation et vitesse de phase, impédance acoustique, lien entre ondes de « surpression » et ondes « déplacement », écriture de la vitesse en fonction de la température Réflexion et transmission d'une onde, coefficients de réflexion et de transmission, quelques cas particuliers (extrémité ouverte, fermée, adaptation parfaite d'impédance) Ondes stationnaires et tuyaux sonores (fréquences propres et modes propres).</p> <p>Equations de Maxwell et ondes électromagnétiques dans le vide : Equations de Maxwell et conservation de la charge. Approximations des régimes quasi-stationnaires. Equations de propagation du champ électromagnétique. Propriétés et polarisation des ondes planes progressives harmoniques (OPPH). Etude énergétique : Théorème de Poynting, densité d'énergie, vitesse de propagation, intensité d'une onde.</p> <p>Rayonnement dipolaire : Equation de propagation des potentiels - Jauge de Lorentz. Potentiels retardés de Lienard-Wiechert. Champ et puissance électromagnétiques rayonnés par un dipôle oscillant. Diffusion du rayonnement électromagnétique</p> <p>Propagation des OPPH dans les milieux LHI : Equations de Maxwell et propriétés des milieux LHI (conducteurs et diélectriques) et équations de propagation du champ électromagnétique. Relations de dispersion d'une OPPH : nombre d'onde complexe, indice complexe. Propagation d'un paquet d'ondes : vitesse de phase et vitesse de groupe. Aspect énergétique, absorption et dispersion. Cas particuliers des conducteurs ohmiques, des plasmas et des diélectriques.</p> <p>Réflexion et transmission des ondes électromagnétiques : Conditions aux limites du champ électromagnétique. Propriétés des ondes réfléchi et transmise - Loi de Descartes. Réflexion sur un conducteur parfait. Ondes stationnaires Coefficient de réflexion et transmission en amplitude du champ électrique et en puissance. Cas des interfaces vide/conducteur (métal, plasma) et diélectrique/diélectrique (Angle de Brewster et réflexion totale). Introduction à la propagation guidée : propagation dans le vide entre deux plans matériels.</p>
Méthodes d'enseignement	
Langue d'enseignement	Français
Bibliographie	

X32P040	Modélisation pour la Physique 3
Lieu d'enseignement	
Niveau	Licence
Semestre	6
Responsable de l'UE	RAHMANI AHMED
Volume horaire total	TOTAL : 30.8h Répartition : CM : 14h TD : 0h CI : 0h TP : 14h EAD : 2.8h
Place de l'enseignement	
UE pré-requis(s)	

Parcours d'études comprenant l'UE	L3 Physique : Physique, L3 Physique : Physique - CMI Ingé. Nuclé. et Appli. _ CMI-INA, L3 Physique : Physique LAS3
Evaluation	
Pondération pour chaque matière	Analyse numérique 50% TP analyse numérique physique 50%
Obtention de l'UE	
Programme	
Liste des matières	- Analyse numérique (X32P041) - TP analyse numérique physique (X32P042)

X32P041	Analyse numérique
Langue d'enseignement	Français
Lieu d'enseignement	
Responsable de la matière	
Volume horaire total	TOTAL : 15.4h Répartition : CM : 14h TD : 0h CI : 0h TP : 0h EAD : 1.4h
Objectifs (résultats d'apprentissage)	A l'issue de ce module, l'étudiant saura : <ul style="list-style-type: none"> - connaître les méthodes élémentaires pour l'interpolation - calculer numériquement une intégrale - résoudre un système d'équations linéaires et non linéaires - Comprendre les méthodes élémentaires pour résoudre un système d'équations différentielles - manipuler les applications simples sur les nombres aléatoires - Comprendre le mécanisme des dérivations numériques - Choisir la méthode numérique adéquate en fonction de la nature du problème à résoudre
Contenu	<p>Objectif : Introduction aux différentes méthodes numériques et à leur application en physique.</p> <p>Programme :</p> <p>1 Interpolation 1.1 Formule de Lagrange 1.2 Algorithme de Neville</p> <p>2 Intégration 2.1 Méthode des trapèzes, Simpson 2.3 Méthode de Romberg 2.4 Méthode de Gauss</p> <p>3 Equations non linéaires 3.1 Méthode Bisection 3.2 Méthode de Newton-Raphson</p> <p>4 Systèmes d'équations linéaires 4.1 Méthode de Gauss-Jordan 4.3 Matrices triangulaires 4.4 Méthode LU 4.5 Méthodes itératives</p> <p>5 Equations différentielles 5.1 Equation générale d'ordre n, réduction à n=1 5.2 Méthode d'Euler 5.3 Méthode de Runge-Kutta</p> <p>6 Dérivations numériques 6.1 Formules de dérivation numérique 6.2 Différences progressives, régressives et centrées</p> <p>7 Nombres aléatoires 7.1 Nombres aléatoires uniformes 7.2 Applications simples</p>
Méthodes d'enseignement	Cours magistraux

Bibliographie	
---------------	--

X32P042	TP analyse numérique physique
Langue d'enseignement	Français
Lieu d'enseignement	
Responsable de la matière	
Volume horaire total	TOTAL : 15.4h Répartition : CM : 0h TD : 0h CI : 0h TP : 14h EAD : 1.4h
Objectifs (résultats d'apprentissage)	<p>A l'issue de ce module, l'étudiant saura créer des programmes informatiques en langage Python pour résoudre un problème de physique en utilisant les méthodes numériques suivantes vues en CM :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Méthodes élémentaires pour l'interpolation - Calculs numériques des intégrales - Système d'équations linéaires et non linéaires - Les méthodes élémentaires pour résoudre un système d'équations différentielles - Les applications simples sur les nombres aléatoires - Le mécanisme des dérivations numériques
Contenu	<p>A. Mise en oeuvre d'une des méthodes numériques suivantes vues en cours pour résoudre un problème de physique:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1 Interpolation 2 Intégration 3 Equations non linéaires 4 Systèmes d'équations linéaires 5 Equations différentielles 6 Dérivations numériques 7 Nombres aléatoires <p>B. Cette mise en pratique sera réalisée par l'écriture de programmes informatiques en langage Python.</p>
Méthodes d'enseignement	
Bibliographie	

X32P050	Physique Expérimentale 3
Lieu d'enseignement	
Niveau	Licence
Semestre	6
Responsable de l'UE	LEDOC DOMINIQUE FERNANDEZ MARIE CLAUDE
Volume horaire total	TOTAL : 46.2h Répartition : CM : 0h TD : 0h CI : 0h TP : 42h EAD : 4.2h
Place de l'enseignement	
UE pré-requis(s)	
Parcours d'études comprenant l'UE	L3 Physique : Physique, L3 Physique : Physique - CMI Ingé. Nuclé. et Appli. _ CMI-INA, L3 Physique : Physique LAS3
Evaluation	
Pondération pour chaque matière	Projet expérimental 70% Travaux Pratiques de Thermodynamique 30%
Obtention de l'UE	
Programme	

Liste des matières	- Projet expérimental (X32P051) - Travaux Pratiques de Thermodynamique (X32P052)
--------------------	---

X32P051	Projet expérimental
Langue d'enseignement	Français
Lieu d'enseignement	
Responsable de la matière	
Volume horaire total	TOTAL : 33h Répartition : CM : 0h TD : 0h CI : 0h TP : 30h EAD : 3h
Objectifs (résultats d'apprentissage)	Au cours de cette UE sous forme de projet l'étudiant apprendra à mener en autonomie les différentes étapes d'une démarche expérimentale.
Contenu	Travail expérimental centré sur une ou plusieurs thématiques abordées en licence (électromagnétisme, ondes et vibrations, mécanique, électronique, ...)
Méthodes d'enseignement	
Bibliographie	

X32P052	Travaux Pratiques de Thermodynamique
Langue d'enseignement	Français
Lieu d'enseignement	
Responsable de la matière	
Volume horaire total	TOTAL : 13.2h Répartition : CM : 0h TD : 0h CI : 0h TP : 12h EAD : 1.2h
Objectifs (résultats d'apprentissage)	
Contenu	
Méthodes d'enseignement	
Bibliographie	

X32P090	Physique du Solide 1
Lieu d'enseignement	Facultés des Sciences et Techniques
Niveau	Licence
Semestre	6
Responsable de l'UE	MOKRANI AREZKI
Volume horaire total	TOTAL : 22h Répartition : CM : 10h TD : 10.67h CI : 0h TP : 0h EAD : 1.33h
Place de l'enseignement	
UE pré-requise(s)	Mécanique quantique Physique atomique
Parcours d'études comprenant l'UE	L3 Physique : Physique, L3 Physique : Physique - CMI Ingé. Nuclé. et Appli. _ CMI-INA, L3 Physique : Physique / mineure Enseigner à l'Ecole Primaire _ EEP, L3 Physique : Physique LAS3
Evaluation	
Pondération pour chaque matière	Physique du Solide 1 100%

Obtention de l'UE	Contrôle continu et examen écrits
Programme	
Objectifs (résultats d'apprentissage)	A l'issue de cet UE, l'étudiant sera capable de : <ul style="list-style-type: none"> • comprendre la notion de réseau réciproque et son importance dans l'étude des solides cristallins. • savoir faire une étude quantique du comportement des électrons dans un solide en lien avec les types chimiques des atomes et leurs organisations géométriques.
Contenu	Le contenu de cet enseignement est le suivant : Introduction Chapitre 1. Réseau réciproque, introduction à la diffraction des Rayons-X Définition du réseau réciproque et exemples Introduction à la diffraction des Rayons-X (loi de Bragg, condition de Laue, facteurs de forme et de structure, diagrammes de diffraction de Rayons-X) Chapitre 2. Electrons de conduction dans les métaux (approche quantique) Modèle de l'électron libre à 1D, 2D et 3D Notion de densité d'états, définition du niveau de Fermi et des surfaces de Fermi Conductivité électrique et loi d'Ohm Chapitre 3. Etats électroniques dans les cristaux Electrons dans un potentiel périodique, théorème de Bloch Bande d'énergies électroniques dans un solide Modèle des liaisons fortes Calcul de structure de bande 1D et 2D. Structure de bande et propriétés physiques, conducteurs, isolants Chapitre 4. Vibrations cristallines, phonons : introduction Approximation harmonique Dynamique des vibrations atomiques Quantification des vibrations cristallines, phonons Relations de dispersion dans les réseau 1D et 2D Conclusion
Méthodes d'enseignement	Cours Magistraux, Travaux Dirigés et Distanciel.
Langue d'enseignement	Français
Bibliographie	Physique de l'état solide, Charles Kittel, DUNOD (1998), ISBN : 2100032674 Physique des solides, Neil-W Ashcroft et N-David Mermin, EDP Sciences (2002), ISBN-10: 2868835775

X32T040	Stage
Lieu d'enseignement	
Niveau	Licence
Semestre	6
Responsable de l'UE	
Volume horaire total	TOTAL : 0h Répartition : CM : 0h TD : 0h CI : 0h TP : 0h EAD : 0h
Place de l'enseignement	
UE pré-requis(s)	
Parcours d'études comprenant l'UE	L3 Physique : Physique, L3 Physique : Mécanique, L3 Physique : Physique - CMI Ingé. Nuclé. et Appli. _ CMI-INA, L3 Physique : Physique LAS3, L3 Physique : Mécanique - CMI Ingé. Calcul Méca. _ CMI-ICM
Evaluation	
Pondération pour chaque matière	Stage 100%
Obtention de l'UE	Cette UE est obligatoire pour les étudiants dispensés d'assiduité.
Programme	
Objectifs (résultats d'apprentissage)	
Contenu	
Méthodes d'enseignement	

Langue d'enseignement	Français
Bibliographie	

XLG6TU200	Stage libre
Lieu d'enseignement	
Niveau	Licence
Semestre	6
Responsable de l'UE	
Volume horaire total	TOTAL : 0h Répartition : CM : 0h TD : 0h CI : 0h TP : 0h EAD : 0h
Place de l'enseignement	
UE pré-requis(s)	
Parcours d'études comprenant l'UE	L3 Chimie : Chimie / mineure Chimie Avancée, L3 Chimie : Chimie Biologie, L3 Chimie : Chimie-Physique DOUBLE DIPLOME, L3 Chimie : Chimie /mineure Enseigner à l'Ecole Primaire EEP, L3 Physique : Physique - CMI Ingé. Nuclé. et Appli. _ CMI-INA, L3 Maths : Maths / mineure CMI Ingénierie Statistique _ CMI-IS, L3 Info : Maths Info / mineure CMI OPTIM, L3 SPI : Electronique, Energie Electrique, Automatique _ EEA, 2025 L3 SPI Génie Civil, L3 Info : Informatique / mineure Informatique, L3 Maths : Maths Economie, L3 Info : Maths Info / mineure Maths Info, L3 Maths : Maths / mineure Maths, L3 Info : MIAGE - CLASSIQUE, L3 Physique : Physique, L3 Physique : Physique / mineure Enseigner à l'Ecole Primaire _ EEP, L3 Physique : Physique-Chimie DOUBLE DIPLOME, L3 Physique : Mécanique, L3 SV : Advanced Biology Training ABT, L3 SV : Biologie Cellulaire et Moléculaire BCM, L3 SV : Biologie Cellulaire et Physiologie Animale BCPA, L3 SV : Sciences du Végétal et de l'Aliment SVA / mineure SVA, L3 SV : Sciences du Végétal et de l'Aliment SVA / mineure Enseigner à l'Ecole Primaire _ EEP, L3 SV : Biologie Cellulaire Vêto Agro BCVA, L3 SVT : Biologie Écologie _ BE, L3 SVT : Biologie, Géologie, Environnement BGE / mineure Enseigner à l'Ecole Primaire _ EEP, L3 SVT : Biologie, Géologie, Environnement BGE / mineure Enseigner les SVT, L3 SVT : Biologie, Géologie, Environnement BGE / mineure Environnement, L3 SVT : Sciences de la Terre et de l'Univers STU, L3 SV : Sciences du Végétal et de l'Aliment LAS3, L3 SVT : Biologie Écologie _ BE LAS3, L3 Chimie : Chimie / mineure Chimie Avancée LAS3, L3 Physique : Physique LAS3, L3 Maths : Maths / mineure Maths LAS3, L3 Info : Informatique / mineure Informatique LAS3, L3 Physique : Mécanique - CMI Ingé. Calcul Méca. _ CMI-ICM, 2025 L3 SPI EEA, 2025 L3 SVT Biologie Ecologie, 2025 L3 SVT Enseigner les SVT, 2025 L3 SVT Géosciences, 2025 L3 SVT LAS 3 Biologie Ecologie, 2025 L3 SVT Sciences de l'environnement, 2025 L3SV : Biologie Cellulaire et Physiologie Animale, 2025 L3SV : Sciences du Végétal et de l'Aliment, 2025 L3SV : Biologie Vétérinaire Agronomie, 2025 L3SV: Advanced Biology Training, 2025 L3SV ABT S5 100% Anglais, 2025 L3SV : Licence SV Accès Santé - LAS3 - , 2025 L3SV : Biologie Cellulaire et Moléculaire, 2025 L3 MIASHS - parcours économie, 2025 L3 INFO Informatique mathématiques, 2025 L3 Mathématiques, 2025 L3 Maths L.AS Maths, 2025 L3 MATHS CMI IS, 2025 L3 Physique Chimie, 2025 L3 Chimie, 2025 L3 Chimie option Santé, 2025 L3 Chimie-Biologie, 2025 L3 INFO Informatique, 2025 L3 INFO option santé (L.AS 3), 2025 L3 Physique - CMI INA, 2025 L3 Physique, 2025 L3 Mécanique - CMI ICM, 2025 L3 Mécanique, 2025 L3 Physique OPTION SANTE, L3 SPI Génie Civil, L3 SPI Génie Civil option SANTE, 2025 L3 SPI Génie Civil option SANTE, 2025 L3 SPI EEA option Santé
Evaluation	
Pondération pour chaque matière	Stage libre 100%
Obtention de l'UE	
Programme	
Objectifs (résultats d'apprentissage)	
Contenu	
Méthodes d'enseignement	
Langue d'enseignement	Français
Bibliographie	

Dernière modification par PATRICIA BERTONCINI, le 2024-08-21 11:45:17