



## LE PARCOURS GEOSCIENCES POUR LA TRANSITION ENERGETIQUE (GTE)

[Mots-clés](#)

[Objectifs](#)

[Secteurs et débouchés](#)

[Pédagogie](#)

[Contact](#)

---

## MOTS-CLES

- Géologie générale et pétrolière
  - Géosciences appliquées
  - Mécanique statique et dynamique
  - Ecoulements fluides en milieu poreux
-

## **OBJECTIFS**

L'objectif de ce parcours est de donner la base des géosciences afin de pouvoir interagir de façon efficace avec les acteurs scientifiques et techniques dans ces disciplines.

---

## **SECTEURS ET DEBOUCHES**

Tous les métiers concernant les sciences de la Terre appliquées aux ressources ou bien à l'environnement, allant des pétroliers/gaziers aux exploitations minières, à la gestion des déchets et des réserves en eau, plus généralement l'ensemble des acteurs de la transition énergétique.

---

## **PEDAGOGIE**

La première partie de ce parcours offre une introduction générale à l'histoire et à la structure de la Terre, ainsi que les bases de mécanique tant pour les milieux continus que les structures. La seconde partie porte plus sur des applications dans différents domaines comme les structures, les écoulements dans les réservoirs pétroliers, la propagation des ondes (science fondamentale pour l'exploration) ; elle propose également une ouverture vers la distribution et les origines des ressources naturelles et vers l'hydrogéologie. Une mission de terrain est organisée en début de parcours afin de bien appréhender les concepts acquis en géologie et d'assurer la cohésion scientifique de l'ensemble du parcours.

---

## **CONTACT**

Benoît Noetinger, Chercheur à l'IFP Energies Nouvelles (Département Géosciences)

01.47.52.61.01 - [benoit.noetinger@ifpen.fr](mailto:benoit.noetinger@ifpen.fr)

Assistante pédagogique : Virginie Martinez

01.75.31.60.32 - [virginie.martinez@ecp.fr](mailto:virginie.martinez@ecp.fr)

---



CentraleSupélec

# OPTION ENERGIE

<http://www.option-energie.ecp.fr>

## PARCOURS GEOSCIENCES POUR LA TRANSITION ENERGETIQUE : PROGRAMME PEDAGOGIQUE ET FICHES DE COURS

### PROGRAMME PEDAGOGIQUE DU PARCOURS GEOSCIENCES (GTE)

(cliquer sur le nom de l'activité pour atteindre son descriptif)

Obligatoire	<a href="#">Géologie générale</a>
Obligatoire	<a href="#">Géologie pétrolière</a>
Obligatoire	<a href="#">Hydrogéologie</a>
Obligatoire	<a href="#">Mécanique des milieux continus</a>
Obligatoire	<a href="#">Mécanique des roches</a>
Obligatoire	<a href="#">Mécanique des structures</a>
Obligatoire	<a href="#">Modélisation de réservoir</a>
Obligatoire	<a href="#">Ressources minérales</a>
Obligatoire	<a href="#">Simulation en géosciences</a>
Obligatoire	<a href="#">Sismique de prospection</a>
Obligatoire	<a href="#">Projet numérique en mécanique des structures</a>
Obligatoire	<a href="#">Mission de terrain géologique</a>

### GEOLOGIE GENERALE

**Coordonnateur(s) :** Jocelyn Barbarand (Université Paris Sud)

**Intervenant(s) :**

**Durée :** 15h hors contrôle

**ECTS :** 1.5

**Descriptif :**

[Retour à la liste](#)

---

**GEOLOGIE PETROLIERE**

**Coordonnateur(s) :** Benoît Noetinger (IFP Energies Nouvelles)

**Intervenant(s) :**

**Durée :** 15h hors contrôle

**ECTS :** 1.5

**Descriptif :**

[Retour à la liste](#)

---

**HYDROGEOLOGIE**

**Coordonnateur(s) :** Mathilde Adelinet (IFP Energies Nouvelles)

**Intervenant(s) :**

**Durée :** 15h hors contrôle

**ECTS :** 1.5

**Descriptif :**

Ce cours permet aux étudiants de découvrir les méthodes quantitatives permettant de caractériser et d'estimer les écoulements souterrains afin d'appréhender les questions sociétales sur la gestion de l'eau.

Pré-requis : ce cours est accessible à toute personne de niveau M1 ou M2 ayant une bonne culture scientifique mais sans connaissances a priori en mécanique des milieux continus ou en mécanique des fluides.

Plan du cours :

- Le cycle de l'eau
- De la mécanique des fluides à l'hydraulique
- Loi de Darcy
- Les systèmes aquifères
- Problèmes en régime permanent
- Problèmes en régime transitoire

Mode d'examen : un QCM ou une série d'exercices avec les documents pédagogiques à disposition.

Références pédagogiques :

G. de Marsily, « Hydrogéologie quantitative », Masson, Paris, 1986.

[Retour à la liste](#)

---

### **MECANIQUE DES MILIEUX CONTINUS**

**Coordonnateur(s)** : Régis Cottereau (CNRS)

**Intervenant(s)** : Régis Cottereau (CNRS)

**Durée** : 15h hors contrôle

**ECTS** : 1.5

**Descriptif** :

Le cours de mécanique des milieux continus est organisé en cinq séances de trois heures, chaque séance comptant environ 1h30 de rappels théoriques et 1h30 d'exercices. L'objectif général de ce cours est de rappeler des concepts déjà vus par tous les étudiants à différents niveaux, et de consolider ainsi un socle de base nécessaire à de nombreux autres cours : mécanique des roches, géologie, sismique de prospection, mécanique appliquée, etc. Le plan du cours est le suivant :

- C1 : introduction, paramétrisation Euler / Lagrange, déformations
- C2 : contraintes, équation d'équilibre, conditions aux limites
- C3 : loi de comportement, invariants
- C4 : élasticité linéaire, Saint-Venant, concentrations de contraintes
- C5 : exercices

[Retour à la liste](#)

---

### **MECANIQUE DES ROCHES**

**Coordonnateur(s)** : Pauline Souloumiac (Université de Cergy)

**Intervenant(s)** :

**Durée** : 15h hors contrôle

**ECTS** : 1.5

## Descriptif :

[Retour à la liste](#)

---

### MECANIQUE DES STRUCTURES

**Coordonnateur(s) :** Alain Millard (CEA)

**Intervenant(s) :** Alain Millard (CEA)

**Durée :** 15h hors contrôle

**ECTS :** 1.5

## Descriptif :

Ce cours est une introduction à la démarche de construction des modèles mécaniques de structures, sur l'exemple particulier des structures de type poutres et arcs.

Pré-requis : des bases de calcul vectoriel et tensoriel sont nécessaires, ainsi que des connaissances en mécanique des milieux continus.

### Plan du cours :

#### 1. Introduction aux structures

- Motivation
- Éléments structuraux (barres, poutres, tuyaux, arcs, plaques, coques, etc)
- Rappel de la démarche de construction d'un modèle mécanique
- Rappels sur les torseurs et les distributeurs
- Démarche de construction d'un modèle de poutre

#### 2. Cinématique

- Définition de la cinématique de poutre
- Descriptions Lagrangienne et Eulérienne
- Taux de déformation
- Cas de la transformation infinitésimale

#### 3. Efforts

- Ecriture du principe des puissances virtuelles
- Contraintes généralisées (écritures Eulérienne et Lagrangienne)
- Equations du mouvement

#### 4. Comportement

- Comportement élastique d'une poutre
- Prise en compte de liaisons internes : inextensibilité, condition de Navier-Bernoulli

#### 5. Poutres élastiques en petites transformations

- Transformation infinitésimale à partir de l'état naturel
- Formulations variationnelles en statique : méthode des déplacements, méthode des forces
- Statique des assemblages de poutres : structures isostatiques et hyperstatiques
- Vibrations propres

Mode d'examen : problème de 3 heures.

Références pédagogiques :

A. Millard, « Mécanique appliquée », poly de cours.

[Retour à la liste](#)

---

### **MODELISATION DE RESERVOIR**

**Coordonnateur(s)** : Benoît Noetinger (IFP Energies Nouvelles)

**Intervenant(s)** :

**Durée** : 15h hors contrôle

**ECTS** : 1.0

#### **Descriptif :**

Cet enseignement présente une introduction aux principales méthodes et aux principaux enjeux de la modélisation de réservoir. En fin de cours, les étudiants connaîtront les objectifs de la modélisation de réservoir, les données nécessaires, et leur intégration dans le modèle numérique de réservoir. Des notions de géostatistique seront également fournies pour gérer les données incomplètes et / ou incertaines. La notion de « workflow » sera exposée. Un TP sera réalisé dans les locaux de IFP School et IFP Energies Nouvelles (IFPEN).

Pré-requis : ce cours nécessite d'avoir suivi des enseignements d'introduction à la géologie pétrolière et à la mécanique des fluides en milieu poreux, et fait appel à des modèles numériques. Il est accessible à toute personne de niveau M1 ou M2 ayant une bonne culture scientifique mais sans connaissances a priori dans les sciences de la Terre.

Plan du cours :

- Enjeux de l'ingénierie de réservoir et de la modélisation des stockages de gaz
- Problématiques scientifiques : modèle physique retenu, construction du modèle de réservoir, changement d'échelle, résolution des équations
- Utilisation du modèle : calage, estimation des incertitudes



- Travaux pratiques à IFP School et IFPEN + visite des laboratoires

Mode d'examen : un mixte QCM + exercices avec les documents pédagogiques à disposition.

Références pédagogiques :

Aux Editions Technip ([http://www.editionstechnip.com/sources/Menu\\_Ouvrages.asp](http://www.editionstechnip.com/sources/Menu_Ouvrages.asp)) :

- Charles M. Marle, « Multiphase flow in porous media », 1981, ISBN 9782710804048.
- René Cossé, « Basics of reservoir engineering - IFP School series », 1993, ISBN 2-7108-0630-4.
- Luca Cosentino, « Integrated reservoir studies », 2001, ISBN 9782710807971.
- Mickaële Le Ravalec-Dupin, « Inverse stochastic modeling of flow in porous media », 2005, ISBN 2-7108-0864-1.
- Gilles Bourdarot, « Essais de puits : méthodes d'interprétation - Collection des cours de l'ENSPM », 1996, ISBN 9782710806974.

[Retour à la liste](#)

---

#### **RESSOURCES MINERALES**

**Coordonnateur(s)** : Johann Tuduri (BRGM)

**Intervenant(s)** :

**Durée** : 15h hors contrôle

**ECTS** : 1.5

**Descriptif** :

[Retour à la liste](#)

---

#### **SIMULATION EN GEOSCIENCES**

**Coordonnateur(s)** : Benoît Noetinger (IFP Energies Nouvelles)

**Intervenant(s)** :

**Durée** : 15h hors contrôle

**ECTS** : 1.0

**Descriptif** :

[Retour à la liste](#)

---

**SISMIQUE DE PROSPECTION**

**Coordonnateur(s) :** Hermann Zeyen (Université Paris Sud)

**Intervenant(s) :** Hermann Zeyen (Université Paris Sud)

**Durée :** 15h hors contrôle

**ECTS :** 1.5

**Descriptif :**

Présentation d'une des méthodes géophysiques les plus utilisées en exploration pétrolière et minière : la sismique dans tous ses aspects : instruments, méthodes, applications. Le but est qu'à la fin du cours, les étudiants sachent juger l'utilité mais aussi les limites de cette méthode.

Pré-requis : ce cours est accessible à toute personne de niveau M1 ou M2 ayant une bonne culture scientifique mais sans connaissances a priori dans les sciences de la Terre.

Plan du cours :

- Introduction à la théorie de l'élasticité et à la propagation des ondes - Types d'ondes
- Sismique de réfraction - Terrain et interprétation
- Sismique de réflexion - Terrain, traitement des données et interprétation
- Tomographie sismique
- Exemples d'applications
- TP de sismique de réfraction (terrain et interprétation en salle info)

Mode d'examen : examen écrit.

Références pédagogiques :

- P. M. Shearer, « Introduction to seismology », Cambridge University Press, Cambridge, UK, 1999, ISBN 0-521-66953-7.
- F. A. Dahlen, J. Tromp, « Theoretical global seismology », Princeton University Press, Princeton, USA, 1998, ISBN 0-691-00124-3.
- C. M. R. Fowler, « The solid Earth », Cambridge University Press, Cambridge, UK, 1990, ISBN 0-521-38590-3.
- C. Larroque, J. Virieux, « Physique de la Terre solide - Observations et théories », Gordon and Breach Science Publisher, Paris, 2001, ISBN 2-84703-002-6.
- M. Bacon, R. Simm, T. Redshaw, « 3-D seismic interpretation », Cambridge University Press, Cambridge, UK, 2003, ISBN 0-521-79203-7.

- G. Henry, « La sismique réflexion : principes et développements », Editions Technip, Paris, 1997, ISBN 2-7108-0725-4.

[Retour à la liste](#)

---

**PROJET NUMERIQUE EN MECANIQUE DES STRUCTURES**

**Coordonnateur(s) :** Alain Millard (CEA)

**Intervenant(s) :**

**Durée :** 24h contrôle inclus

**ECTS :** 2.5

**Descriptif :**

[Retour à la liste](#)

---

**MISSION DE TERRAIN GEOLOGIQUE**

**Coordonnateur(s) :** Jocelyn Barbarand (Université Paris Sud)

**Intervenant(s) :**

**Durée :** 5 jours contrôle inclus

**ECTS :** 3.5

**Descriptif :**

[Retour à la liste](#)

---