

## Équipe de Géophysique Expérimentale

5 rue René Descartes  
F-67084 Strasbourg Cedex  
Responsable de l'équipe : Renaud TOUSSAINT (CR CNRS)  
Site web : <http://eost.unistra.fr/recherche/ipgs/>

La géophysique permet de détecter et de quantifier les réserves d'eau souterraine. La bonne gestion de ces ressources nécessite une compréhension du cycle de l'eau et des processus associés et constitue un enjeu sociétal et environnemental majeur.

Les travaux de l'équipe géophysique expérimentale se concentrent sur 4 axes :

- l'élaboration d'instruments et de méthodes pour réaliser une imagerie multi-échelles des fluides dans le sous-sol,
- la prospection et la caractérisation des réserves et des circulations hydriques par des méthodes géophysiques non invasives,
- l'étude de la capacité de transport de fluide des géomatériaux,
- la détection des polluants et la remédiation écologique des fluides souterrains.

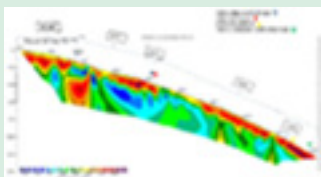
La modélisation en laboratoire et l'expérimentation sur le terrain constituent les deux aspects de son activité.

**Disciplines scientifiques :** géophysique, géologie, physique, chimie, énergétique, mécanique des fluides et granulaire

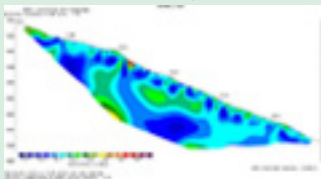
**Mots-clés :** flux souterrains, aquifères, réserves en eau, recharges hydrauliques, instabilités de glissement et de liquéfaction, zones polluées, risques naturels et anthropiques.

### LES AXES DE RECHERCHE

Développer des méthodes de prospection géophysique de l'eau non invasives



Modéliser une imagerie du sous-sol depuis la surface ou avec un forage limité



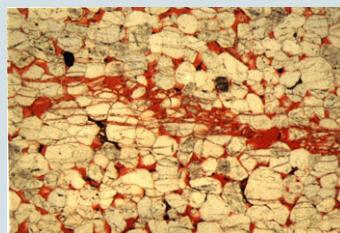
Prospecter et étudier les réserves d'eau et la dynamique des circulations hydrauliques

Comprendre et interpréter les observations des écoulements des fluides en utilisant des ondes électro-sismiques ou -magnétiques



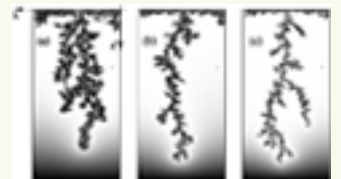
Analyser les modes de rupture des géomatériaux sous des contraintes mécaniques et chimiques

Connaître l'influence des fluides sur l'évolution des propriétés physiques des roches dans les zones concernées



Détecter les polluants : visualisation du chemin et de la vitesse de migration, et des processus de tassement dans le temps

Remédier à la pollution souterraine : nettoyage du sol par des techniques d'injection d'air ou de fluide



## LES RECHERCHES MENÉES

L'objectif de l'équipe est de comprendre le fonctionnement des hydrosystèmes à travers :

- la réalisation d'une imagerie multi-échelles du sous-sol,
- l'étude de la géomécanique,
- le suivi des mouvements des fluides,
- la détection des polluants.

**Géomécanique** : mécanique liée à la géologie.

**Géomatériaux** : matériaux du sous-sol plus ou moins compactés.

### Imagerie multi-échelles du sous-sol

**Objectif** : pour représenter les écoulements hydriques et les déformations, la géophysique appliquée réalise une imagerie du sous-sol depuis la surface avec différentes méthodes (tomographie) en étudiant les processus dynamiques souterrains.

**Méthodes** :

**Sismiques** : recueil et traitement de données sismiques pour modéliser les différentes couches (grès, carbonates, argiles) de la croûte.

**Electriques** : Caractérisation des fluides et des circulations hydriques du sous-sol via leur conductivité électrique et en interprétant les mesures du Potentiel électrique Spontané (voir encadré 1) et la température pour cartographier les écoulements souterrains en temps réel.

**Electromagnétiques** : détermination des couches et interfaces rocheuses en étudiant la propagation d'une onde électromagnétique dans le sol, émise et réceptionnée à la surface et corrélée avec la présence de fluides dans le sous-sol (voir encadré 2).

**Sismoélectrique** : avec l'envoi d'une onde sismique qui se convertit en onde électromagnétique mesurable à la surface et qui dépend du type de fluides présents dans le sous-sol.

**(1) Potentiel électrique Spontané (PS)** : les mesures du PS consistent à exploiter les différences de potentiels électriques créées par la circulation d'eau.

**(2) Méthodes électromagnétiques** utilisées suivant les profondeurs :

- Magnéto-Tellurie
- Audio-Magnéto-Tellurie
- Radar

### Géomécanique

**Objectif** : étude de l'évolution des propriétés physiques des roches et des modes de rupture des géomatériaux en vue de :

- déterminer les interactions physico-chimiques entre les minéraux et les fluides (eau, hydrocarbures, gaz, etc.) dans le sol ;
- connaître les capacités de transport de fluide des roches en tenant compte des risques naturels et anthropiques dans les réservoirs, les aquifères ou les bassins sédimentaires.

**Méthodes** :

1. Analyse de la capacité des roches à laisser circuler les fluides grâce à :

- la caractérisation physique des roches ;
- la détermination de l'influence des microfissures ;
- l'étude des morphologies d'interface.

## 2 Etude de la mécanique des roches via :

- l'observation des processus à cinétique lente des effets chimiques et mécaniques de l'eau et/ou du CO<sub>2</sub> sur la compaction des calcaires poreux ;
- l'analyse des phénomènes physiques à cinétique rapide suite à la présence de fluides, à l'aide de l'hydrofracturation et de l'aérofracturation ;
- l'observation des modes de rupture des formations sédimentaires pour caractériser et prédire la compaction des réservoirs d'eau, la stabilité des forages et la sismicité induite sur les grès et les carbonates .

## Suivi des mouvements de fluides

**Objectif :** détermination des interactions entre la roche et les fluides contenus dans les pores qui interviennent dans les déformations en géophysique. La présence de fluide peut conduire à la propagation lente de microfissures à l'origine de déplacements qui peuvent être mesurés en surface.

### Méthodes :

- Observation de l'interaction entre la matrice rocheuse et l'eau du réseau poreux,
- Etude des effets d'écoulements en milieu poreux, des pressions capillaires dynamiques et de la perméabilité relative,
- Modélisation des déformations du milieu poreux,
- Mise en mouvement de poches de fluides dans des sols par injection d'air sous pression, utilisé dans les techniques de remédiation industrielle de pollution des sols,
- Définition d'une nouvelle approche par l'utilisation du radar pour déterminer la profondeur, l'épaisseur et la teneur en eau de la zone capillaire située au-dessus de la nappe phréatique,
- Détection des fluides avec une technique basée sur l'électrocinétisme (3).

**(3) Electrocinétisme :** courant électrique généré par le mouvement des fluides (eau, hydrocarbures, gaz, etc.) dans le sol et l'interaction physico-chimique des fluides et des minéraux selon la nature de la roche et la vitesse d'écoulement du fluide

## Détection des polluants et remédiation écologique

**Objectif :** étude de l'évolution des propriétés physiques des roches et de la dynamique des interactions roches/fluides en vue de comprendre la migration des polluants dans le sous-sol

### Méthodes :

- Etude et modélisation des écoulements multiphasiques ;
- Analyse de la coexistence d'un transport miscible et non miscible relatif aux polluants ;
- Détermination du processus de décompaction, de la vitesse de déformation et de transport des polluants.

## LES APPLICATIONS

### EAU

- Construction de modèles pour la gestion des ressources hydriques.
- Etude de la géométrie des aquifères des bassins versants.

### SOL

- Caractérisation des roches et du sol permettant d'appréhender la réponse lors des réalisations d'ouvrages ou d'excavations.
- Compréhension et modélisation des glissements de terrain et de la liquéfaction du sol.
- Prospection sismique.

### POLLUTION ET REMÉDIATION

- Utilisation de l'imagerie pour suivre les polluants dans les zones altérées en observant la propagation des ondes électromagnétiques.
- Développement de nouvelles méthodes de détection des pollutions, causées en particulier par les hydrocarbures.

### ENERGIE

- Utilisation des méthodes électromagnétiques en géothermie et en hydrologie.
- Expertise scientifique des forages géothermiques.

## LES PRESTATIONS DE L'ÉQUIPE

- Détection, quantification et suivi des flux hydriques souterrains selon une méthode de prospection électrique et électromagnétique non invasive.
- Détection et cartographie de la pollution souterraine dans une zone altérée.
- Etude géophysique préalable d'une zone avant des réalisations d'ouvrage, de forage, de recherche archéologique, d'excavation ou d'exploitation des aquifères.

## LES PARTENARIATS DE L'ÉQUIPE

- CNRS-INSU, Agence Nationale pour la Recherche (ANR), Commission européenne
- AREVA en TDEM aéroporté.
- Région Alsace : étude du gonflement des argiles à Staufen et à Flexbourg
- LFC (UPPA, IsTerre(Grenoble) et l'Université La Plata (Argentine) en sismoélectrique
- Département de physique de l'Université d'Oslo (écoutes multiphasiques, fracturation)
- Université de Jérusalem (liquéfaction, transformations physico-chimique de milieux poreux)
- Université de Mainz, Université de Glasgow (évolution de milieux pendant les écoulements)
- Faculté de physique de l'Université de la Havane, Cuba (études d'avalanches et de liquéfaction)
- Académie des Sciences de Pékin (étude expérimentale d'écoulements multiphasiques en milieu poreux)
- Institut de recherche IRIS, Norvège (érosion du sol)
- INAH, Mexico, étude stratigraphique et diagraphique des puits du Bassin versant de la Soutte

## L'ÉQUIPE DE GEOPHYSIQUE EXPERIMENTALE DE L'INSTITUT DE PHYSIQUE DU GLOBE DE STRASBOURG

L'équipe regroupe 12 chercheurs et enseignants-chercheurs, 4 ingénieurs et techniciens, et accueille une quinzaine de doctorants et post-doctorants. Elle fait partie des 4 équipes de l'Institut de Physique du Globe de Strasbourg, unité mixte de recherche 7516 CNRS/UdS.

Le laboratoire IPGS fait partie du Réseau Alsace de Laboratoires en Ingénierie et Sciences pour l'Environnement (REALISE).