

Filière Géophysique

Pierre Andrieux.

Introduction générale

Pourquoi une filière *Géophysique* au milieu des filières *Hydrocarbures*, *Mines*, *Hydrogéologie*, *Géotechnique*, *Environnement* ? La géophysique en effet, comme la géochimie est un outil, une discipline au sein des *Géosciences* et non un domaine d'application. Seuls les anciens de l'UFG qui ont participé à la création des sections professionnelles pourraient nous éclairer sur cette question. Peut-être cela tient-il à la forte personnalité des premiers géophysiciens de l'Union ? Peut-être cela témoigne-t-il des relations quelquefois ambiguës qui existent entre géologues et géophysiciens ?

Concurrence ? Indépendance ? Complémentarité ?

En matière d'exploration, c'est-à-dire dans le domaine privilégié de l'UFG, c'est à mon avis le géologue naturaliste qui prime sur le géophysicien. Lui seul en effet sait poser le problème et lui seul sait le résoudre, en réalisant la synthèse des données des différentes disciplines des géosciences. En matière de physique du globe en revanche, comme la terminologie le suggère, le géophysicien prime, ou du moins garde-t-il toute son autonomie vis-à-vis du géologue classique naturaliste.

En tout état de cause, la géophysique est une science à part entière et elle a donné lieu au développement d'un ensemble de méthodes et de techniques, qui conduisent à de superbes métiers de technicien, d'ingénieur, d'enseignant et de chercheur.

Le domaine professionnel

La géophysique, comme l'indique l'étymologie, se définit comme la discipline qui permet l'étude du globe terrestre à toutes les échelles spatiales et temporelles, par des méthodes dérivées de la *Physique*. On distingue classiquement, selon l'échelle spatiale et selon la finalité d'application, deux domaines professionnels, que l'on peut intituler de manière pragmatique, donc réductrice, (1) *la physique du globe* et (2) *la géophysique appliquée*.

La physique du globe est elle aussi souvent divisée en deux domaines, (i) *la géophysique interne*, dont l'objet d'étude s'étend de la surface terrestre jusqu'au centre de la Terre et (ii) *la géophysique externe*, qui s'intéresse à ce que l'homme a au dessus de la tête ; la limite externe étant mal définie, du fait des interactions entre les

planètes. Ces deux domaines d'étude ne sont d'ailleurs pas indépendants. Du point de vue des métiers, la physique du globe relève presque exclusivement de la recherche et de l'enseignement.

La géophysique appliquée concerne plus directement tous les domaines de l'activité humaine et de la société, qui ont des relations avec le sous-sol. Les métiers couvrent en particulier l'exploration et la production des ressources naturelles ou anthropiques – ressources minérales, eau, agriculture – l'environnement, l'aménagement, la protection et la valorisation du territoire, etc. La composante « Recherche et Enseignement » est, elle aussi bien entendue, présente et importante en géophysique appliquée.

Les activités du géophysicien

Quelle que soit l'échelle spatiale à laquelle on travaille, ce sont les mêmes lois physiques qui s'appliquent. Par conséquent les activités et la succession des tâches sont très proches dans les deux domaines. D'une manière plus structurée en géophysique appliquée, cette succession peut être découpée en 7 phases.

1 - Exposé du problème à résoudre : La finalité pratique est toujours clairement définie ; elle est toujours intimement liée à la géologie locale ou régionale. La meilleure façon de poser le problème au géophysicien est de lui proposer **un ou plusieurs modèles géologiques a priori** de la situation à étudier. Le premier rôle du géophysicien consistera à tenter de valider l'un ou l'autre de ces modèles ou à les transformer, voire à les infirmer. Il tentera ensuite de mieux les contraindre du point de vue géométrique et de la nature des formations, ce qui permettra de les relier à la géologie historique et dynamique. Inversement, la meilleure façon d'obtenir des résultats nuls ou décevants du géophysicien est de prétendre que l'on ne connaît rien de la géologie et que c'est à lui de tout découvrir. Comment bâtir alors un programme d'investigation géophysique pertinent ?

2 - Choix des paramètres physiques adaptés, puis des **méthodes et techniques géophysiques** à mettre en œuvre. Définition des **programmes de mesure et moyens associés**, matériels, humains et financiers.

3 - Acquisition des données, c'est-à-dire mise en œuvre selon les règles de l'art d'équipements spécialisés. Contrôle en temps réel et différé de la qualité des

enregistrements. Propositions éventuelles de modification des paramètres initialement retenus, voire des programmes de mesure.

4 - Traitement des données : amélioration du rapport signal / bruit, filtrage, déconvolution...

5 - Interprétation géophysique des résultats, avec ou sans introduction de contraintes *a priori*. Aujourd'hui cette étape prend souvent la forme d'**inversions**, au sens mathématique du terme. Propositions d'un ou de plusieurs modèles quantitatifs quasi équi-probables, puisqu'en effet la solution du problème inverse est plus que rarement unique.

6 - Contrôle et calibration par des moyens directs d'investigation : tranchées, galeries, puits, forages... Mise en œuvre de techniques de **géophysique de forage** et de **diagrapies**. Cette étape – forages et mesures complémentaires – est inévitable. Elle doit être programmée financièrement et dans le temps, comme partie intégrante de l'investigation géophysique.

7 - Interprétation géologique synthétique par mise en commun des informations et discussion entre les différents spécialistes. **Réponse au problème posé**. Lorsqu'il s'agit d'exploration de ressources naturelles, **le résultat bien sûr... peut être négatif**, en dépit d'un travail de grande qualité de la part des géophysiciens !

Ce déroulement linéaire est quelque peu caricatural. Il est appliqué de manière différente selon que l'on est en phase d'exploration stratégique ou tactique en exploration minière (voir "*Géologues*", N°153). Il y a des interactions régulières entre les différents spécialistes et entre le laboratoire et le terrain, lorsqu'on réalise un forage d'exploration pétrolière (voir "*Géologues*", N° 146). En physique du globe, les programmes se déroulent sur plusieurs années, voire des décennies avec de nombreuses interactions entre les différentes disciplines et avec des forages de contrôle particulièrement profonds (voir les programmes nationaux et internationaux : « Géologie profonde de la France », « *Ocean Deep Drilling Programme* »....)

Selon la nature et la taille de la société à laquelle il appartient, selon sa propre nature, ses compétences, ses goûts et vraisemblablement selon les potentialités du marché de l'emploi, un géophysicien sera chargé d'une ou de plusieurs de ces tâches. Il est important de bien prendre la mesure des spécificités de chacune d'elles avant de faire le choix des métiers qui leur sont associés.

Les principaux acteurs professionnels

En physique du globe, les principaux acteurs sont essentiellement des établissements publics ou semi-publics, auxquels s'associent parfois, sur des thèmes particuliers

d'intérêt commun, des sociétés privées, grandes ou petites.

Citons, en France, parmi les établissements publics :

- L'Institut de Physique du Globe de Paris (IPGP).
- Des observatoires : École et Observatoire des Sciences de la Terre de Strasbourg (EOST), les Observatoires de Physique du Globe de Clermont-Ferrand (OPGC) et de Grenoble (OPGG), l'Observatoire de Midi-Pyrénées (OMP).
- Des établissements publics à caractère scientifique et technologique (EPST) : CNRS, IRD...
- Des établissements publics à caractère industriel et commercial (EPIC) : IFREMER, BRGM.
- La plupart des universités, en association en général avec l'un des organismes nommés ci-dessus, sous la forme d'unités mixtes de recherche (UMR) ou d'instituts de recherche, par exemple : Grenoble, Nancy, Nantes, Orsay, Paris VI, Rennes...

En géophysique appliquée, on peut distinguer, pour simplifier, quatre types d'acteurs. Cette classification s'applique plus ou moins bien à chacun des domaines d'activité.

1 - Les sociétés d'exploration/production lorsqu'il s'agit des ressources naturelles, **les maîtres d'ouvrage ou les maîtres d'œuvre** lorsqu'il s'agit de grands travaux et d'hydrogéologie.

- Citons pour les premiers : TOTAL pour les hydrocarbures, la Compagnie Française de Géothermie (CFG), filiale du groupe BRGM, puis les sociétés ERAMET et AREVA NC pour la Mine.
- Et pour les seconds : la société LTF (Lyon Turin Ferroviaire), SNCF, EDF, RATP... pour les ouvrages ; les agences de bassin, les directions départementales, les collectivités territoriales et les grandes entreprises spécialisées (Véolia, Suez ...) pour l'hydrogéologie.

2 - Les sociétés spécialisées de services géophysiques et les sociétés spécialisées d'ingénierie et d'assistance

- Citons pour les premières : CGG/Véritas, Schlumberger, Sobesol, Européenne de géophysique, Calligée...
- Et pour les secondes, Georex, Amex SpieOil & Gas Services, Ajilon Engineering.

3 - Les bureaux d'étude et les consultants

Beicip-Franlab pour les hydrocarbures, Burgéap et Antéa pour les plus grands en hydrogéologie. Et quelques consultants individuels.

4 - Les établissements publics ou semi-publics de recherche et les universités

Ce sont pratiquement les mêmes établissements qu'en physique du globe, mais avec des équipes de chercheurs différentes.

Les Formations

Formation initiale

Géophysiciens techniciens

Il n'existe aucune formation de technicien géophysicien, alors que l'acquisition des données sur le terrain et une bonne partie des traitements constituent des métiers de choix pour quiconque a le goût du terrain, de la mesure et... de l'aventure.

Toute formation initiale, inférieure ou égale au Bac et à plus forte raison à Bac +1, +2 ou +3, voire +4, est acceptable surtout si elle inclut l'une des composantes suivantes : mécanique, électronique, mesure physique ou génie civil, hydrogéologie, environnement, voire géologie. Une embauche sans diplôme est donc envisageable si la motivation et les qualités requises sont au rendez-vous. Un BTS, une licence classique ou professionnelle dans des disciplines proches des ces mêmes composantes sont de très bons points de départ qui permettent d'envisager une promotion ultérieure. Le complément de formation géophysique spécifique s'acquiert dès le début de carrière. On devrait pouvoir imaginer des BTS ou des licences professionnelles en alternance.

Les diplômes de technicien supérieur de l'École nationale supérieure de géologie (ENSG) de Nancy et de l'Institut Polytechnique LaSalle Beauvais (issu de la fusion IGAL-ISAB) sont très appréciés si les candidats ne sont pas des naturalistes purs, rébarbatifs à la mesure et aux calculs.

Ingénieurs d'acquisition, de traitement ou d'interprétation - Chef de projet - Superviseur - Développeur

La question clé que l'on s'est souvent posée de savoir si la formation initiale d'un ingénieur géophysicien devait être celle d'un naturaliste ou celle d'un physicien se pose de façon moins sévère aujourd'hui, car la double formation, donc la double compétence sont mieux partagées qu'autrefois.

Il reste néanmoins deux règles importantes :

- tout géophysicien d'interprétation et de synthèse, quel que soit le domaine d'application, se doit d'avoir suivi et assimilé une bonne formation initiale de géologue naturaliste ;
- un géophysicien d'acquisition, voire de traitement et un géophysicien méthode ou de développement, en revanche, peuvent n'avoir suivi aucune formation de géologue naturaliste.

En géophysique appliquée, comme dans toutes les disciplines scientifiques et techniques, il existe deux filières de formation initiale (1) l'École et Observatoire des Sciences de la Terre (EOST) de Strasbourg et les Instituts polytechniques de Paris et de Grenoble et (2) la seconde relève des masters professionnels spécialisés, notamment celui de **Paris VI** (Master Sciences de l'Univers, Environnement, Écologie - Parcours Géophysique appliquée, Ressources et Environnement), ainsi que celui de l'**IPGP** (Master Sciences de la Terre de l'Environnement et des Planètes, STEP, Spécialité Géophysique de surface et de subsurface, G2S).

À ces filières spécifiquement géophysiques s'ajoutent, comme il a été dit ci-dessus, celle des écoles d'ingénieurs géologues et celle des masters de géologie, dont certains étudiants peuvent choisir de se spécialiser en géophysique dès l'obtention de leur diplôme. Les deux écoles concernées sont, l'École nationale supérieure de Géologie (ENSG) de Nancy et l'Institut polytechnique LaSalle Beauvais (IPLB, issu de la fusion IGAL-ISAB). Il existe par ailleurs des masters de géologie pratiquement dans chaque Région.

Leur complément de formation à la géophysique se fera, soit à l'École nationale supérieure des pétroles et des moteurs (ENSPM), dite aussi École de l'Institut Français du Pétrole (*IFP School*), soit dans une formation équivalente à l'étranger, soit en tout début de carrière dans les centres de formation des sociétés de service géophysique, puis « sur le tas ».

À ces deux types de formation initiale spécialisée en géosciences, s'ajoutent celles des écoles d'ingénieurs et des masters relativement généralistes. Parmi ces dernières, celles qui offrent les composantes proches de la géophysique (électronique, mécanique, mathématiques appliquées ...) sont les mieux placées. Les écoles des mines quant à elles, sont bien sûr de très bons points de départ pour une carrière d'ingénieur géophysicien.

Le complément de formation à la géophysique pour ces généralistes se fera alors ultérieurement, comme pour les géologues, soit à l'ENSPM, soit dans une formation équivalente à l'étranger, soit dans les centres de formation des sociétés de services géophysiques.

Le **doctorat** en physique du globe ou en géophysique appliquée s'acquiert comme dans toute autre discipline scientifique, dans les universités spécialisées, en liaison plus ou moins étroite et avec des financements plus ou moins importants de la part des organismes publics et semi-publics. Lorsqu'il est préparé en lien avec l'industrie géophysique et, mieux, lorsqu'il est financé en totalité ou en partie par cette industrie (bourse Cifre), il constitue un point de départ privilégié dans la carrière d'ingénieur, qui conduit généralement à des promotions rapides.

Chercheurs, Enseignants-chercheurs et Ingénieurs d'étude ou de recherche en Physique du Globe et en Géophysique appliquée.

Ils occupent des postes dans les organismes publics ou semi publics de recherche et dans les universités. Classiquement, leur formation passe par un master recherche ou un titre d'ingénieur, puis le doctorat. Ils sont recrutés ensuite par la voie des concours.

Formation continue

Dans les entreprises de taille importante – sociétés d'exploration/production, sociétés de service, maîtres d'ouvrage et bureaux d'étude importants – elle est bien structurée et généralement sous-traitée en interne ou en externe.

Dans les entreprises de taille modeste et dans la plupart des petits bureaux d'étude, elle est très souvent insuffisante, ce qui pose un réel problème de qualité des prestations géophysiques. Des initiatives méritent d'être prises pour améliorer la situation. L'Association pour la Qualité en Géophysique Appliquée (AGAP)¹ et l'UFG ont l'intention de s'atteler à cette tâche.

Les fiches métiers

Quatre séries de fiches sont présentées, classées selon la finalité et le domaine d'application

I - Spécialité 1

Exploration / production des hydrocarbures : 5 fiches.

L'organisation de la profession et les budgets sont tels qu'un géophysicien a un moment donné ou tout au long de sa carrière est quasi nécessairement spécialisé dans l'un des cinq métiers ci-dessous :

- Géophysicien d'acquisition.

- Géophysicien de traitement.
- Géophysicien d'interprétation et de synthèse.
- Géophysicien de gisement.
- Géophysicien Méthode ou de Recherche et Développement.

II - Spécialité 2

Géothermie - Mines - Grands travaux - Hydrogéologie : 1 fiche.

L'organisation et les budgets dans ces quatre domaines sont tels, qu'un géophysicien ne sera pratiquement jamais spécialisé à plein temps dans un créneau étroit de sa discipline. C'est la raison pour laquelle une seule fiche est présentée.

III - Spécialité 3

Géotechnique et génie civil de faibles profondeurs - Environnement - Agriculture - Archéologie - Valorisation du patrimoine : 1 fiche.

Dans ces domaines d'application très peu profonds, le géophysicien couvre pratiquement toujours tous les aspects de sa discipline, ce qui justifie également la présentation d'une seule fiche.

IV - Spécialité 4

Chercheur - Enseignant-chercheur - Ingénieur d'étude et de recherche en physique du globe et en géophysique appliquée : 1 fiche.

Ces métiers ont déjà été décrits dans trois fiches de la filière « Recherche et Enseignement » qui couvrent l'ensemble de la géologie. Les spécificités de la géophysique sont donc présentées sous la forme de compléments qui sont couverts par une seule fiche.

1. www.agapqualite.com/

SPÉCIALITÉ 1 - EXPLORATION / PRODUCTION D'HYDROCARBURES

Cinq fiches métiers sont présentées.

1 - Géophysicien d'acquisition

Types d'entreprise ou d'organisation

Les compagnies pétrolières d'exploration/production (EP), plutôt rarement ; les sociétés de services géophysiques, essentiellement.

Les sociétés d'ingénierie et d'assistance, les bureaux d'étude et les consultants.

Domaines d'activité

Le domaine principal est celui des phases d'exploration (1^{ère}, 2^{ème} ou 3^{ème}), puis du suivi de la production et du développement et enfin, de manière plus exceptionnelle, celui du suivi de la récupération assistée. « Données géophysiques » en exploration pétrolière est pratiquement synonyme de « données de sismique réflexion » ; elles sont acquises à terre ou en mer, sur des bateaux spécialisés. La géophysique aéroportée – non sismique – représente moins de 5 %. Les compagnies de services géophysiques emploient plus de 90 % de la population des géophysiciens d'acquisition ; c'est un passage quasi obligé pour l'apprentissage du métier.

Il existe des métiers d'acquisition de données physico-chimiques dans les forages, très proches des précédents, mais encore plus spécialisés ; ils sont également ouverts aux géologues (voir « Formation » ci-dessous).

Tâches

On peut considérer qu'il y a cinq types de tâches à accomplir, à des moments différents de la carrière :

1. Préparation des opérations : programmation, préparation puis dépouillement des appels d'offres, contrats, sécurité, environnement... Ces tâches sont exécutées par les géophysiciens des compagnies pétrolières.
2. Direction et réalisation des missions d'acquisition : c'est un travail de chantier, très spécialisé.
3. Contrôle de la qualité, contrôle hygiène et sécurité (HSE) : fonctions essentielles, compte tenu des coûts journaliers en jeu et des risques physiques liés à ces opérations de chantier.
4. Supervision technique : participation au démarrage des missions, aux tests et au choix des paramètres, puis au suivi.
5. Veille technologique et formation.

Compétences et qualités requises

Il faut bien entendu une parfaite maîtrise des méthodes et des techniques géophysiques, de la sismique en particulier et des disciplines connexes : positionnement, gestion et traitement de données.

Il faut une grande capacité à encadrer des équipes lourdes de chantier et une bonne prise en compte et une bonne connaissance des standards d'hygiène et de sécurité (HSE).

Le géophysicien d'acquisition est un homme de terrain qui aime le travail en équipe. En plus des compétences techniques, il a un esprit de rigueur à la fois technique et financière. Il sait à la fois gérer le personnel et gérer les crises et il est sensible et formé, comme il a été dit ci-dessus, à la sécurité.

Formation

Il n'est pas nécessaire d'être géologue pour occuper un tel poste, mais c'est un plus. Il n'est pas suffisant d'être géologue, car ce sont les qualités énoncées ci-dessus, qui font un bon géophysicien d'acquisition.

La *formation initiale* peut être celle d'ingénieur géophysicien de l'EOST de Strasbourg ou des Instituts polytechniques de Paris et de Grenoble, ou celle des masters spécialisés en géophysique appliquée de l'université Paris VI ou de l'IPGP

Elle peut être celle d'ingénieur géologue de l'ENSG de Nancy ou de l'IPLB de Beauvais (issu de la fusion IGAL-ISAB), ou celle d'un master professionnel ou de recherche de géologie. La spécialisation à l'ENSPM est un plus, mais elle n'est pas absolument indispensable pour quiconque a « le profil ».

Un ingénieur généraliste ou un universitaire d'un master scientifique professionnel ou de recherche, quelle que soit sa spécialité, sera très facilement accepté s'il a les qualités requises. Il sera formé à la géophysique, soit à l'ENSPM, soit directement lors d'un stage spécialisé dans la société de service, puis « sur le tas ».

Toutes les formations étrangères proches de celles mentionnées ci-dessus sont considérées comme strictement équivalentes. La concurrence pour les diplômés français est donc très vive.

Un technicien de l'ENSG Nancy ou de l'IPLB, ou un titulaire d'une Licence classique ou professionnelle, peut exceptionnellement occuper un tel poste, après avoir débuté sur le terrain, dans un poste d'assistant d'acquisition.

La *formation continue* ne peut prendre que la forme de stages en interne, dans une société de services géophysiques.

Évolution de carrière

Dans les sociétés de services géophysiques, les fonctions d'exécution des tâches d'acquisition et de contrôle de qualité sont confiées aux débutants, après la formation interne adaptée et un compagnonnage. Après quelques années d'expérience, – deux au minimum –, et éventuellement un complément de formation interne, on peut occuper un poste de superviseur technique ou un poste de direction d'équipes – chef de mission –, selon ses qualités spécifiques. Après cinq ans d'expérience, on progresse dans la hiérarchie des sociétés de service ou on quitte ces sociétés, soit pour être embauché dans une société d'ingénierie, soit pour devenir consultant, soit pour être embauché dans une société pétrolière. Dans les deux premiers cas, on exercera les mêmes métiers, opérationnels ou de contrôle, comme sous-traitants. Dans le troisième cas, on exercera les métiers de préparation, de contrôle et de supervision. Après plusieurs années dans les métiers de l'acquisition, on occupe des postes de responsabilité dans le domaine des hydrocarbures ou en dehors.

2 - Géophysicien de traitement

Types d'entreprise ou d'organisation

Les compagnies pétrolières d'exploration/production (EP), quelquefois ; les sociétés de services géophysiques essentiellement.

Les sociétés d'ingénierie et d'assistance, les bureaux d'étude et les consultants.

Domaines d'activité

Comme pour les métiers d'acquisition, ce domaine concerne les phases d'exploration (1^{ère}, 2^{ème} ou 3^{ème}), puis du suivi de la production et du développement et enfin, de manière plus exceptionnelle, celui de la récupération assistée. En effet, toute donnée acquise doit être traitée ! Il s'agit encore, à plus de 90 %, de données de sismique réflexion. Elles sont traitées soit en temps quasi réel, sur le lieu de l'acquisition – à terre ou en mer –, soit dans un centre de calcul centralisé, à proximité des lieux d'acquisition. Les compagnies de services géophysiques emploient environ 80 % de la population des géophysiciens de traitement, et non plus 90 %, comme dans le cas de l'acquisition ; les sociétés pétrolières, en effet, appliquent bien souvent des traitements spécialisés, à l'aide d'outils qui leur sont propres.

On peut considérer les métiers de la gestion des données pétrolières en général et pas seulement des données géophysiques, comme très proches de cette catégorie professionnelle du « traitement des données ».

Tâches

On peut estimer qu'il y a quatre types de tâches à accomplir, à des moments différents de la carrière :

1. Préparation des opérations : programmation, préparation puis dépouillement des appels d'offres, contrats... Ces tâches sont exécutées par les géophysiciens des compagnies pétrolières en général.
2. Réalisation des opérations de traitement: c'est un travail très spécialisé, réalisé sur les chantiers, mais plus souvent à leur proximité dans des centres spécialisés.
3. Direction de projets - Supervision technique : gère ou dirige techniquement un ou plusieurs projets.
4. Veille technologique et formation.

Compétences et qualités requises

Il faut bien entendu une parfaite maîtrise des méthodes et des techniques géophysiques, de la sismique en particulier, des outils informatiques classiques – Unix, Linux, Windows – et des disciplines connexes, en particulier la gestion des bases de données.

Il faut une bonne capacité à encadrer les équipes et à gérer les crises, du fait de la place centrale tenue par l'informa-

tique et des quantités colossales de données à traiter. De bonnes capacités relationnelles, enfin sont indispensables, en interne et vis-à-vis des « clients » responsables de l'exploration.

Le géophysicien de traitement est un homme qui travaille face à l'ordinateur. En plus des connaissances techniques, il a un esprit d'une grande rigueur et il est d'une grande fiabilité. Dès qu'il est inséré dans un projet, il doit savoir travailler en équipe, puis lorsqu'il devient responsable dudit projet, il lui faut gérer le personnel et l'équipe.

Formation

La *formation initiale* peut être la même que celle du géophysicien d'acquisition ; c'est la différence de personnalité qui fait que l'on choisit l'un ou l'autre de ces deux métiers.

On peut donc être ingénieur géophysicien de l'EOST de Strasbourg ou des Instituts polytechniques de Paris et de Grenoble, ou diplômé des masters spécialisés en géophysique appliquée de l'université Paris VI ou de l'IPGP.

On peut être également ingénieur géologue de l'ENSG de Nancy ou de l'IPLB de Beauvais (issu de la fusion IGAL-ISAB), ou diplômé d'un master professionnel ou de recherche de géologie. La spécialisation à l'ENSPM est un plus, mais elle n'est pas absolument indispensable.

Un ingénieur généraliste ou un universitaire d'un master scientifique professionnel ou de recherche, quelle que soit sa spécialité, sera très facilement accepté s'il prend du plaisir à travailler devant un ordinateur et à gérer des gros volumes de données. Il sera formé à la géophysique à l'ENSPM ou lors d'un stage spécialisé dans la société de service, puis « sur le tas ».

Un technicien de l'ENSG Nancy ou de l'IPLB, ou un titulaire d'une licence classique ou professionnelle, peut éventuellement occuper un tel poste, après avoir débuté dans un poste d'assistant de traitement.

Toutes les formations étrangères proches de celles mentionnées ci-dessus sont considérées comme strictement équivalentes. La concurrence pour les diplômés français est donc très vive.

La *formation continue* prend la forme de stages en interne, dans une société de services géophysiques, puis éventuellement celle de stages très spécialisés sur des logiciels complexes, au sein des équipes qui les ont développés, puis mis en service.

Évolution de carrière

Dans les sociétés de services géophysiques, les fonctions d'exécution des tâches de traitement et de contrôle de la qualité sont confiées aux débutants, après la formation interne adaptée. Après quelques années d'expérience, – deux à trois ans – et éventuellement un complément de formation interne, on peut occuper un poste de superviseur technique ou un poste de directeur ou chef de projet selon ses qualités spécifiques. Après cinq ans d'expérience, on progresse dans la hiérarchie des sociétés de service ou on quitte ces sociétés, soit pour être embauché dans une société d'ingénierie, soit pour devenir consultant, soit pour être embauché dans une société pétrolière. Dans les deux premiers cas, on exercera les mêmes métiers de traitement ou de contrôle, comme sous-traitants. Dans le troisième cas, on exercera les métiers de préparation, de contrôle et de supervision.

3 - Géophysicien d'interprétation et de synthèse

Types d'entreprise ou d'organisation

Les compagnies pétrolières d'exploration/production (EP) ; les sociétés de services géophysiques.

Les sociétés d'ingénierie et d'assistance, les bureaux d'étude et les consultants.

Domaines d'activité

Le géophysicien d'interprétation et synthèse intervient à l'issue de chaque campagne de sismique réflexion au cours des phases d'exploration ou de développement, en collaboration avec le géologue d'interprétation. Il intervient également dans les synthèses et l'intégration de l'ensemble des données pour l'évaluation des bassins potentiels, des permis et des prospects, et pour l'appréciation de la nature des incertitudes et des risques, et leur quantification.

Tâches

Il y a quatre types de tâches :

1. Validation des données - Analyse - Interprétation et Synthèse : le cœur du métier.

2. Participation à l'élaboration des modèles géologiques : en collaboration avec le géologue.
3. Participation à la définition et à la préparation des programmes futurs : prospective, sous-traitance, contrats...
4. Veille technologique - Veille patrimoniale - Diffusion des connaissances - Formation.

Compétences et qualités requises

Il faut bien entendu une parfaite maîtrise des méthodes et des techniques géophysiques, de la sismique en particulier, des outils informatiques classiques – Unix, Linux, Windows et spécialisés interprétation sismique –, et enfin des disciplines connexes, gestion des bases de données, géologie, forages, économie.

Il lui faut également des capacités relationnelles certaines, avec les géologues d'une part et avec les responsables de l'exploration d'autre part. Et enfin, des capacités d'encadrement lorsqu'il est responsable d'études de bassins ou d'études régionales.

Le géophysicien d'interprétation et de synthèse est nécessairement un homme de communication comme il a été dit ci-dessus. En plus des compétences techniques proprement géophysiques et d'un grand esprit de rigueur, il doit avoir des connaissances et le goût de la géologie pétrolière. Il doit également savoir gérer le personnel et les équipes, lorsqu'il accède à des responsabilités plus élevées.

Formation

Le géophysicien d'interprétation a nécessairement de bonnes connaissances en géologie et du goût pour celle-ci.

Sa *formation initiale* est, soit proche de la géophysique dès le départ, soit proche de la géologie, soit proche de la physique. On ne devient généralement pas géophysicien d'interprétation avant d'avoir exercé le métier de géophysicien d'acquisition, ou quelquefois celui de géophysicien de traitement, pendant au minimum trois ans.

La voie privilégiée est bien entendu celle de l'EOST de Strasbourg ou des Instituts polytechniques de Paris et de Grenoble, ou celle des masters spécialisés en géophysique appliquée de l'université Paris VI ou de l'IPGP. La spécialisation à l'ENSPM, ou une thèse en géophysique, ou un complément de formation à l'étranger, sont des atouts supplémentaires sérieux.

On peut aussi être ingénieur géologue de l'ENSG de Nancy ou de l'IPLB de Beauvais (issu de la fusion IGAL-ISAB), ou bien titulaire d'un master professionnel ou de recherche spécialisé en géologie. La spécialisation en géophysique à l'ENSPM est alors indispensable, à moins qu'elle ne soit remplacée par une thèse en géophysique, ou par une formation équivalente à l'étranger.

Enfin, un ingénieur généraliste ou un universitaire d'un master scientifique professionnel ou de recherche, quelle que soit sa spécialité, sera accepté, s'il a suivi une année de spécialisation à l'ENSPM et s'il montre un goût réel pour la géologie. L'exercice préalable du métier de géophysicien d'acquisition ou de traitement pour lui, ne souffre aucune exception.

Comme pour les métiers précédents, toutes les formations étrangères proches de celles mentionnées ci-dessus sont considérées comme strictement équivalentes. La concurrence pour les diplômés français est donc très vive.

La *formation continue*, comme il est classique prend la forme de stages en interne, ou de stages spécifiques de spécialité.

Évolution de carrière

Dans les sociétés pétrolières, qu'elles soient d'État ou industrielles et commerciales, tout géophysicien d'interprétation et de synthèse aura pu occuper un poste de géophysicien d'acquisition ou de traitement pendant deux à trois ans avant de s'orienter vers l'interprétation et la synthèse. Dans ce poste, il verra s'ajouter à ses responsabilités techniques des activités d'encadrement et de surveillance opérationnelles qui pourront l'amener à évoluer selon ses goûts et compétences vers d'autres fonctions et projets : chef de projets, chef d'exploration responsable de filiale ou, s'il en a le goût et les compétences, géophysicien de gisement.

Dans les compagnies de services, les bureaux d'études et chez les consultants, les géophysiciens d'interprétation et de synthèse sont spécialisés à des niveaux de responsabilité différents. Ils sont « en mission » dans les compagnies pétrolières ; ils participent souvent à des synthèses globales multi-clients.

4 - Géophysicien de gisement

Types d'entreprise ou d'organisation

Les compagnies pétrolières d'exploration/production (EP) essentiellement ; les sociétés de services géophysiques.

Les sociétés d'ingénierie et d'assistance, les bureaux d'étude et les consultants.

Domaines d'activité

C'est le domaine de l'appréciation, de la délimitation et du développement des champs sous l'aspect géophysique, donc sismique de surface et de puits, et sous l'aspect géologique.

C'est aussi le domaine des premières évaluations des réserves des découvertes et de leur appréciation à travers une interprétation et synthèse « champ » et de l'optimisation de la connaissance des gisements.

La synthèse « champ » conduit aux décisions opérationnelles de l'implantation des forages de délimitation, production et divers injecteurs.

Tâches

Il y a quatre types de tâches à accomplir, en partie ou en totalité :

1. Validation, intégration et interprétation des données : validation et intégration en continu des données et résultats des forages d'appréciation et de développement et de toute nouvelle sismique en vue d'une compréhension accrue du gisement pour des propositions opérationnelles d'optimisation de localisation de l'implantation des forages de délimitation, production et divers injecteurs.
2. Appréciation des risques : quantification de la nature des incertitudes et des risques « champ ».
3. Synthèse et évaluation « champ » : en collaboration avec les géologues et les ingénieurs réservoir.
4. Technologie - Diffusion des connaissances - Formation.

Compétences et qualités requises

Il faut bien entendu une parfaite maîtrise des méthodes et des techniques géophysiques, de la sismique en particulier, des outils informatiques classiques – Unix, Linux, Windows et spécialisés interprétation sismique –, et enfin des disciplines connexes, gestion des bases de données, géologie de spécialité dont la modélisation quantitative, forages, économie.

Le géophysicien de gisement est nécessairement un homme de communication et d'intégration. En plus des connaissances techniques indispensables, il doit posséder des capacités d'analyse et de synthèse développées, un grand esprit de rigueur et le goût pour la multidisciplinarité, puisqu'il est question autant de techniques, que de mathématiques, de finances et d'économie.

Formation

Le géophysicien de gisement atteint ce poste généralement après avoir occupé celui de géophysicien d'interprétation pendant plusieurs années.

Sa *formation initiale* est donc strictement la même que celle de ce dernier. Elle est soit proche de la géophysique dès le départ, soit proche de la géologie, soit proche de la physique.

La voie privilégiée est bien entendu celle de l'EOST de Strasbourg ou des Instituts polytechniques de Paris et de Grenoble, ou celle des masters spécialisés en géophysique appliquée de l'université Paris VI ou de l'IPGP. La spécialisation à l'ENSPM, ou une thèse en géophysique, ou un complément de formation à l'étranger, sont des atouts supplémentaires sérieux.

On peut aussi être ingénieur géologue de l'ENSG de Nancy ou de l'IPLB de Beauvais (issu de la fusion IGAL-ISAB), ou bien titulaire d'un Master professionnel ou de recherche spécialisé en géologie. La spécialisation en géophysique à l'ENSPM est alors indispensable, à moins qu'elle ne soit remplacée par une thèse en géophysique, ou par une formation équivalente à l'étranger.

Enfin, un ingénieur généraliste ou un universitaire d'un master scientifique professionnel ou de recherche, quelle que soit sa spécialité, sera accepté, s'il a suivi une année de spécialisation à l'ENSPM et s'il montre un goût réel pour la géologie. L'exercice préalable du métier de géophysicien d'acquisition ou de traitement, en préalable à celui de géophysicien d'interprétation pour lui, ne souffre aucune exception. Il peut arriver cependant qu'un physicien généraliste d'origine

soit préféré à un naturaliste, voire à un géophysicien, car les structures et la géologie étant en place à ce stade de l'étude du réservoir, c'est plutôt la mécanique des fluides et la pétrographie qui sont importantes, d'où l'intérêt d'excellentes bases en physique et en mathématiques appliquées.

Comme pour les métiers précédents, de très nombreuses formations étrangères sont considérées comme strictement équivalentes, sinon supérieures, d'où une concurrence très vive pour les diplômés français.

La *formation continue* comme il est classique, prend la forme de stages en interne, ou de stages très spécialisés dans des équipes de recherche et de développement.

Évolution de carrière

Dans les compagnies pétrolières, le géophysicien de gisement a atteint ce poste après avoir gagné son expérience comme géophysicien d'acquisition, de traitement ou d'interprétation, ou à des postes de responsabilité dans des filiales ou au siège. La seule évolution possible est celle d'ingénieur réservoir, mais elle est rare, ou des fonctions de direction.

Les compagnies pétrolières sous-traitent rarement les synthèses de champs. Les géophysiciens de gisement des sociétés de service sont donc cantonnés en général dans l'exécution de tâches très spécialisées comme la modélisation ou les inversions. Ils peuvent en revanche, par la suite, rejoindre une société d'exploration production.

5 - Géophysicien Méthode et Recherche & développement

Types d'entreprise ou d'organisation

Les compagnies pétrolières d'exploration/production (EP) ; les sociétés de services géophysiques.

Les bureaux d'étude et les consultants.

Les universités et les instituts de recherche spécialisés en géophysique appliquée.

Domaines d'activité

Ce domaine du développement et de la recherche géophysique, fondamentale et appliquée, porte sur l'amélioration des méthodes et des techniques et sur la création de nouveaux outils. Il concerne :

- l'acquisition : nouvelles techniques de mise en œuvre, de positionnement, nouveaux équipements ;
- le traitement : nouveaux algorithmes, nouveaux logiciels ;
- l'interprétation et l'imagerie.

Tâches

On peut considérer qu'il y a quatre types de tâches à accomplir, à des moments différents de la carrière :

1. Développement des prototypes : il faut être un spécialiste des techniques géophysiques, c'est à dire à 90 % de la sismique réflexion, du traitement du signal et des données, des mathématiques, de la physique, de l'informatique, de l'instrumentation...
2. Maintenance des outils de production - Test et validation des nouveaux outils.
3. Industrialisation des prototypes - Mise en production.
4. Préparation, gestion et direction des projets de R & D : veille technologique, choix stratégiques, partenariats, réponses aux appels d'offres, sous-traitance.

Compétences et qualités requises

Il faut bien entendu une parfaite maîtrise des méthodes et des techniques géophysiques, de la sismique en particulier, des outils informatiques classiques – Unix, Linux, Windows et spécialisés traitement sismique –, des mathématiques appliquées et enfin des disciplines connexes, telles que la gestion des bases de données.

Le géophysicien méthode et de R&D est un homme d'interface. Il est bon qu'il sache communiquer avec les ingénieurs de production, puisqu'il s'agit toujours, ne l'oublions pas, de développement de méthodes et de techniques appliquées, ainsi qu'avec ses pairs, dans les congrès. En plus des compétences techniques, il a le goût des efforts prolongés et il a un grand esprit de rigueur. Il doit également savoir gérer le personnel et les équipes, lorsqu'il accède à des responsabilités plus élevées.

Formation

Il y a peu de géologues de vocation dans ce métier, car il s'exerce relativement loin du terrain et de la nature. On ne devient pas géophysicien méthode, sans avoir démontré des qualités spécifiques dans un poste de géophysicien d'acquisition ou de traitement. On ne devient pas non plus géophysicien de recherche et développement sans une solide formation initiale de développeur et de chercheur.

La *formation initiale* peut être celle d'ingénieur géophysicien de l'EOST de Strasbourg ou des Instituts polytechniques de Paris et de Grenoble, ou celle des masters spécialisés en géophysique appliquée de l'université Paris VI ou de l'IPGP. Mais avec une telle formation initiale, il faudra faire la preuve de capacités particulières et adaptées, avant qu'un tel poste vous soit proposé

Ce peut être également la formation d'ingénieur géologue de l'ENSG, car comme chacun sait, les mathématiques appliquées et l'informatique tiennent une place importante dans les enseignements de cette école, depuis bon nombre d'années. Un master professionnel ou de recherche spécialisé en géologie conduit rarement à ce métier. La spécialisation à l'ENSPM et/ou la thèse sont des plus incontestables.

Un ingénieur généraliste ou un universitaire d'un master scientifique professionnel ou de recherche, quelle que soit sa spécialité, pourra prétendre à un tel poste, après qu'il ait pratiqué le métier de géophysicien d'acquisition ou exceptionnellement celui de géophysicien de traitement, pendant un minimum de trois années. Une formation de haut niveau en physique et/ou en mathématiques appliquées est à coup sûr un plus, lorsqu'il s'agit de développer de nouvelles techniques et de nouveaux outils.

La *formation continue* peut prendre la forme de stages en interne, mais le plus souvent, celle de stages externes extrêmement spécialisés, auprès d'universités ou d'instituts de recherche français ou étrangers.

Évolution de carrière

Un ingénieur méthode peut, s'il le souhaite, devenir géophysicien de traitement chef de projet, puis occuper des postes de responsabilité dans l'entreprise.

Un ingénieur R & D fait en général toute sa carrière dans ce domaine. Il peut acquérir des responsabilités au sein de la division Recherche. Il devrait pouvoir également, pourquoi pas, participer à l'enseignement et à la recherche dans les universités et les instituts publics.

SPÉCIALITÉ 2 - GÉOTHERMIE - MINES - GRANDS TRAVAUX - HYDROGÉOLOGIE

Ingénieur géophysicien

Types d'entreprise ou d'organisation

Sociétés de service géophysique - Sociétés d'ingénierie et d'assistance spécialisées - Consultants spécialisés - Centres de recherche et universités - Sociétés de production et/ou d'exploration /production (Géothermie - Mines) - Société de maîtrise d'ouvrage ou de maîtrise d'œuvre (Grands travaux - Hydrogéologie).

Domaines d'activité

Dans ces quatre domaines d'activité, la géophysique est un outil complémentaire de la géologie absolument indispensable, puisque les objectifs se situent en général à des profondeurs supérieures à une ou plusieurs centaines de mètres ; elle atteint plusieurs kilomètres lorsqu'il s'agit de géothermie.

Le point commun entre ces quatre domaines est précisément l'ordre de grandeur des profondeurs d'investigation requises et le fait que la structuration de l'industrie et les budgets d'exploration sont très différents de ceux des hydrocarbures.

Selon qu'il appartient à l'un ou l'autre des types d'organisation mentionnés ci-dessus, ou qu'il occupe un poste de consultant, le géophysicien couvre tout ou une partie seulement de ces domaines d'activité.

Dans chacun des domaines, le géophysicien intervient à chaque étape des investigations, qu'il s'agisse des travaux de reconnaissance stratégique ou des prospections de détail, voire même lors des phases de production et/ou de mise en place des ouvrages.

Tâches

Les tâches opérationnelles indispensables qu'il s'agisse d'études de reconnaissance ou de détail se succèdent logiquement en sept étapes, telles que décrites dans l'introduction générale. Il est pratique cependant de les regrouper en quatre grands ensembles de la manière suivante :

1. Définition du problème posé. Choix des techniques géophysiques. Détermination du programme, de la durée des travaux et du budget. Choix du prestataire de service (interne ou externe).
2. Terrain : acquisition des données, contrôle de la qualité.
3. Traitement - Interprétation qualitative et quantitative - Proposition de forages de contrôle - Rapport.
4. Intégration des résultats géophysiques dans l'ensemble du processus d'investigation - Synthèse.

Le géophysicien de la société d'exploration / production – géothermie et mines – celui du maître d'ouvrage et/ou celui du maître d'œuvre – hydrogéologie et grands ouvrages – lorsqu'ils existent, se partagent en général les tâches 1 et 4 ; ils sont très exceptionnellement chargés de la tâche 2 ; ils se contentent de la superviser en général ; ils peuvent être ou non, chargés d'une partie de la tâche 3. Si ces géophysiciens n'existent pas parce que les sociétés correspondantes sont de taille trop modeste, c'est le géophysicien d'un bureau d'étude spécialisé, ou c'est un consultant qui est chargé des tâches 1 et 4.

Le géophysicien d'une société de service, exceptionnellement celui d'une société d'ingénierie et d'assistance spécialisées est généralement chargé des tâches 2 et 3. Ce sont quelquefois 2 géophysiciens différents qui interviennent successivement, car les compétences requises pour l'acquisition et pour le traitement et l'interprétation sont différentes.

Le géophysicien consultant est généralement très bien armé pour traiter les tâches 1, 3 et 4. Concernant la tâche 2, le contrôle de qualité pourra lui être réservé.

Des tâches d'accompagnement sont par ailleurs indispensables dans ces quatre domaines d'application :

- Encadrement, supervision technique, formation continue.
- Veille technologique, Recherche et Développement.

Des géophysiciens « seniors » en sont chargés dans toutes les entreprises et bureaux d'étude spécialisés de taille suffisante. Ce sont également les tâches réservées aux géophysiciens des centres de recherche et des universités.

Compétences et qualités requises

Elles sont relativement différentes selon les tâches :

1. De la définition du problème et du programme au choix du prestataire : connaissance à la fois du domaine d'application et des techniques géophysiques ; expérience.
2. Géophysicien de terrain ; contrôle de la qualité, chef de mission : qualités physiques, sens de l'organisation, du travail en équipe et de la production, sens pratique, rigueur, sens de la mesure et de la maintenance des équipements et des véhicules.
3. Géophysicien de traitement et d'interprétation : goût pour le travail de bureau, rigueur, connaissance des logiciels spécialisés, approche quantitative et naturaliste à la fois.
4. Supervision, développement : qualités classiques des ingénieurs chargés de responsabilités, compétences techniques pointues, expérience dans une ou plusieurs des tâches ci-dessus.

FormationFormation initiale de base

Il existe des formations spécialisées en géophysique. Comme dans tous les domaines scientifiques, elles sont dispensées soit par des écoles d'ingénieurs – EOST de Strasbourg, Institut polytechnique de Paris VI et de Grenoble par exemple –, soit dans des masters spécialisés – ceux de l'Université Paris VI (UPMC) et de l'Institut de physique du globe de Paris (IPGP) déjà mentionnés dans l'introduction.

Des formations plus généralistes en géosciences ou dans des disciplines scientifiques voisines constituent également de bons points de départ. Elles sont dispensées cette fois encore dans des écoles d'ingénieurs - Écoles des mines de Paris (ENSM), Nancy, Alès ou Douai ; École nationale supérieure de géologie (ENSG) de Nancy et la plupart des écoles d'ingénieurs généralistes, avec quelques avantages à celles qui sont proches de la mécanique, l'électronique, les travaux publics,

le génie civil, l'hydraulique... Des masters professionnels ou de recherche, plus ou moins proches des géosciences et/ou des disciplines mentionnées ci-dessus jouent le même rôle, en matière de formation initiale de base.

Compléments de formation

Les ingénieurs et les titulaires de masters non spécialisés en géophysique doivent subir un complément de formation. En France, l'École supérieure des pétroles et des moteurs (dite ENSPM ou École de l'IFP) propose ce type de spécialisation en géophysique. En Europe, en Amérique du Nord et en Australie, il existe des formations du même type. Cette spécialisation peut également être acquise directement dans les entreprises, auprès des ingénieurs géophysiciens seniors, moyennant quelques compléments théoriques acquis dans le cadre de la formation continue.

Les chercheurs et enseignants en géophysique appliquée spécialisés dans ces domaines d'application qui oeuvrent dans les universités ou dans les centres de recherche, complètent bien entendu leur formation initiale d'ingénieur ou de master, par une thèse préparée dans les universités spécialisées, en relation plus ou moins étroite avec les organisations engagées dans les activités de production.

Formation continue

En France, elle est rarement structurée dans ces domaines d'application, du fait de la taille généralement modeste des sociétés et organismes concernés. Elle relève souvent d'initiatives individuelles et elle est organisée en relation avec les universités spécialisées ou avec des consultants seniors. Des efforts de structuration méritent d'être faits par l'UFG et par l'AGAP déjà mentionnée dans l'introduction.

Dans les pays à vocation minière bien établie, l'offre de formation continue en géophysique est beaucoup plus riche.

NOTE : Des techniciens géophysiciens en acquisition et traitement de données peuvent faire de belles carrières dans ces quatre domaines d'activité. Toute formation initiale, y compris inférieure au Bac, jusqu'à un BTS ou une licence classique ou professionnelle, permet d'être embauché pourvu que l'on fasse la preuve de sa motivation et de ses qualités d'homme de production. La formation à la géophysique s'acquiert au cours des premiers mois d'activité auprès des ingénieurs.

Évolution de carrière

Les techniciens et ingénieurs gravissent en général les échelons au sein des sociétés ou organismes, selon leurs compétences et expériences. Ils peuvent se spécialiser soit dans des fonctions techniques – superviseur, développeur – soit dans des postes de responsabilité – chef de projet, chef d'agence, direction.

Le passage d'un type d'organisme à un autre est toujours possible ; en particulier le départ d'une société de service pour occuper un poste de responsabilité dans une société d'exploration – production, de maîtrise d'ouvrage ou de maîtrise d'œuvre.

Il est extrêmement rare que des ingénieurs de ces quatre domaines d'activité rejoignent celui des hydrocarbures (Spécialité 1) ; en revanche, il n'est pas rare qu'ils rejoignent les domaines de l'exploration peu profonde (Spécialité 3).

SPÉCIALITÉ 3 - GÉOTECHNIQUE ET GÉNIE CIVIL PEU PROFONDS - ENVIRONNEMENT - AGRICULTURE - ARCHÉOLOGIE - VALORISATION DU PATRIMOINE

Ingénieur géophysicien ou ingénieur d'application

Types d'entreprise ou d'organisation

Sociétés de service géophysique - Société de maîtrise d'ouvrage ou de maîtrise d'œuvre - Bureaux d'étude - Consultants spécialisés - Centres de recherche et universités.

Domaines d'activité

Dans ces domaines d'activité, la géophysique est un outil complémentaire d'investigation qui s'ajoute à d'autres outils propres à chacun des domaines, à la géologie du Quaternaire et à l'étude des sols, des formations superficielles ou des structures.

Le point commun à ces domaines est le fait qu'il s'agit toujours d'études peu profondes conduites par des équipes réduites, que les budgets de reconnaissance sont en général relativement faibles et que la part de la géophysique dans ces budgets est très rarement importante

Deux objectifs sont généralement fixés à la géophysique :

1. outil d'*étude indirecte*, elle permet d'améliorer la connaissance du modèle géologique indispensable à la compréhension de l'organisation, voire du fonctionnement du site étudié : nature des formations, géométrie, variabilité spatiale... Elle a alors pour but essentiel de limiter le nombre d'excavations ou de forages de reconnaissance à réaliser et d'interpoler entre les points reconnus par des moyens destructifs d'investigation ;
2. outil d'*étude directe*, lorsque les propriétés physiques ou physico-chimiques des cibles ou objets d'étude conduisent à des « anomalies géophysiques » significatives qui peuvent être détectées directement. En géotechnique ou génie civil, il peut s'agir de la recherche de cavités. C'est très exceptionnel en environnement, car cela supposerait des concentrations d'éléments perturbateurs de l'ordre de quelques % et non de l'ordre du ppm. C'est le cas en agriculture lorsqu'il s'agit de cartographier et de caractériser des sols de nature différente. C'est le cas général en valorisation du patrimoine et en archéologie où l'on cherche à localiser des éléments de structure, des fours, ou des murs.

Tâches

La *tâche du géophysicien* dans ces domaines est de même nature que celles décrites dans l'introduction générale, mais elle s'applique le plus souvent à de faibles superficies et pour de courtes durées. Il arrive qu'un seul opérateur intervienne et qu'il couvre successivement toutes les opérations, en particulier s'il est spécialisé dans l'un des domaines d'application. Sinon, il travaillera en étroite collaboration avec le spécialiste géotechnicien, environnementaliste, agriculteur ou archéologue.

Ces opérations, rappelons le, sont les suivantes : définition du problème posé, choix des techniques, définition du programme de mesures en cohérence avec le budget total des opérations d'investigation, acquisition des mesures, traitements, interprétation et rapport en relation directe avec l'objectif.

Les *spécificités* de ces domaines sont en général les suivantes :

1. couverture spatiale aussi dense que possible pour un coût minimum, ce qui suppose des techniques automatisées de prise de mesure et de positionnement. De ce point de vue, les archéologues ont beaucoup participé au développement technologiques et en ont fait profiter les autres domaines d'application, agriculture et, depuis peu, environnement et génie civil ;
2. des techniques d'imagerie et de traitement d'images spécifiques qui, associées aux procédés classiques liés au SIG conduisent à la production de cartes très expressives.

Pour toutes ces raisons, une société de service géophysique multi applications est plutôt moins performante qu'une petite société dédiée à une ou à plusieurs de ces applications particulières.

Les tâches d'accompagnement que sont la veille technologique et la recherche et développement jouent un très grand rôle dans ces domaines. Il n'est pas rare qu'elles soient menées par les ingénieurs chargés des tâches de prospection eux-mêmes.

Compétences et qualités requises

Les compétences et les qualités sont liées aux spécificités mentionnées ci-dessus. Elles concernent (1) l'aptitude à la multidisciplinarité, (2) la motivation et l'engagement, voire la passion vis-à-vis des objectifs à atteindre et (3) inventivité, réactivité et rigueur.

Formation

Il y a deux manières de s'engager dans ce métier, soit à partir de la géophysique, soit à partir du domaine d'application. La *formation initiale* de base privilégiera l'un de ces deux domaines, la formation complémentaire dans le second domaine étant acquise soit par des compléments de formation initiale, soit par l'expérience.

La formation initiale en géophysique sera exceptionnellement acquise dans une école d'ingénieurs. Le plus souvent, c'est la voie universitaire qui sera choisie, du fait de sa flexibilité dans le choix des enseignements suivis.

La formation initiale dans les domaines d'application se fera elle aussi plus généralement à travers l'université plutôt que via les écoles d'ingénieurs.

Le *doctorat* sera souvent le moyen de se spécialiser dans l'un des domaines d'application. C'est aussi le diplôme indispensable pour mener une carrière universitaire ou une carrière de chercheur dans l'un de ces domaines d'application ou dans la géophysique peu profonde elle-même.

Évolution de carrière

Les structures spécialisées dans ces domaines sont généralement de taille réduite. L'ingénieur, le chercheur ou

l'enseignant-chercheur qui choisit l'un de ces domaines le fait en général par vocation. Il s'investit personnellement et trouve son épanouissement dans la réussite des chantiers et dans le développement et l'évolution des méthodes et des outils. L'évolution des carrières suit de très près les résultats de la veille technologique et des développements réussis.

SPÉCIALITÉ 4 - RECHERCHE ET ENSEIGNEMENT PHYSIQUE DU GLOBE ET GÉOPHYSIQUE APPLIQUÉE

Chercheur - Enseignant-chercheur - Ingénieur d'étude et de recherche

(Note : Cette fiche fera souvent référence aux fiches correspondantes de la Filière « Recherche et Enseignement » et quelquefois aux fiches des 3 premières spécialités de la Filière « Géophysique ».

Types d'organismes et d'entreprises

De nombreux établissements publics ou semi publics ont une activité de recherche en physique du globe ou en géophysique appliquée. Plusieurs écoles, instituts polytechniques et universités proposent les filières d'enseignement spécialisé correspondantes.

Quelques exemples :

- EPST : CNRS, IRD, LCPC et, plus récemment, CEMAGREF et INRA.
- EPIC : ANDRA, BRGM, CEA, IFP, IFREMER, INERIS, IRSN.

Autres établissements : IPGP, ENS (Paris et Lyon), Écoles des mines (Paris, Nancy), Écoles spécialisées en géosciences (ENSG, Nancy, EOST, Strasbourg ; IPLSB, ex IGAL, Beauvais) , plusieurs INP (Grenoble, Nancy, Toulouse), de nombreuses universités dont Bordeaux, Clermont-Ferrand, Marseille, Montpellier, Nantes, Nice, Orsay, Paris VI, Rennes...

Les grandes entreprises d'exploration / production et de service et les grands bureaux d'étude mentionnés dans les fiches des 3 spécialités précédentes, possèdent leurs propres centres de recherche. La concurrence est d'ailleurs vive pour les candidats diplômés des établissements français, car le recrutement pour ces postes de chercheurs y est très international.

Domaines d'activité

Les quatre grands domaines d'activité présentés dans la filière spécialisée «Recherche et enseignement» sont couverts en Physique du Globe, comme en géophysique appliquée. Ils concernent :

- la compréhension des phénomènes observés, de leurs modes de fonctionnement et de leur évolution dans le temps ; par exemple le magnétisme terrestre, les séismes, la structure interne du Globe... ;
- le développement des méthodes et des outils d'étude de ces phénomènes : théories novatrices; nouveaux capteurs, équipements de laboratoire et de terrain, programmes de traitement... ;
- les études de cas sur des sites sélectionnés, ce qui suppose à la fois des missions de terrain, des travaux de laboratoire, l'application de programmes de traitement de données et enfin une phase d'interprétation ;
- les applications industrielles ou sociétales à court, moyen ou long terme.

Tâches

Ce sont les tâches classiques des chercheurs, ingénieurs de recherche et des enseignants en géosciences, telles que décrites dans les fiches spécialisées : travaux de recherche personnels ou en équipe, recherche fondamentale ou appliquée – ce devrait être affaire de personnalité, plutôt que de disponibilité de postes – publications, dépôt de brevets, développements, fabrications, études de cas...

Les travaux d'accompagnement inévitables concernent la recherche de financements, l'organisation de la recherche, des équipes et des moyens; l'encadrement et la formation des jeunes chercheurs.

Enfin les tâches d'enseignement correspondantes sont lourdes et obligatoires pour les enseignants chercheurs. Elles sont de plus en plus fréquentes pour les chercheurs des établissements publics, au sein des Unités mixtes de recherche (UMR). Les chercheurs et les ingénieurs du secteur privé interviennent désormais plus fréquemment dans les formations supérieures à caractère professionnel.

Les spécificités de la physique du globe et de la géophysique appliquée, au sein des géosciences, sont liées à l'importance du terrain, de l'acquisition de données quantitatives – les mesures –, de leur traitement, de la modélisation, de

l'inversion et du nécessaire dialogue avec les spécialistes des autres disciplines, lorsqu'il est question d'interprétation.

Compétences et qualités

Ce sont celles classiques, qui permettent de réussir dans les métiers de la recherche et de l'enseignement : excellence, passion et/ou charisme, avec un goût particulier pour l'étude qualitative et quantitative de la Planète Terre.

Formation

Les parcours permettant d'accéder à ces métiers sont ceux classiques en recherche et en enseignement. Ils sont développés dans les fiches de la filière correspondante. Les écoles, universités et établissements spécialisés, en France, sont ceux mentionnés ci-dessus (§ Types d'organismes et d'entreprises).

Des études supérieures et des séjours post doctorats effectués partiellement ou exclusivement à l'étranger – dans un pays francophone ou dans tout autre – constituent désormais un atout supplémentaire.

Évolution de carrière

C'est celle classique dans l'enseignement et la recherche publique et privée. Le caractère particulièrement international des applications en physique du globe et en géophysique appliquée devrait conduire idéalement à des évolutions de carrière non exclusivement sur le territoire national. Des passerelles entre le public et le privé seraient également bienvenues.